

01124
22



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

Autoriza a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Marco Antonio
Jimenez Ruiz

FECHA: 26/02/03

FIRMA: [Firma]

"PERFORACION CON RECUPERACION CONTINUA EN EL CRATER DE IMPACTO CHICXULUB, YUCATAN, MEXICO".

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO PETROLERO
P R E S E N T A :
MARCO ANTONIO JIMENEZ RUIZ

ASESOR: DR. JAIME URRUTIA FUCUGAUCH



MEXICO, D. F.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

2003

A



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.

**TESIS
FALLA
DE
ORIGEN**



FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-1-0060

SR. MARCO ANTONIO JIMÉNEZ RUIZ
Presente

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor Dr. Jaime Urrutia Fucugauchi y que aprobó esta Dirección para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de Ingeniero Petrolero:

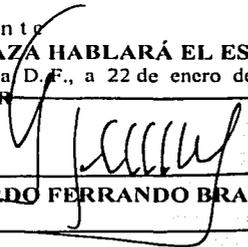
**PERFORACIÓN CON RECUPERACIÓN CONTINUA EN EL CRÁTER DE IMPACTO
CHICXULUB, YUCATÁN, MÉXICO**

	RESUMEN
I	INTRODUCCIÓN
II	GENERALIDADES
III	CRÁTERES DE IMPACTO
IV	PERFORACIÓN EN EL CRÁTER DE IMPACTO CHICXULUB, YUCATÁN, MÉXICO
V	DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES BIBLIOGRAFÍA

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo, le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que se deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar examen profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria D. F., a 22 de enero de 2003
EL DIRECTOR


ING. GERARDO FERRANDO BRAVO

GFB*RLLR*gtg

pp

B



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE INGENIERIA DE
CIENCIAS DE LA TIERRA

ASUNTO: Solicitud de Jurado para Examen
Profesional.

ING. GERARDO FERRANDO BRAVO
Director de la Facultad de Ingeniería
de la U.N.A.M.
P r e s e n t e

El señor **MARCO ANTONIO JIMÉNEZ RUIZ** registrado con número de cuenta 8354054-5 la carrera de Ingeniero Petrolero, habiendo satisfecho los requisitos académicos necesarios para realizar sus trámites de examen profesional, le ruega atentamente autorizarle el siguiente jurado:

PRESIDENTE:	DR. DANIEL GARCÍA GAVITO
VOCAL:	DR. JAIME URRUTIA FUCUGAUCHI
SECRETARIO:	M. I. JOSÉ MARTÍNEZ PÉREZ
1ER. SPTE.:	ING. MARÍA CRISTINA AVILÉS ALCÁNTARA
2DO. SPTE.:	QUÍM. ROSA DE JESÚS HERNÁNDEZ ALVAREZ

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria, D. F., a 31 de enero de 2003
EL JEFE DE LA DIVISIÓN

M. en C. ROLANDO DE LA LLATA ROMERO

ENTERADO

MARCO ANTONIO JIMÉNEZ RUIZ

*Cuando la mente
de una persona,
se estimula
con la nueva idea,
jamás vuelve a tomar
su dimensión original,*

Oliver W. Holmes

*La ciencia entera,
nos es sino un refinamiento
de lo que pensamos
todos los días.*

Albert Einstein

*Triunfar no significa,
lograr un objetivo
sino más bien,
no perder el sentido
por el que fué logrado.*

Marco A. Jiménez

*La ciencia, es el producto
de el reordenamiento continuo
del conocimiento, derivado
de una imaginación impaciente.*

Marco A. Jiménez

DEDICATORIA

A la vida que me ha permitido disfrutar en cada instante de sus grandezas, y en cada momento de sus detalles, gracias por un tiempo más de gozo.

A mi querida madre, Esperanza Ruiz Estrada por todo el amor y la paciencia que me ha brindado, para hacer este sueño hoy realidad, que seguro estoy no es el último, pero indudablemente si el más importante, gracias por la confianza que depositaste en mi, sin esperar nada a cambio más que el orgullo de hacer de mí un triunfador.

A mis hermanos Esther, Rosalba, Enrique, Mario, y Jaime por brindarme su cariño, y apoyo incondicional en cada uno de mis proyectos y en especial para la realización de este sueño.

A Ireli López, por brindarme tú amor, ternura, comprensión y apoyo desde el primer día que te conocí, y por haber traído a mi vida el sentido que le hacia falta.

A Adriana Rios, Guillermina Becerril, Luis chacón, y Luis Alcántara, de quienes en todo momento, he recibido las mejores palabras de aliento en mi vida.

A todos mis sobrinos que empiezan a forjar su futuro.

A mis amigos, que han permanecido en lo bueno y en las malo, y quienes me han brindado la oportunidad de aprender de cada uno, algo nuevo en la vida.

Especialmente para ti Diddier, que fuiste la persona que me motivo a ser mejor, y a emprender el camino de superación.

A mi hermano Roberto, y mis abuelos Pedro, Miguel, e Isabel †

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer todo el apoyo entusiasmo e importantes consejos para la realización de este trabajo al DR. Jaime Urrutia Fucugauchi sin el cual no hubiera sido posible la realización del mismo, así como al M.I. José Martínez Pérez por sus valiosos consejos técnicos en el trabajo, al DR. Daniel García Gavito por sus valiosas sugerencias en la revisión.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, mi alma mater, por brindarme sus puertas, misma que me permitió el logro de mi más anhelada meta, permitiéndome estudiar una carrera profesional, así como el de brindarme la oportunidad de ser parte de tan importante y prestigiada institución.

A la Facultad de Ingeniería por otorgarme el conocimiento a través de mi estancia en ella y el de haberme formado como ingeniero.

Con cariño a todos mis profesores.

Marco Antonio Jiménez Ruíz

ÍNDICE

	Página
RESUMÉN.....	1
CAPITULO I	
INTRODUCCIÓN	3
CAPITULO II	
GENERALIDADES	5
2.1 Origen del universo	5
2.2 Aparición del sistema solar	8
2.3 Historia de los choques cósmicos	7
2.4 Diferenciación de la Tierra y otros planetas	9
2.5 Estudios tempranos de la Tierra y la Luna	10
2.6 Asteroides	12
2.7 Clasificación de los asteroides	13
2.8 ¿Que es un meteorito?	14
2.9 Eventos documentados	15
CAPITULO III	
CRÁTERES DE IMPACTO	18
3.1 Formación de los cráteres de impacto	18
3.2 Clasificación de los cráteres de impacto	19
3.3 Cráteres de impacto	23
3.4 Algunos cráteres de la Tierra	24
3.5 Cráter de impacto de Chicxulub	26
3.6 Teoría del impacto	26
3.7 Localización del sitio	29
3.8 Características del cráter de Chicxulub	31
CAPITULO IV	
PERFORACIÓN EN EL CRÁTER DE IMPACTO CHICXULUB, YUCATÁN, MÉXICO	36
4.1 Objetivo de la planeación	37
4.2 La planeación del pozo es un proceso ordenado	39
4.3 Recopilación de la información	40

	Página
4.4 Datos de pruebas de formación	44
4.5 Predicción del gradiente de fractura	46
4.6 Registros de T.R.s' y cementaciones	46
4.7 Geometría del pozo	46
4.8 Terminaciones	47
4.9 Registro y diseño de lodo de perforación	47
4.10 Diseño de la cementación	47
4.11 Registro y programa de barrenas	47
4.12 Diseño de la tubería de revestimiento	48
4.13 Selección del equipo de perforación	50
4.14 Diseño de la tubería de perforación	50
4.15 Estimación de costos	51
4.16 Selección del tipo adecuado de barrena	53

PROGRAMA DE RECUPERACIÓN CONTINUA DE NÚCLEO EN EL CRÁTER DE IMPACTO CHICXULUB, YUCATÁN, MÉXICO

4.17 Localización del cráter	61
4.18 Objetivo del pozo científico	62
4.19 Criterios para la selección del equipo	63
4.20 Equipo de perforación seleccionado	63
4.21 Construcción del contrapozo	64
4.22 Programa de lodos a utilizarse durante la perforación	65
4.23 Equipo de corte y recuperación de núcleos	65
4.24 Innovaciones técnicas de la recuperación continua	66

Secuencia operativa para la perforación, corte y recuperación continua de núcleo, en el cráter de impacto, Chicxulub, Yucatán, México.....

1.- Perforación para el conductor superficial	77
2.- Perforación de la etapa de anclaje	77
3.- Perforación de la etapa intermedia	79
4.- Programa de corridas y cementaciones de las tuberías de revestimiento.....	80
5.- Características de los lodos por etapa	82
6.- Programa de utilización de barrenas por etapa	82
7.- Programa de sartas de perforación	83
8.- Programa hidráulico del pozo por etapa	83
9.- Instalaciones superficiales de control	88
10.- Diagrama mecánico del pozo	90
11.- Esquemas y croquis del pozo yax.-1	91

CAPITULO V

Página

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	93
5.1- Controversias al impacto y la extinción de organismos.....	93
5.2- Registros y cambios evolutivos.....	94
5.3- Aspectos científicos que se han replanteado con el descubrimiento del cráter de Chicxulub	94
Conclusiones	97
Recomendaciones	98
Bibliografía.....	99

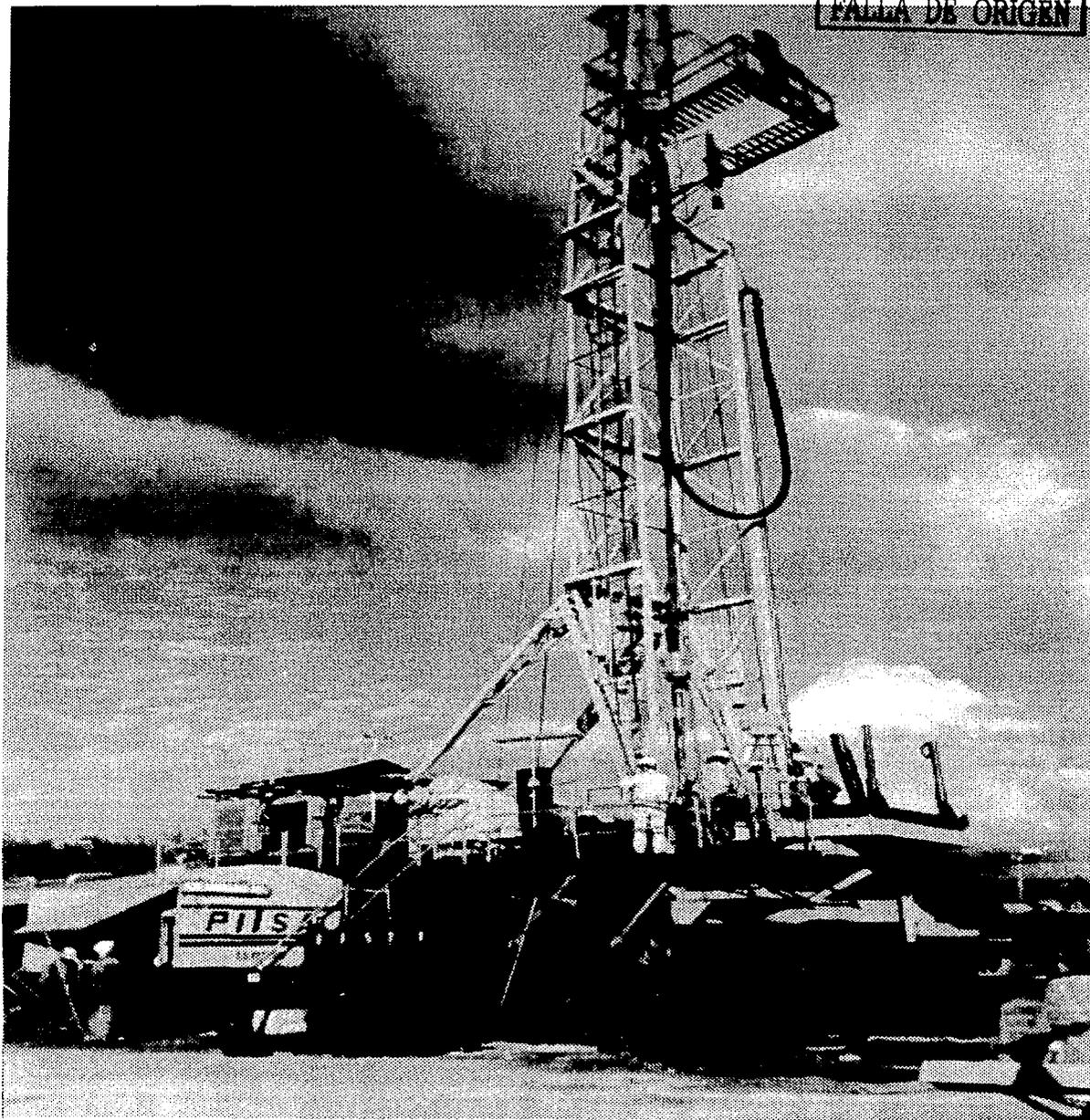
ÍNDICE POR FIGURAS

No. de figura	Página
2.1 Fotografía de cráteres situados en la cara oculta de la luna.....	7
2.2 Diagrama que muestra un planeta diferenciado en corteza manto y núcleo.....	9
2.3 Diagrama que muestra el posible impacto de un cuerpo gigante contra la Tierra y del que posiblemente se originó la luna.....	11
2.4 Diagrama que muestra el meteorito Hobba es el más grande localizado en la Tierra.....	15
3.1 Diagrama que muestra la formación de un cráter simple.....	19
3.2 Vista aérea del cráter Barringer.....	20
3.3 Esquema que muestra el choque de un meteorito.....	21
3.4 Imagen de un cono fracturado.....	22
3.5 Diagrama que muestra la vista longitudinal del cráter de Chicxulub.....	25
3.6 Esquema que muestra la concentración de iridio en Gubbio Italia.....	28
3.7 Diagrama que muestra las anomalías aeromagnéticas en la estructura de Chicxulub.....	31
3.8 Representación esquemática de uno de los modelos de la estructura de Chicxulub	32
3.9 Imágenes recientes de los modelos estructurales de la estructura de Chicxulub.....	33
3.10 Esquema que muestra la estratigrafía continental del cráter basada en los pozos PEMEX y UNAM	35
3.11 Esquema que muestra la morfología interna del cráter basada en datos de reflexión sísmica.....	35
4.1 Esquema de la secuencia de la planeación de un pozo petrolero.....	40
4.2 Esquema que muestra la localización geográfica de la península de Yucatán	41
4.3 Esquema que muestra las áreas geológicas colindantes en la península de Yucatán.....	43
Columna litológica esperada durante la perforación.....	45
4.4 Esquema que muestra los elementos internos y externos de una barrena tricónica.....	48
4.5 Diagrama de profundidad de asentamiento de las T.R. 's	49

No. de figura	Página
4.6 Esquema que ilustra la variación de la velocidad de perforación, con respecto a la velocidad de rotación	57
4.7 Esquema que muestra una barrena tricónica utilizada en la primer etapa de perforación.....	58
4.8 Diagrama del cráter del Chicxulub en la península de Yucatán.....	61
4.9 Imagen que muestra parte del equipo seleccionado para llevar a cabo los trabajos de perforación.....	64
4.10 Esquema de los elementos que integran el equipo DOSECC.....	68
4.11 Imagen que muestra el equipo de corte y recuperación continua.....	69
4.12 Imagen que muestra la extracción mediante cable de un barril nucleador.....	71
4.13 Imagen que muestra el momento exacto en que el barril aparece en la superficie.....	72
4.14 Imagen que muestra dos coronas utilizadas en el corte núcleos.....	72
4.15 Imagen que muestra el momento de extracción de un núcleo de el barril	74
4.16 Imagen que muestra la codificación de un núcleo.....	74
4.17 Vista de una caja de núcleos.....	75

PERFORACIÓN CON RECUPERACIÓN CONTINUA
EN EL CRÁTER DE IMPACTO CHICXULUB,
YUCATÁN, MÉXICO.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



PERFORACIÓN CON RECUPERACIÓN CONTINUA EN EL CRÁTER DE IMPACTO DE CHICXULUB, YUCATÁN, MÉXICO.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo el dar a conocer uno de los proyectos científicos que desarrolló la UNAM mediante el Instituto de Geofísica quien estuvo a cargo del proyecto de perforación en el cráter de impacto de Chicxulub ,Yucatán México, con el pozo Yaxcopoil-1 el cual es el primer pozo con fines científicos perforado en nuestro país a más de 1500 m. de profundidad.

El cráter de Chicxulub se localiza en la parte noroeste de la península de Yucatán, y el sitio seleccionado para la perforación se encuentra ubicado a 75 Km. del centro del cráter, al sur de la ciudad de Mérida en la Hacienda de Yaxcopoil.

En el proyecto de perforación científica, se realizó el corte y recuperación de núcleos en forma continua a partir de, 400 a 1525 m. de profundidad, los objetivos específicos son , conocer las características litológicas a profundidad de una sección completa en la zona de impacto que generó rocas fundidas y brechas. así como una sección completa perteneciente a los carbonatos del cenozoico, obteniéndose colateralmente información acerca de la evolución en conjunto de la plataforma de Yucatán, y en base a está información .

- Tener conocimiento general del subsuelo (estructura, estratigrafía, litología , y tectónica.
- Obtener una sección litológica completa de la corteza superior del cráter.
- Obtener información geohidrológica (acuíferos e intrusión salina profunda.

El 7 de Diciembre de 2001 se inicia la perforación del pozo Yaxcopoil-1. y se da por terminada la operación de perforación el , el día 23 de Febrero de 2002.

--El fluido de perforación utilizado es bentonítico base agua de 1.04 gr/cc.

Para lo relacionado al programa de corte y recuperación continua que fué el objetivo principal del proyecto se contrató a la empresa DOSECC (WL-HYBRID CORINGNS SYSTEM) con lo que se tuvo acceso a la tecnología de vanguardia en este tipo de operaciones, representando una innovación, la cual es aportada en este trabajo haciendo mención de lo siguiente, se logró un promedio de recuperación del 95 % por cada barril nucleador, y una efectividad en términos generales de 75%. Es importante mencionar que la recuperación del núcleo se realiza por cable ó línea, lo que permite que durante la operación se mantenga la tubería de perforación en el agujero evitando los viajes, los cuales se realizan solo al termino de la vida útil de la corona, esto se refleja en un ahorro económico significativo.

Con respecto a los núcleos se determinó obtener inicialmente un núcleo de diámetro igual a 63 mm, y 3.05 m. de longitud lo que nos permite manejar rangos de menor diámetro en caso de alguna eventualidad dentro del pozo.

El trabajo incluye una descripción general de la formación y origen de los meteoritos, en forma más detallada se hace mención acerca de las estructuras de impacto, su clasificación, y las consecuencias, de estos fenómenos través de la historia de la Tierra.

Se describe en detalle a la estructura del impacto de Chicxulub, ya que en está, se realizó la perforación del pozo *Yaxcopoil-1, con recuperación continua de los 400.0 m a los 1525.0 m.

En forma particular se trabajó con el tema de la planeación de la perforación del pozo y con los trabajos de recuperación de núcleos, así como los métodos usados para una correcta documentación.

* Yaxcopoil nombre que se le dio al pozo haciendo referencia a la hacienda del mismo nombre.

CAPITULO I

INTRODUCCION

El cráter de impacto de Chicxulub toma su nombre debido a que el centro del cráter se encuentra cercano al poblado de Chicxulub en la costa norte de la península de Yucatán.

En los últimos años, el interés de la comunidad científica en ciencias de la Tierra (Geólogos, Geofísicos, Paleontólogos, Petroleros, Paleoclimaticos, entre otros) se han concentrado en nuestro país específicamente en la península de Yucatán en su sector noreste en el que se encuentra la estructura de impacto de Chicxulub. Este impacto de meteorito ocurrió hace 65 millones de años y origino el cráter de Chicxulub . Después de más de 10 años de búsqueda y estudio, se llego a la conclusión de que el impacto ocurrió en la plataforma carbonatada que actualmente forma parte de la península de Yucatán en la república mexicana.

En este lugar a partir de estudios de geofísica y perforación profunda realizadas como parte de los programas de exploración de recursos energéticos por parte de Petróleos Mexicanos (PEMEX) en la década de los 50's se logró documentar la presencia de una estructura de características singulares que yace en el subsuelo entre los 300 a los 1100 metros del nivel topográfico actual.

El descubrimiento del cráter fué el resultado de la búsqueda intensa que realizaron varios grupos científicos, a partir de la propuesta de que la gran extinción de organismos a fines del Cretácico se relacionaba con un fenómeno de origen cósmico (Álvarez et.al. 1980) .

La abundancia inusualmente elevada del elemento iridio en una fina capa del limite Cretácico-Terciario (K/T) hizo suponer a algunos científicos que la extinción podía deberse al impacto de un gran meteorito, ó de un cometa.

Actualmente la existencia del cráter sepultado en el subsuelo de Yucatán es un concepto aceptado por la generalidad de la comunidad científica internacional.

El diámetro de este cráter ha sido estimado por los científicos entre 180 y 200 Km. y las fluctuaciones radiométricas y estudios de paleomagnetismo, geoquímica, petrografía e isótopos realizados recientemente en el material recobrado por las perforaciones someras realizadas por el Instituto de Geofísica en los pozos UNAM 1-7 y las realizadas por PEMEX en los pozos Yucatán-6 y Ticul-1 han permitido documentar las características del cráter y las litologías formadas por el impacto.

El cráter de impacto Chicxulub tiene una alta importancia científica, no solo por su edad y sus consecuencias ambientales, sino porque constituye una estructura de impacto especialmente bien conservada, debido a su formación y sepultamiento por sedimentos carbonatados en una región tectónicamente estable como lo es la plataforma de Yucatán.

El interés por una perforación profunda con recuperación continua de núcleos, fué expresado por diferentes grupos de científicos de diferentes países, entre los que destacan: ALEMANIA, JAPÓN, CANADA, BÉLGICA, HOLANDA, RUSIA INGLATERRA, EE.UU. y MÉXICO, (UNAM). En donde de manera importante se contó con el apoyo de, International Continental Scientific Drilling Program (ICDP) grupo internacional cuyo objetivo es estudiar e investigar en los cinco continentes, mediante la perforación de pozos, con la misión de obtener información sobre la evolución de la corteza continental, utilizando técnicas que han llevado a un progreso en la Geofísica y en la perforación con recuperación continua. Este grupo junto con el Instituto de Geofísica de la UNAM plantearon el programa " The Chicxulub Scientific Drilling Project"

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO II

GENERALIDADES

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.1 Origen del universo

La teoría más aceptada sobre la formación del universo es la que explica que el universo se formó a partir de una explosión que los científicos llaman el "Big Bang" en un único instante, toda la materia y la energía del cosmos se concentraron en un espacio muy reducido y desde este punto, el universo se expandió y empezó a crecer.

Los primeros elementos distintivos que aparecieron en el universo fueron, los subátomos y átomos de helio e hidrógeno que formaron nubes gigantes que aún siguen en expansión, y que hoy reciben el nombre de Galaxias.

Dentro de estas Galaxias existen estrellas, las cuales a su vez han generado sistemas planetarios. Las estrellas brillan al desprender energía nuclear al convertir el hidrógeno en helio.

2.2 Aparición del sistema solar.

Aproximadamente hace 4500-4600 millones de años, la nebulosa cósmica destinada a convertirse en nuestro sistema solar, una estrella de mayor tamaño que el sol se quedó sin hidrógeno en su núcleo, sin poseer más energía para mantenerse unida, la estrella se colapsó, lo que generó otro tipo de energía llamada energía gravitatoria potencial. La energía gravitatoria potencial es la energía creada por un cuerpo que se mueve bajo la fuerza de la gravedad del mismo. La liberación de enormes cantidades de energía gravitatoria, provocó que la estrella se calentara de tal manera que su helio se incendió, originando los elementos de densidad media, como el litio y el hierro. Finalmente el helio almacenado por la estrella se consumió, y su núcleo sufrió un nuevo colapso generando una onda de choque por

aquella región de la galaxia . La energía liberada por la onda forjó los demás elementos de densidad mayor, como el uranio y el oro.

El calor generado por las reacciones nucleares que convirtieron a los elementos ligeros en pesados, provocó una explosión como una gran bomba atómica galáctica. (Supernova), esta explosión fraccionó, a la estrella, provocando que muchos fragmentos salieran disparados por el cosmos originando nubes gigantescas y una de estas nubes se convertiría en nuestra galaxia.

A medida que las partículas de polvo y gas se fueron acumulando, mutuamente chocaron formando estructuras superiores que liberaron energía cinética. Un cuerpo en movimiento posee energía cinética que se libera cuando este se detiene. La energía cinética es muy importante en la historia de los choques cósmicos, pues diversos fenómenos se alimentaron uno a otro, y condujeron a la formación de nuestro sistema solar.

La gravedad, continuo atrayendo a la materia hacia el núcleo de la nube lo cuál contribuyó a aumentar la gravedad del núcleo.

El momento angular y la energía rotatoria de un objeto que gira provocó que la nube empezará a rotar lentamente sobre sí misma.

A pesar que la mayor parte de masa se movió hacia el centro, la materia restante formo un gran disco que giró en espiral hacia el exterior. Es aquí donde se encontraban todos los elementos químicos y físicos de nuestro sistema solar. Conforme las reacciones químicas y las explosiones se siguieron dando la energía liberada provocó que la temperatura fuera en aumento, de tal manera que tuvieron lugar reacciones nucleares y la conversión de hidrogeno en helio. A medida que la materia en el disco se fue enfriando con la gravedad atrayendo a los elementos más pesados hacia el centro, originando a los planetas interiores, al mismo tiempo que los elementos gaseosos, ligeros, ó volátiles por el efecto mismo de la gravedad fueron colocados en la región más externa del disco formando a los planetas exteriores.

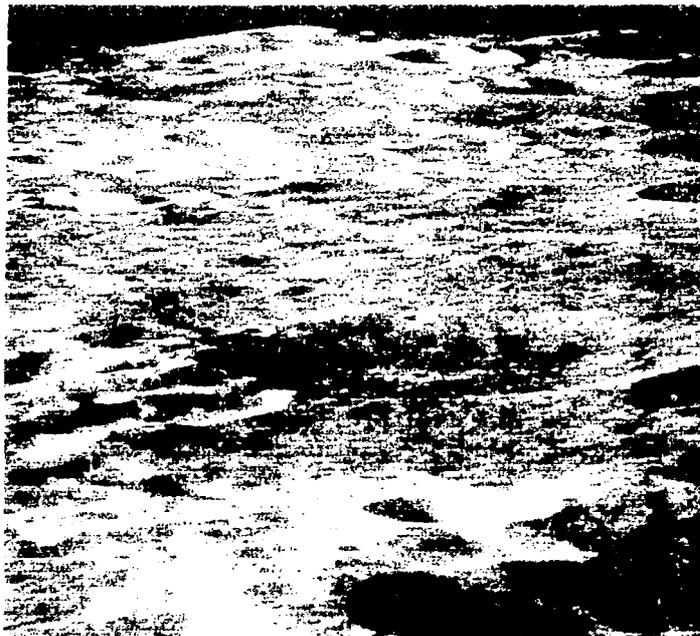
De millones de choques que se originaron entre los materiales anteriormente mencionados, aparecieron los planetesimales que son objetos

rocosos desde unos metros hasta varias decenas de Km. de diámetro.

Estos planetesimales se cree que fueron originados en el mismo tiempo cósmico que la tierra y el sistema solar, es por esto de la gran importancia del estudio de dichos cuerpos.

2.3.- Historia de los choques cósmicos

La suave cara de la Tierra, se parece poco a la de la luna, en la cuál podemos observar la gran cantidad de cicatrices originadas por los impactos de los asteroides, y preservados al no existir agentes erosivos como los que operan en la Tierra. (Fig.2.1)



(Fig.2.1) Fotografía de cráteres situados en la cara oculta de la Luna.
tomada por el Apolo X.

A lo largo del tiempo, los choques cósmicos han esculpido nuestro planeta y su vida de hecho de no haber sido por los impactos de los asteroides no hubieran existido cuerpos celestes, ni la Tierra, ni la luna. La propia Tierra está compuesta de innumerables asteroides fundidos en una sola esfera, la luna es probablemente compañera de la Tierra, apartada de su lado cuando posiblemente un meteoro gigante se impacto contra ella, incluso los gases necesarios para la vida podrían haber sido aportados por impactos con los cometas. Los choques han moldeado la superficie de los planetas.

Al igual que en la luna, en la Tierra han ocurrido una gran número de impactos meteoríticos por todo el mundo, los cuales han formado múltiples cráteres desde el relativamente joven cráter de Arizona con una antigüedad aproximada de 50 000 años, hasta la estructura de dos mil millones de años de edad de Sudbury, en Canadá.

Los registros de los choques pueden ser observados en toda la superficie terrestre, desde las esferas cristaloides resultantes de los impactos, hasta el meteorito Hoba, de 54 toneladas y formado por hierro, embebido en un cráter en el sudoeste de África.

De no ser por los impactos la vida en la Tierra seria muy diferente actualmente.

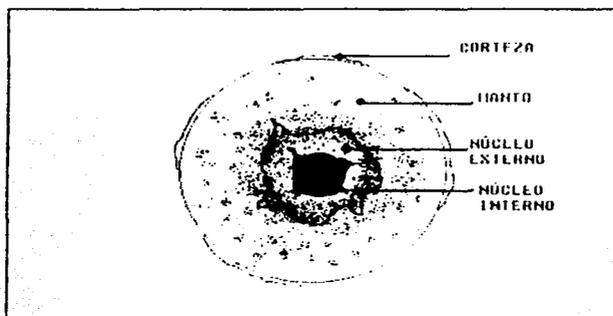
En la actualidad se sigue dando este fenómeno, pues los meteoritos continúan cayendo sobre la Tierra. Por mencionar algunos casos, un bosque de Siberia 1908, el poblado de Allende en México 1969.

A pesar que últimamente ningún objeto de gran tamaño ha caído en la Tierra se sabe que, objetos chocan con los planetas, como es el caso documentado en el mes de Julio de 1994 cuando más de 20 fragmentos del cometa Shoemaker-Levy 9, cada uno de ellos con más de 1 Km. de diámetro bombardearon la superficie de Júpiter.

Las órbitas de muchos asteroides y cometas cruzan la orbita de la Tierra, la mayoría de estos viajeros del cosmos son atraídos por la fuerza gravitacional del Sol, ó bien son expulsados del sistema solar posiblemente causado por la fuerza gravitatoria de algún cuerpo de mayor tamaño y densidad que nuestro Sol pero por cada meteorito o cometa que desaparece, existen otros más esperando en la profundidad del espacio.

2.4.- Diferenciación de la Tierra y otros planetas.

Durante su formación la Tierra fué incorporado todos los materiales y cuerpos que encontró en su camino orbital, realizando un proceso de estratificado, homogenización, y diferenciación, hasta alcanzar la presente estructura de núcleo, manto y corteza.(Fig.2.2)



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig.2.2 Diagrama que muestra un planeta diferenciado en corteza manto y núcleo.

La acreción planetaria tuvo como resultado la accesibilidad general de la energía calorífica para los primitivos planetas, y la energía cinética era liberada por los choques de polvo, rocas, asteroides y cometas.

Muchos de los elementos primarios del sistema solar eran radioactivos, y la energía nuclear fué emitida en cada descomposición radioactiva. Toda esta

energía fué convertida en calor y al suceder esto cada uno de los planetas internos se fundió, formando una mezcla homogénea a partir de los minerales rocosos, sulfuros y metales provenientes de los planetesimales, asteroides, y cometas., que se unieron para formar los planetas .

Después de esto hubo un proceso de homogenización, los planetas empezaron a diferenciarse y por el efecto de la gravedad y la densidad los elementos más pesados fueron atraídos hacia el centro, mientras que los más ligeros hacia la superficie.

Estos líquidos densos y ricos en materiales sobre todo en hierro, níquel, e iridio se convirtieron en el núcleo de la Tierra, luego siguieron los elementos de densidad media ó siderófilos, que vinieron a constituir el manto, y por último los elementos líquidos y sólidos de menor densidad como el agua y rocas que vinieron a constituir la corteza, los elementos gaseosos o volátiles como el agua y el monóxido de carbono, se evaporaron rápidamente debido a las altas temperaturas, al cabo de algunas decenas de millones de años se volvieron a condensar generando de esta manera un ciclo.

La estructura estratificada de la Tierra es esencial para el desarrollo y la evolución de la vida, tal como la conocemos ahora.

Si la Tierra no tuviera núcleo, no poseería un campo magnético, por lo que el proceso de diferenciación es extremadamente importante para la comprensión y estudio de los meteoritos, pues muchos de ellos seguramente son representativos del núcleo, del manto o de la corteza de los asteroides de los que provienen.

2.5.- Estudios tempranos de la Tierra y la Luna

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La luna es un objeto celeste muy poco usual, en los planetas interiores probablemente solo la Tierra y Marte poseen satélites, los de Marte son tan solo asteroides capturados por su fuerza gravitatoria los cuales no sobrepasan los 20 Km. de diámetro, mientras que la Luna es muy superior en tamaño y representa aproximadamente una cuarta parte del diámetro de la Tierra .

La energía gravitatoria de la Luna sobre la Tierra provoca las mareas intensas, además de que preserva los mejores registros en lo que respecta a los inicios más tempranos de nuestro planeta. Los científicos creen que es el producto el choque más violento que nuestro planeta haya tenido jamás.

Ha sido difícil para los científicos responder a la cuestión del origen de la Luna, aún después de que las misiones Apolo trajeran muestras de rocas de la superficie lunar, aún no se había llegado a una teoría satisfactoria. ¿Acaso la Luna tiene el mismo origen que la Tierra? ó ¿Acaso la gravedad de Tierra se limito a capturar un asteroide.

Entre los científicos crece cada vez más el consenso, alrededor de una idea que por primera vez se discutió en 1984 "LA TEORÍA DEL IMPACTO GIGANTE" modelos recientes del argumento, elaborados mediante ordenadores y simuladores cibernéticos, hacen que la idea sea más probable y real la cual presume que en la etapa temprana de la Tierra (4500-4600 millones de años) hubo una choque cósmico de grandes dimensiones en donde un planetesimal gigante se impacto sobre la Tierra. (Fig. 2.3)



Fig.2.3 Diagrama que muestra el posible impacto de un cuerpo gigante contra la Tierra y del que se origino la Luna.

Una teoría convincente debería de responder a las diferentes interrogantes

que indican que la Tierra y la Luna formaron alguna vez un solo cuerpo, pues la composición de la Tierra es muy parecida a la de la Luna, para un cuerpo de su tamaño y su distancia al sol posee un núcleo muy pequeño. Las proporciones isotópicas de la Luna y la Tierra son iguales, lo que significa que se originaron en la misma región del universo, sin embargo la Luna carece de elementos volátiles gaseosos, si los tuviera al igual que los tiene la Tierra, la Luna presentaría una pequeña atmósfera de la cual carece.

También resulta intrigante para los científicos el giro axial anormalmente rápido de la Tierra, mucho más rápido de lo esperado para un planeta de los llamados internos además de su tamaño y su distancia al sol.

2.6.- Asteroides

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En el espacio y dentro del sistema solar, se encuentra una zona denominada cinturón de asteroides, se localiza entre 1.8 y 4.3 UA (Unidades Astronómicas) unidad astronómica es la distancia media entre la Tierra y el Sol y es igual a 149 millones de kilómetros, Los asteroides ó planetesimales son fragmentos de pequeños planetas formados muy probablemente en el mismo tiempo cósmico que el sistema solar., (4500-4600 millones de años) generalmente tienen una superficie irregular y una capa exterior carbonizada. Este cinturón de asteroides contiene gran cantidad de planetesimales con una masa combinada total inferior a la de la Luna.

Los asteroides del cinturón varían en tamaño y en abundancia, existen tres mayores. Ceres con un diámetro aproximado en 930 Km. y representa la cuarta parte de la masa total de todos los asteroides conocidos.

Unos 200 asteroides tienen un tamaño superior a los 100 Km. de diámetro, y aproximadamente 1000 asteroides de diámetros aproximados a los 30 Km. y se puede decir que existen miles con diámetros entre 1 y 15 Km.

Los asteroides del cinturón principal a menudo se encuentran en grupos compartiendo las mismas orbitas y la misma composición.

La mayoría de los asteroides se encuentran en orbitas estables casi circulares dentro el mismo cinturón, algunas veces la gravedad de Júpiter conduce a algún asteroide a tener una orbita elíptica, produciendo que viaje a través de sistema solar interior provocando que se transforme en un asteroide cercano a la Tierra.

Si la nueva orbita del asteroide cercano a la Tierra cruza el camino de la orbita terrestre es probable que se presente un choque.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.7.- Clasificación de los asteroides.

Los asteroides se formaron por el mismo procedimiento que los planetas interiores, por lo que ofrecen información importante a los científicos, acerca de la estructura y desarrollo de los planetas.

Gran parte de lo que se sabe de la diferenciación de los planetas se ha documentado a través de la información, y observación de los asteroides y de los meteoritos. Por ejemplo aunque los científicos no pueden observar y tener muestras directas de núcleo de la Tierra, se pueden estudiar los asteroides, y aunque parezca extraño también pueden ser clasificados por puntos de referencia tales como, su densidad, el color de luz que reflejan en sus superficie, su composición química .

Cada grupo se localiza a una distancia particular el sol, dentro del cinturón de asteroides, Las variaciones regionales en la composición son el resultado del gradiente externo de temperatura que existía en el antiguo sistema solar.

Los asteroides primitivos ó exteriores se encuentran formados por material prácticamente inalterado desde el origen del sistema solar, incluidas las sustancias volátiles sus superficies están recubiertas por material rico en carbono, lo que les da una apariencia negrusca.

Los asteroides metamórficos nunca fueron lo suficientemente calientes como para fundirse , no presentan sustancias volátiles, y muy pocos agua, residen en la región central del cinturón de asteroides.

Los asteroides incandescentes están compuestos por minerales similares a

aquellos generados a ala lava fundida, lo que indica que alguna ves fueron totalmente líquidos.

2.8.- ¿Que es un meteorito?

Meteorito es un asteroide que penetra en la atmósfera de la Tierra cada día muchos pequeños meteoritos bombardean a la Tierra. Es muy poco probable que un cometa ó un asteroide de grandes dimensiones se convierta en un meteorito, para que esto suceda debe ser obligado a seguir una orbita tal que intercepte a la terrestre, como ya se menciona anteriormente, si consigue entrar a la atmósfera de la Tierra deberá soportar muy altas temperaturas originadas por el intenso calor de la fricción del aire con sus superficie provocando que se fusione, evaporando ó incendiando sus partículas.

Los meteoritos pequeños, aquellos de algunos centímetros de diámetro se fragmentan ó desintegran antes de tocar la superficie terrestre.

La composición como ya se ha mencionado juega un papel importante en la conservación ó desintegración, los metálicos tienen mejores probabilidades de alcanzar la superficie que aquellos que no lo son.

A menudo antes de desintegrarse los meteoritos realizan representaciones tan brillantes, que durante mucho tiempo han sido conocidos como estrellas fugaces ó bolas de fuego.

Los científicos se refieren a los meteoritos que explotan con el nombre de bólidos, atraviesan la atmósfera con una velocidad entre 20 y 40 Km/s. y su temperatura exterior puede llegar a más de 1600 °C.

El material de su superficie cuando son rocosos primero se funde , se evapora y luego se hace incandescente, aún cuando el cuerpo puede llegar a medir unos cuantos centímetros de diámetro las brillantes representaciones pueden llegar a observarse a varios kilómetros de distancia.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.9.- Eventos documentados.

Meteorito Hoba

El meteorito de mayor tamaño que se conoce en el mundo permanece en donde cayó, en una hendidura de 2 metros de profundidad en Hoba West, Namibia al sudoeste de África, Hoba que es así como se le conoce es un agregado de hierro y níquel metálicos, por lo que se le conoce también como meteorito de hierro. Mide entre 2,7 x 2,7 x 1,3 m y pesa 54 TN. fué descubierto en 1920, y ha sufrido una importante erosión debida al viento y la lluvia. Seguramente ha estado en la Tierra por mucho tiempo, posiblemente decenas de miles de años.(Fig.2.4)



Fig.2.4 Diagrama que muestra el meteorito Hobba es el más grande localizado en la Tierra.

Meteorito Ahnighito

Otro meteorito de gran tamaño en el Ahnighito, de 30 TN. de peso localizado en Cabo York, Groenlandia, descubierto por el explorador Robert Edwin en el año de 1894. Compuesto principalmente de hierro. Los esquimales fabricaban herramienta a partir del metal extraído del mismo. Hoy se encuentra él en el Museo Americano de Historia Natural de Nueva York.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Meteorito Willamette

Este meteorito es el mayor localizado en los Estados Unidos, esta formado principalmente de hierro, pesa 14 TN. se encuentra en el Museo Americano de Historia Natural de Oregon.

Meteorito Allende

El meteorito *Allende*, es otro de los sucesos documentados en el mundo y constituye, una componente mayor de la investigación en ciencias planetarias y de la Tierra, que ha aportado contribuciones particularmente importantes en la comprensión del origen del sistema solar, y la evolución de la vida en nuestro planeta .

Cayó en la madrugada del 8 de Febrero de 1969 en la región del poblado de Allende, en el sur del estado de Chihuahua.

Es un meteorito de los llamados condritas carbonaceas que representa a uno de los más primitivos que se pueden encontrar en el sistema solar.

Este meteorito se convirtió en uno de los más estudiados en el mundo, debido a que su caída fué observada y se pudo documentar el sitio del impacto, por lo que se recuperaron alrededor de 2 TN. de material, además de haber caído en un momento en que los laboratorios del mundo científico de Estados Unidos y de Europa se preparaban para recibir las muestras de la misión Apolo por lo que el mundo aprovecha la llegada de este meteorito para su estudio.

Meteorito Tunguska

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El choque más importante ocurrido en el siglo XX tuvo lugar en una región de Siberia Central el 30 de Julio de 1908, a las 7:17 horas (tiempo local) una enorme bola de fuego cruzo los claros cielos matutinos, lo que presenciaron cientos de residentes del valle de Podkamannaya, en Tunguska.

Después del impacto una columna de nubes de humo y llamas se elevó del lugar. Ráfagas con la fuerza de un huracán golpearon a las personas y a los animales, haciendo que cayeran al suelo y rompiendo los cristales de las ventanas. Los Siberianos nativos relataron como algunos de sus perros y renos murieron.

Más de 10 000 m² de bosques fueron arrasados y las pruebas del choque fueron observadas en gran parte de Europa. Fuertes explosiones fueron escuchadas en más de un millón de kilómetros cuadrados a la redonda.

Las estaciones meteorológicas de toda Siberia informaron de una onda de choque, la cual se sintió 5 horas más tarde en Inglaterra y después de más tiempo nuevamente en Siberia.

Los intentos iniciales por localizar al meteorito fallaron, y no fue sino hasta 13 años más tarde, en que se realizó una expedición oficial por parte de la academia Soviética de las ciencias, dirigida por Leonid Kulik, encargado del comité de meteoritos de aquella región Siberiana, tres expediciones más fueron realizadas posteriormente, en las que se realizaron perforaciones y abrieron zanjas sin encontrar ninguna prueba del meteorito. 15 años más tarde después de la muerte de Leonid Kulik las muestras que recogió del lugar, fueron estudiadas y analizadas al microscopio y la primera evidencia clara del impacto de un meteorito pudo observarse por fin (pequeñas esferas de polvo meteorítico anteriormente líquido).

Más recientemente se ha llegado a la conclusión de que el cuerpo era un meteorito rocoso, con un diámetro de unos 60 m que explotó y se desintegró a unos 7 u 8 Km. de altura, el daño fue causado por la onda de choque del meteorito, que golpeó contra el suelo con una fuerza equivalente a la de una bomba de 15-20 megatones, algo equivalente a la energía liberada por la erupción del volcán Sta. Helena, de 1980 en el estado norteamericano de Washington.

Si el meteorito hubiera caído dos horas más tarde posiblemente hubiera impactado a alguna de las grandes ciudades de la antigua Unión Soviética.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO III

CRÁTERES DE IMPACTO

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.1 - Formación de los cráteres de impacto

Los cráteres en nuestro planeta han sido formados por dos tipos de procesos, por erupción volcánica ó por impacto de meteoritos .

Alrededor del año de 1950 los científicos, generalmente no aceptaban que los cráteres de impacto por meteoritos podían encontrarse incluso en la Tierra, pues los únicos meteoritos que habían sido observados eran pequeños.

Los geólogos atribuyeron los cráteres terrestres a un origen de tipo volcánico. Inclusive durante muchos años se pensó que los cráteres en la luna tuvieron un origen también de tipo volcánico.

El final abrupto de la trayectoria de un meteorito por la choque con la Tierra libera grandes cantidades de energía cinética está energía es transformada en presión y calor , la cantidad de energía liberada depende del tamaño, de la velocidad , y la composición del meteorito, nuestra atmósfera juega un papel muy importante pues puede provocar que el meteorito se fragmente por el efecto de la fricción reduciendo el tamaño original y además , frenándolo en su caída, esto sucede generalmente con cuerpos pequeños. Sin embargo en la Tierra los proyectiles enormes con pesos superiores a 10 TN. pueden atravesar sin impedimento alguno la atmósfera terrestre golpeando con fuerza descomunal en su superficie y generando una serie de acontecimientos en cadena que pueden provocar desde cambios climáticos a nivel mundial, tsunamis gigantes, hasta la desaparición de un gran número de especies sobre la faz de la Tierra.

A consecuencia del impacto se forma una cicatriz en la superficie terrestre, en forma de cuenco casi siempre circular , llamada *cráter ó estructura de impacto* .

En promedio un meteorito forma , ó produce un cráter cuyo diámetro es igual a 20 veces su propio diámetro , es decir un meteorito de 1 Km. de diámetro producirá un cráter de 20 Km. en promedio .

En la actualidad se han identificado más de 147 cráteres de impacto en la Tierra.

3.2- Clasificación de los cráteres de impacto.

A).- Cráteres simples

La liberación súbita de la energía del meteorito en movimiento a la roca subyacente produce un cráter .

El impacto también afecta a la roca huésped y provocan que los muros del cráter se derrumben parcialmente y rellenen el agujero . Los cráteres simples presentan formas de cuenco y además tienen unos rebordes erguidos. (Fig.3.1)

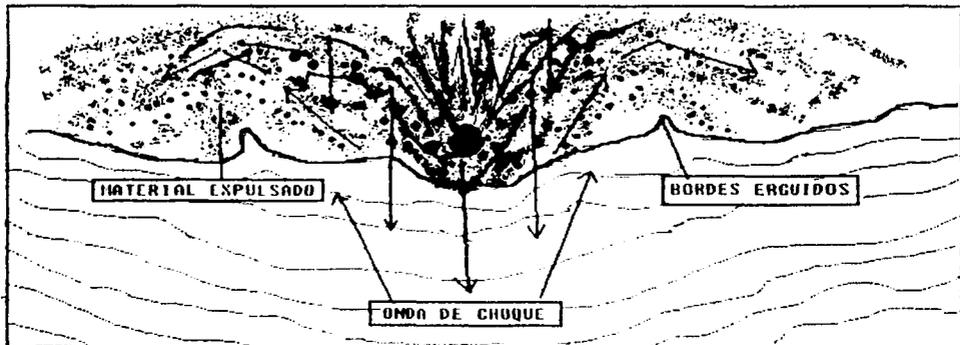


Fig. 3.1 Diagrama que muestra la formación de un cráter simple. Las rocas subyacentes son comprimidas, posteriormente el material es lanzado hacia arriba y afuera de los bordes .

En la formación de un cráter simple, la onda de choque comprime la roca y luego las ondas de expansión lanzan a la roca en dirección opuesta , empujando parte de la roca impactada hacia arriba y hacia afuera, tanto la compresión como el lanzamiento de grandes cantidades de material crean una cavidad.

De estos cráteres el más conocido es el cráter de Arizona llamado también cráter Meteoró ó cráter de Barringer (Fig. 3.2) .

Fue el primer cráter de impacto reconocido como tal en la Tierra . Mide 1.2 Km. de diámetro y 170 m de profundidad ,con una edad estimada en 50 000 años , compuesto por hierro y níquel se encuentra localizado en pleno desierto a 80 Km. de Flagstaff . La región de alrededor es llana , con una base de roca caliza, los volcanes más cercanos se encuentran localizados a más de 30 Km. de distancia . El cráter se encuentra rodeado por fragmentos de hierro de filo dentado cuya única fuente conocida son los meteoritos de hierro . Fue descubierto en 1903 por Daniel Barringer quien desafió la idea del origen volcánico y que los fragmentos de hierro y el cráter estaban relacionados.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 3.2 Vista aérea del cráter Barringer

Cálculos posteriores demostraron que un meteorito de hierro con un tamaño entre 50 y 60 m el necesario para crear un cráter de 1.2 Km. de diámetro puede viajar a través de la atmósfera .

En 1957 un Geólogo recientemente graduado, Eugene Shoemaker convenció a los científicos de que los fragmentos de hierro , la capa de roca fracturada, y las tectitas de cristal fundido en el choque solo podrían haberse formado como resultado del impacto de un meteorito , por lo que la Tierra ya tenía su primer cráter de impacto oficial.

B).- Cráteres complejos

El impacto de un meteorito mayor causa la formación de un *Cráter complejo*. Estos tienen generalmente un cráter de diámetro mayor a los 4 Km. y se distinguen por una pequeña elevación localizada en el centro , así como la formación de dos a más anillos concéntricos formados dentro del mismo cráter .(Fig. 3.3)

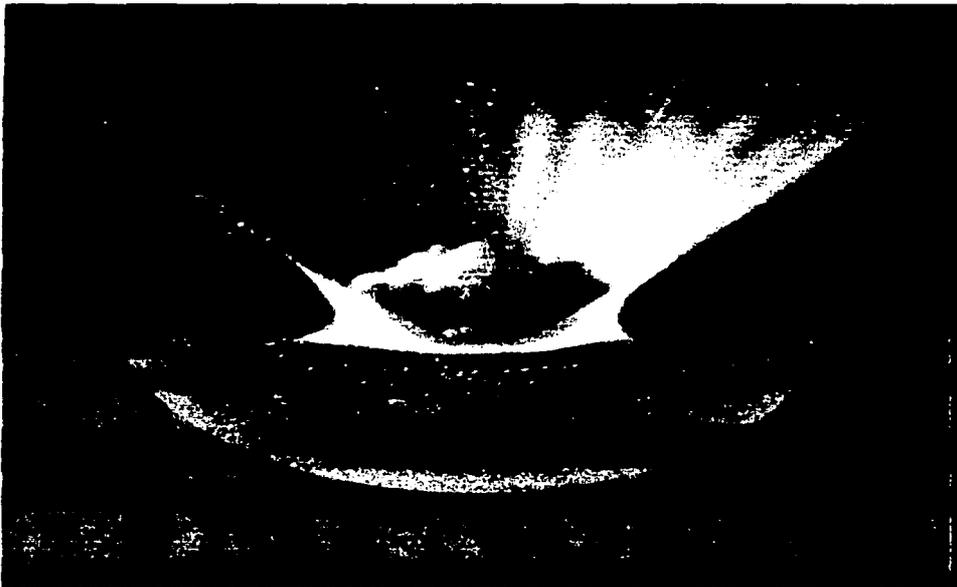


Fig.3.3 Esquema que muestra el choque de un meteorito en donde la fuente de roca pulverizada y fundida brota del creciente cráter, cuando la corteza se rompe y fragmenta, lanzando rocas hacia arriba y afuera formando un ángulo agudo con respecto al nivel del terreno.

La propiedad más significativa para el choque de un meteorito no es su diámetro ni su masa, sino la fuerza con la que se produce y está no es proporcional al tamaño ya que depende principalmente de la composición mineralógica del cuerpo es decir de su densidad

Los efectos de los impactos son causados por las inmensas presiones y temperaturas generadas por el meteorito y por la *onda de choque* que los acompaña, la mayoría de los efectos son de tipo microscópico, y se reconocen en los minerales individuales .

Los *conos fracturados* son las únicas estructuras macroscópicas asociadas con el choque, estos elementos se elevan entre 1 cm. y 2 m. por encima del suelo y poseen unas fracturas radiales que se extienden desde su ápice , siendo comunes donde los meteoritos golpean a rocas calizas u otras de grano fino, se forman cuando la onda de choque agrieta a las rocas cercanas dándoles forma de cono . Sus ápices siempre señalan hacia el lugar del impacto .(Fig.3.4)



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig.3.4 Imagen de un cono fracturado

Un efecto importante del impacto es el *cuarzo de choque* , se forma cuando el cuarzo uno de los minerales de mayor abundancia en la Tierra, se ve sometido a una presión elevada que le confiere una densidad muy superior a la normal

Otro efecto del choque son las *tectitas* , se forman cuando el meteorito y el material de la roca huésped vaporizados vuelven a condensarse en esferas cristalinas y caen al suelo

El material del meteorito puede encontrarse ausente en el lugar del impacto debido a que el meteorito pudo haberse vaporizado antes de golpear el suelo, ó bien porque se erosionó posteriormente en la superficie de la Tierra .

En los cráteres pequeños suele asociarse más material meteorítico que en los cráteres mayores pues en estos últimos las velocidades no son impedidas por la atmósfera y sin embargo sus ondas de choque son tan potentes que en muchos casos el meteorito puede dejar de existir como entidades físicas antes de tocar la superficie terrestre desintegrándose en la atmósfera y se produce el cráter y otros daños tan solo debido a la *Onda de choque*.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.3 .- Cráteres de impacto

Más o menos dos tercios de los cráteres de impacto descubiertos hasta ahora se encuentran localizados en las partes más antiguas de los continentes retirados de los límites de las placas de la corteza , en donde no existe una gran actividad de tectónica de placas .

Estas regiones antiguas llamadas cratones , suelen tener una edad de cientos de millones de años .

Los cratones suelen ser lugares planos y geológicamente estables en donde los cráteres y otras estructuras geológicas son difíciles de destruir, por lo tanto un cráter tiene mayores posibilidades de conservarse mejor en un cratón que en cualquier otro lugar de la Tierra .

A pesar de la gran estabilidad geológica de cratón . El promedio de edad de los cráteres lunares es mucho mayor, que el cráter más antiguo de la Tierra.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.4.- Algunos cráteres de la Tierra

1.- La estructura de *Sudbury* de Ontario Canadá (N 46° 36' W 81° 11') Originalmente media unos 250 Km. de diámetro . En la actualidad se encuentra erosionado por la actividad tectónica de la región .

-- Esta zona es la mayor productora de Níquel en el mundo .

2.-La estructura de *Vredefort* en África. (S 27° E 27° 30') Originalmente media unos 300 Km. de diámetro . En la actualidad se encuentra erosionado . El centro es un domo estructural de roca granítica rodeada de cuarcitas y esquistos plegados y triturados .

-- Esta zona es una de las mayores productoras de oro en el mundo y se cree que los yacimientos se formaron a consecuencia del impacto del meteorito.

Ambos cráteres tienen poco menos de 2000 millones de años y no es coincidencia de que ambos son dos de los mayores cráteres en la Tierra con 200 y 140 Km. de diámetro respectivamente .

3.- El cráter de *Chicxulub* Yucatán (N 21° 20' W 89° 30') En México con un diámetro aproximado de entre 180 y 200 Km. se encuentra localizado en la península de Yucatán su edad es calculada en 65 millones de años . y junto con el *Sudbury* y el de *Vredefort* son los tres cráteres más grandes localizados en el mundo.

-- Está relacionado con las rocas generadoras y productoras de hidrocarburos del sureste mexicano .

Se encuentra sepultado por rocas carbonatadas, esta localizado en una zona tectónicamente estable lo que ha permitido una inmejorable conservación , se le relaciona con cambios climáticos, geológicos, biológicos

y marca el límite cretácico-terciario .

Es el cráter de impacto más estudiado en la actualidad pues representa un laboratorio natural en donde la ciencia por medio de su estudio puede encontrar respuestas a las interrogantes que a lo largo del tiempo geológico se han dado en nuestro planeta y en el sistema solar . (Fig 3.5)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

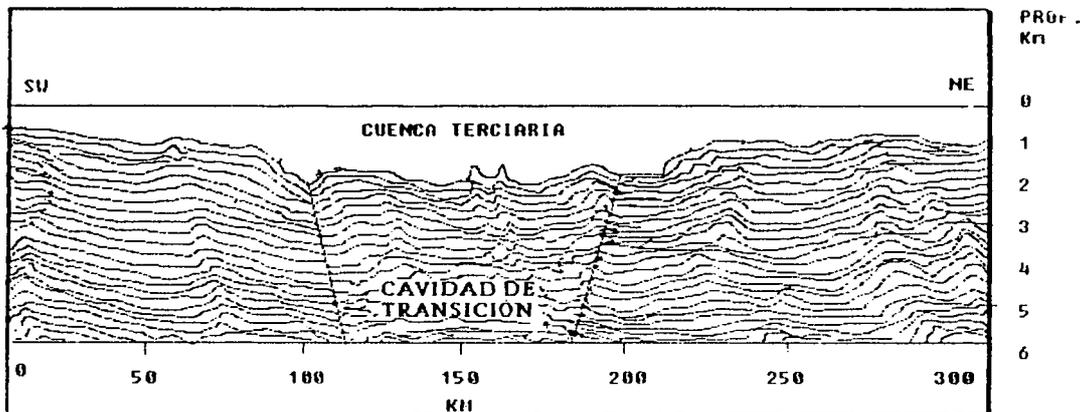


Fig.3.5 Diagrama que muestra una vista longitudinal del cráter de Chicxulub en una dirección SW-NE es el punto de partida de una tomografía a profundidad en la que se observa la base del Terciario aproximadamente a 1.5 Km al centro y a menos de 250 m en los flancos.

De manera general es así como forman los cráteres de impacto , las consecuencias que generan en todos y cada uno de los aspectos .

3.5- Cráter de impacto de Chicxulub

En la década de los sesentas, Petróleos Mexicanos (PEMEX) exploró por primera vez el área donde se encuentra el cráter. En esos años se pensaba que era posible encontrar hidrocarburos en esa zona y a partir de estudios de geofísica y perforación profunda por parte de los programas de exploración de recursos energéticos, se logró documentar una estructura de interés, la cual posteriormente se comprobó como un cráter de impacto de grandes dimensiones cubierto por una secuencia de rocas carbonatadas de edad terciaria.

Como se ha comentado cráteres similares son comunes en diferentes regiones de nuestro planeta y aún en otros cuerpos de nuestro sistema solar, en la Luna por ejemplo es posible observar los numerosos cráteres de dimensiones diversas que fueron formados por el impacto de otros cuerpos como asteroides y cometas , principalmente en las etapas tempranas de la evolución del sistema solar .

En la Tierra , las huellas de esta etapa inicial han sido borradas casi en su totalidad por los fenómenos y procesos que continuamente modifican la superficie de nuestro planeta, por lo que la evidencia de cráteres son más difíciles de observar (Melosh 1989) .

Los cráteres mejor preservados corresponden a impactos ocurridos en épocas más recientes , lo que vuelve al cráter de Chicxulub en Yucatán particularmente interesante así como su asociación con los eventos que marcaron el final de la era Mesozoica, y el principio de la era Cenozoica con la desaparición de numerosas especies entre un 60 % de las que en ese momento habitaban el planeta .

3.6.- Teoría del impacto

Para explicar la desaparición de los dinosaurios que fue precisamente al final de la era Mesozoica se han propuesto numerosas teorías entre ellas la propuesta por el Geólogo Walter Álvarez en 1980 y su grupo de

investigadores ; L. Álvarez , W. Alvarez , F. Asaro y H. Michel, quienes sugirieron que la extinción masiva fué debida a los efectos de la colisión de un bólido de grandes dimensiones contra la Tierra, ya anteriormente se había propuesto una relación entre la extinción de Cretácico -Terciario y causas extraterrestres como los efectos de supernovas y la colisión con meteoritos (McLaren, 1970, Urey,1973,) sin embargo es a partir del estudio reportado por Álvarez y colaboradores en 1980 que incluyo evidencia experimental sobre un posible impacto, lo cual generó un gran interés por parte de la comunidad científica en general y en particular ciencias de la tierra .

Este grupo de investigadores se encontraba trabajando en algunas de las secuencias sedimentarias carbonatadas en la provincia de Umbría, en Italia en las cuales estudios paleontológicos de pequeños organismos marinos (foraminíferos) realizados a principios de los 60's por Premolí Silva, habían permitido documentar la frontera Cretácico-Terciario.

Esta frontera esta marcada por una fina y delgada capa de arcilla, intercalada entre las formaciones carbonatadas (Luterbacher y Premolí Silva 1964. Premolí Silva 1977.) El interés principal de los trabajos era determinar los cambios de polaridad del campo geomagnético registrados en las secuencias carbonatadas y documentar esos cambios en relación con la escala geomagnética de reversiones . Álvarez y colaboradores (1980) se interesaron en estimar el tiempo involucrado en la formación de esta capa y para ello decidieron analizar el contenido de iridio; elemento que es relativamente raro en las rocas terrestres y muy abundante en material extraterrestre.

Ellos supusieron que la fuente principal de iridio estaba constituida por polvo cósmico que entra en la atmósfera y se acumula en los sedimentos marinos .

Los análisis indicaron para sorpresa del grupo de investigadores, que la cantidad de iridio era mucho más elevada que la esperada de acuerdo a su modelo de polvo cósmico como fuente principal.(Fig.3.6)

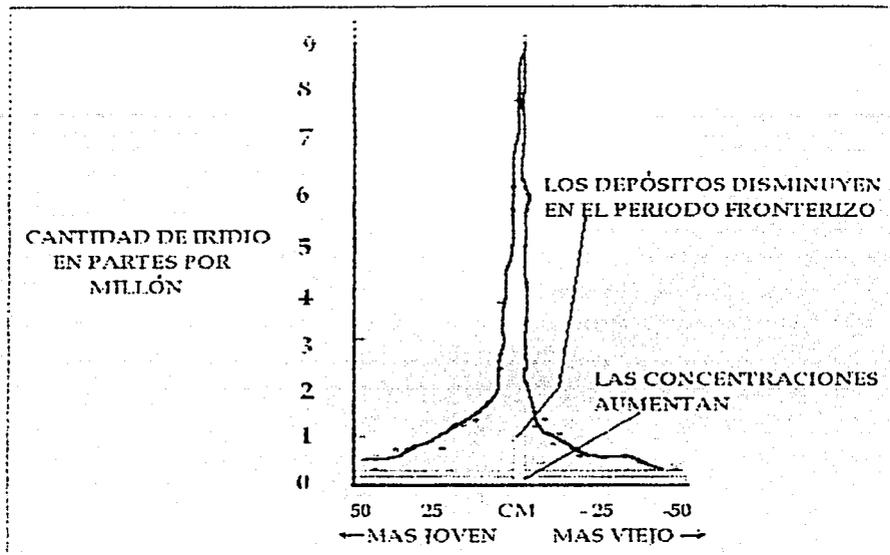


Fig. 3.6 Esquema que muestra la concentración de iridio en Gubbio Italia

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En un intento por explicar los datos, que se han popularizado como la anomalía de iridio, ellos sugirieron que una fuente posible fué la entrada masiva de material rico en iridio es decir el impacto de un meteorito.

A partir de la concentración relativa de iridio de 30, 160, y 20 veces arriba del nivel base en diferentes secciones de Italia, Dinamarca y Nueva Zelanda, respectivamente (Álvarez et al 1980) estimaron el tamaño de meteorito en unos 10 Km de diámetro y sugirieron que el impacto originó una gran nube de polvo que cubrió al planeta por un largo periodo de tiempo.

A causa del impacto la nube de polvo que cubrió al planeta produjo una oscuridad total de efectos globales en el clima y esté a su vez en los ecosistemas de todos los organismos vivos, vegetales y animales al

bloquear los rayos solares e interrumpir el proceso de fotosíntesis lo cual produjo una reacción en cadena de efectos mayores en la biosfera (Pollack et.al. 1983) .

Con efecto primero de gran calor y elevadas temperaturas posterior al impacto, y tiempo después meses ó años tal ves, un efecto tipo invernadero acabando de esta forma con cerca del 60% de las especies existentes en ese tiempo .

Este trabajo fue seguido en muy poco tiempo por varias investigaciones que documentaron la presencia anómala de iridio y de otros elementos del grupo del platino en otras secciones de cretácico-terciario en diferentes partes del mundo (Ganapahty, 1980 : Ganapahty et. al. 1981 ; Álvarez et. al. 1982) .

Posteriormente se realizaron diversos estudios sobre las características del impacto en diferentes escenarios (marinos y terrestres) y sobre los posibles efectos ambientales y climáticos y sus implicaciones para dicha extinción masiva de organismos (O'Keefe y Ahrens,1982; Toon et. al, 1982; Melosh, 1982) .

3.7.- Localización del sitio

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En el artículo Álvarez y colaboradores en 1980 especularon sobre la posible localización el cráter, lo que inició la búsqueda del posible sitio de impacto .

Aún cuando estos investigadores no eran optimistas de localizar el cráter (dado que podía haberse originado en corteza oceánica y ser destruido por los procesos de subducción ó bien haber sido erosionado) localizar el sitio de impacto se consideró importante para entender los procesos y efectos en la biosfera .

Por ejemplo un impacto en una plataforma carbonatada con evaporitas produciría el ingreso en la atmósfera de vapor de agua , bióxido de carbono, compuestos de nitrógeno ó azufre, que incrementarían los efectos nocivos en la biosfera con lluvia ácida entre otros . (Prinn Fegley ,1987) .

Similarmente se podrían haber tenido incendios masivos si la zona de impacto estuviera referida a una zona boscosa (Wolbach et. al. 1988)

Un impacto en el mar habría dado lugar a la generación de olas gigantes conocidas como tsunamis sobre las regiones costeras cercanas al impacto y aún en las no tan cercanas (Melosh 1982; Mckinnon,1982) .

En los años siguiente se localizaron varios cráteres de impacto , y se analizaron sus posibles relaciones con la frontera cretácico-terciaria y se propusieron varios posibles candidatos los cuales fueron estudiados en detalle .Por otro lado, se investigaron varios posibles indicadores que podrían precisar el sitio del impacto, estudios subsecuentes en diferentes secciones permitieron documentar la naturaleza global de la anomalía de iridio, la cual presenta un patrón de distribución que permite identificar el posible sitio de impacto (Álvarez et.al.1982).

El análisis de otros indicadores del impacto como los minerales de cuarzo con efectos de impacto y microesférulas ricas en ferrita de magnesio fueron examinadas para determinar patrones geográficos (Bohor et.al. 1987) .

Todos estos estudios lograron delimitar finalmente una región potencial y centrar la búsqueda en América del Norte, la región del Caribe y del Golfo de México (Hildebrand y Boynton 1990). En estas áreas se investigaron los cráteres de Manson (Iowa USA) y de Magdalena en la cuenca de Colombia en el mar Caribe (Hildebrand y Boynton 1990) .

Teniendo como resultado que ninguno de estos sitios era el que aportara las mejores pruebas para su confirmación , por lo que ahora la búsqueda se limitaba a un área de menores dimensiones , en el golfo de México y el mar Caribe.

Los estudios de geoquímica empleando óxidos mayores, elementos traza e isótopos, indicaron que el impacto había afectado unidades de corteza continental y formaciones de carbonatos. (Sigusrdsson et. al. 1991; Blum y Chamberlain, 1992) .

En el año siguiente a la publicación del artículo de Álvarez y colaboradores en 1980 G. Penfield y A. Camargo dieron a conocer en el congreso de la

sociedad de geofísicos de exploración de los Estados Unidos un trabajo sobre la zona noroeste de la península de Yucatán en el cual con base en estudios geofísicos como parte de la exploración de Petróleos Mexicanos , se proponía la presencia de una estructura de interés en el subsuelo.

3.8.- Características físicas del cráter de Chicxulub

A continuación se explicaran brevemente las características físicas más importantes en el cráter. El cráter da lugar a unas pequeñas perturbaciones en los campos gravitacional y magnético , las cuales son susceptibles de observarse en superficie en forma de patrones característicos de anomalías (Gravimétricas y Magnéticas) con una distribución aproximadamente circular (en particular las anomalías gravimétricas) (Fig.3.7)

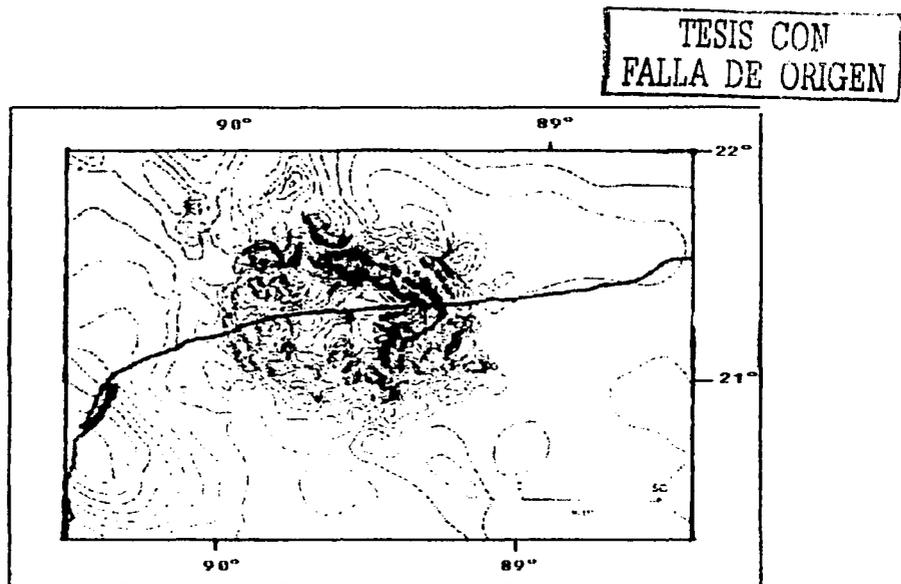


Fig. 3.7 Diagrama que muestra las anomalías aeromagnéticas el sector central de la estructura de, Chicxulub (Plinkington , 1994)

El estudio de estas anomalías permite documentar las características del cráter, como la forma, el tamaño, y el espesor de los sedimentos que lo cubren.

El cráter está cubierto por una gruesa capa de sedimentos carbonatados, los cuales lo han preservado de los efectos de erosión (Fig. 3.8)

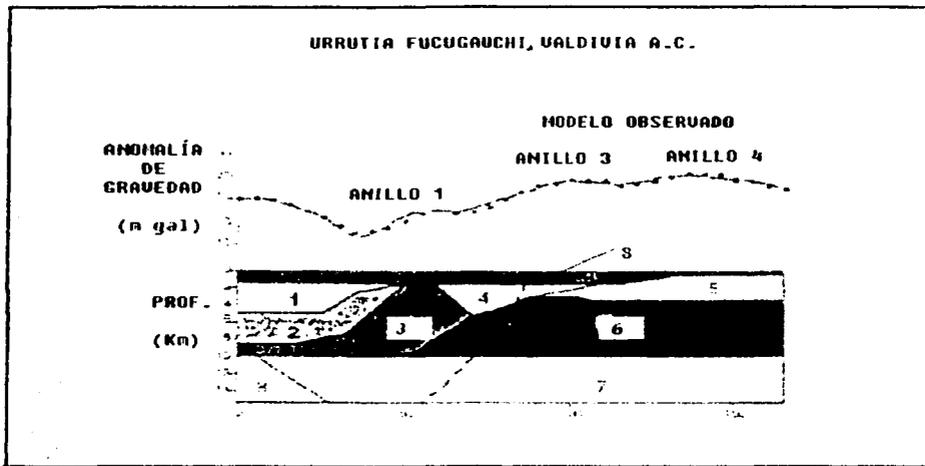


Fig. 3.8 Representación esquemática de uno de los modelos de la estructura interna del cráter, donde se ilustra una sección transversal idealizada con las principales unidades que conforman la estructura, las cuales han sido interpretadas a partir de los datos de gravimetría (Sharpton, 1993)

Como se muestra de la manera siguiente, se presentan las principales unidades que conforman el cráter en un modelo reportado por Sharpton y colaboradores (1993, Fig. 3.8)

- 1) --Unidad fundida de impacto y brecha de impacto
- 2) --Unidad de brecha interna alógena.
- 3) --Basamento cristalino levantado y fracturado por el impacto .
- 4) --Brecha externa alógena .
- 5) --Sedimentos cretácicos de plataforma .
- 6) --Basamento cristalino .

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- (7) –Basamento de profundidad intermedia (corteza intermedia)
- (8) –Levantamiento central del basamento .

En el sector central el cráter esta caracterizado por una unidad de composición ígnea que representa material fundido por el impacto y una gruesa capa de brechas de impacto (material fragmentado y depositado a consecuencia del choque) que se extiende en el interior del cráter y la periferia. La forma del cráter es aproximadamente circular con un levantamiento central, y las dimensiones del mismo han sido más difíciles de estimar ya que las anomalías asociadas a los limites del cráter son pequeñas en comparación con otros efectos superficiales y estructuras profundas, sin e

embargo las estimaciones del diámetro del cráter reportadas por diferentes grupos de investigación varían entre los 170 Km. y los 300 Km. (Hildebran et. al. 1991; Sharpton et. al. 1993 ; Pilkington et. al. 1994) (Fig.3.9) .

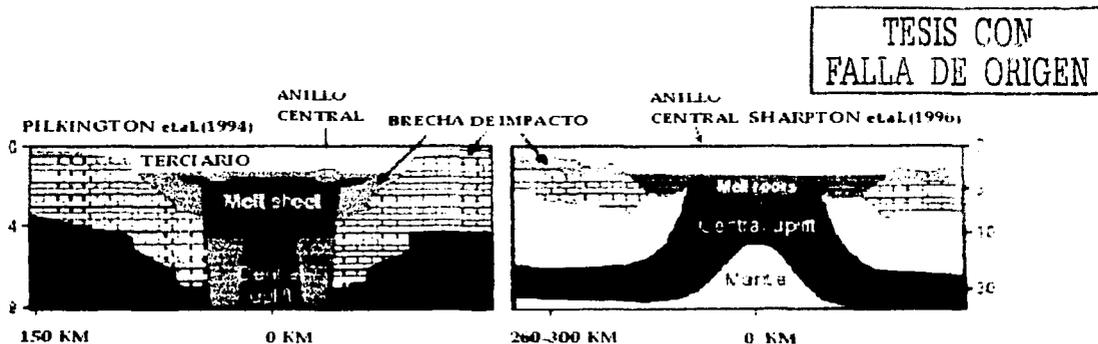


Fig. 3.9 Imágenes de dos modelos estructural del cráter de impacto Chicxulub según Pilkington et.at.(1994) y Sharpton et.at.(1996)

La determinación del tamaño y la geometría interna del cráter es importante para entender los procesos de impacto y sus efectos ambientales .

Algunas de la principales diferencias en la estructura interna entre los modelos pueden observarse al comparar las figuras anteriores.

Estos modelos han sido elaborados a partir de los datos de las anomalías gravimétricas para el modelo de la figura 3. 8, Sharpton y colaboradores (1993) consideraron un promedio radial de las anomalías gravimétricas el cual fué calculado a partir de perfiles separados cada 10 ° (exceptuando aquellos entre los 310° y los 360°) en este perfil promedio y en varios de los perfiles examinados por estos autores se observa la ocurrencia de varios máximos relativos que fueron tomados como evidencia para la configuración de la estructura interna.

El modelo correspondiente muestra la presencia de varios levantamientos estructurales que corresponden a los diferentes anillos de la estructura (Fig.3.8)

La posición de los cuatro anillos fue estimada a partir de los datos gravimétricos y están situados a una distancia radial de;

52.5 Km. (+, -) 5 Km.
77.1 Km. (+, -) 6 Km.
99.6 Km. (+, -) 6 Km.
139 Km. (+, -) 11 Km.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La incertidumbre representada en las estimaciones con respecto al diámetro se traducen en un orden de magnitud en el calculo de la energía del impacto .

Un cráter con un diámetro de 300 Km. representa una estructura más compleja con la formación de varios anillos, una zona de excavación mayor y por lo tanto una mayor cantidad de material fragmentado, y expelido a la atmósfera.

La representación estratigráfica del cráter ha sido recabada a partir de las muestras de rocas recuperadas por los pozos perforados por PEMEX en las décadas de los 50s, 60s y 70s así como por los pozos UNAM en fechas más recientes según Sharpton et.al. (1996) (Fig.3.10)

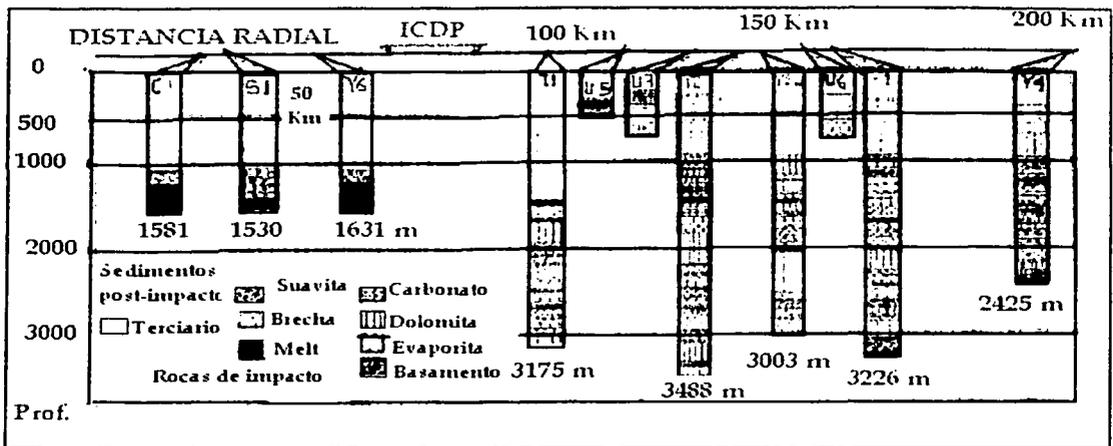


Fig.3.10 Esquema que muestra de manera representativa la estratigrafía continental del cráter basada en las muestras obtenidas por los pozos PEMEX y UNAM respectivamente. Sharpton et.al, (1996) y Ward et.al. (1995).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

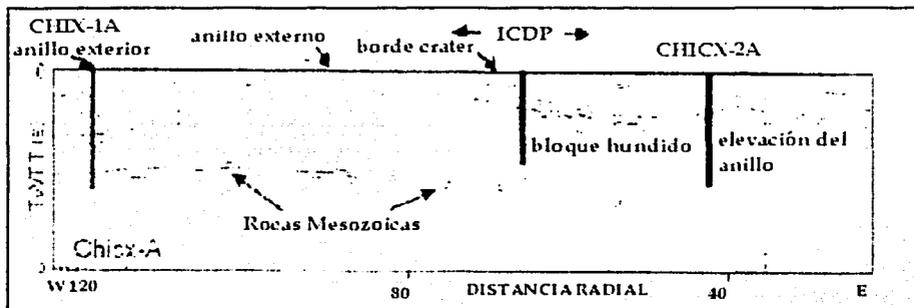


Fig. 3.11 Esquema que muestra la estructura interna del cráter de Chicxulub obtenida mediante datos de reflexión sísmica, en una dirección W-E en el que se pueden apreciar la posición de los anillos y el borde del cráter la distancia esta referida al centro del cráter. (Urrutia-Fucugauchi et al.2000)

CAPITULO IV

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PERFORACIÓN CON RECUPERACIÓN CONTINUA EN EL CRÁTER DE IMPACTO CHICXULUB, YUCATÁN MÉXICO

Durante varias décadas la industria petrolera ha considerado a la rama de perforación de pozos como un *ARTE* en lugar de considerarla como una *INGENIERÍA*.

Para alcanzar el estado actual de desarrollo en la perforación de pozos se requirió del concurso de varias ramas de la ingeniería, las cuales al conjugarse dentro de la industria petrolera dieron origen a una Tecnología de Perforación de Pozos.

En la actualidad se puede afirmar que la perforación de pozos petroleros ha evolucionado desde ser un *ARTE*, hasta convertirse en una verdadera *INGENIERÍA*.

En términos simples, la operación de perforación puede ser definida como el proceso de "hacer un agujero" Así de simple como parece la definición, la operación de hacer un agujero es una tarea bastante compleja y delicada; por lo que deberá ser planeada y ejecutada de tal manera que esta se efectúe en una forma segura, eficiente y finalmente, se obtenga un pozo económico y útil.

El objetivo, de toda operación de perforación es lograr perforar un pozo en forma eficiente, segura y económica y que permita obtener los resultados para los que fue realizado.

Para llevar a cabo el objetivo de la perforación, se requiere de la integración de principios de ingeniería, filosofías personales o corporativas, experiencia e información relacionada con el pozo a perforar, lo cuál nos lleva a lo que se conoce como *PLANEACIÓN DEL POZO* Aunque los métodos y prácticas

de planeación de la perforación pueden variar dentro de la Industria Petrolera, el resultado final debe cumplir con el objetivo de la perforación de pozos.

4.1.- Objetivo de la planeación

El Objetivo de la Planeación es el de formular un programa para perforar un pozo, en forma ordenada lo cual requiere de aspectos previos desarrollados al diseño en incluyen las siguientes características:

- a).- *Que sea seguro*
- b).- *Que sea económico*
- c).- *Que sea útil*

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Desafortunadamente no siempre es posible cumplir con esos objetivos en cada pozo debido a las restricciones impuestas por ciertos elementos tales como topografía, geología, equipo de perforación disponible, limitaciones de las tuberías, barrenas, diámetro de agujero, presupuesto, etc.

a).- La seguridad

Debe ser la prioridad más alta en la planeación de un pozo, las consideraciones del personal deben ser más importantes a otros aspectos del plan, y como un segundo elemento de seguridad se involucra la seguridad del pozo.

La planeación debe ser diseñada para minimizar el riesgo de reventones y otros factores que podrían causar problemas.

b).- La economía

Es un objetivo válido, dentro del proceso de planeación siempre y cuando no se menosprecien los aspectos de seguridad.

En la mayoría de los casos el costo puede reducirse a cierto nivel dependiendo del detalle de la planeación del pozo. No es necesario construir "monumentos de acero" en nombre de la seguridad si esto no se requiere.

De otra manera el capital debe ser invertido en lo necesario para construir un sistema seguro.

c).-La utilidad

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Este es otro de los objetivos de la planeación, pues el perforar un pozo no es completamente satisfactorio, si al final no se logra atravesar el intervalo de interés, darle una configuración adecuada, darle una adecuada terminación, ó que la formación presente daño irreparable.

Por lo tanto se puede establecer que la planeación de la perforación es una etapa tan importante como la fase operativa, ya que con esto se logra obtener una perforación eficiente del pozo además de que:

--La estimación de costo de perforación determina la factibilidad económica de la perforación del pozo.

--El control del costo establece la minimización de los gastos totales de la perforación a través de un programa apropiado.

El proceso de planeación del pozo puede dificultarse en zonas con presión anormal y pozos muy profundos que pueden causar problemas en la geometría del pozo y en los lodos de perforación.

El aspecto más importante en la preparación de la planeación del pozo y la subsecuente aplicación de la Ingeniería de Perforación, es determinar las características y problemas que pueden ser encontrados en el pozo. Para realizar lo anterior es necesario verificar los estudios geológicos y sismológicos del área, así como la información de campos ó pozos cercanos.

En forma general la información que puede ser empleada para iniciar la correcta planeación de un pozo, es la siguiente:

--- Mapas Geológicos y topográficos.

- Registros de Barrenas.
- Datos de Pruebas de Formación.
- Registros de Presiones de fondo.
- Registros de Lodos de Perforación.
- Registros de T.R.'S y Cementaciones.
- Riesgos de Zonas problema.
- Registros Sísmicos y de pozo.
- Terminaciones.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El ingeniero petrolero normalmente no es el responsable de la selección del sitio por perforar. Sin embargo, se debe trabajar conjuntamente con los geólogos y los geofísicos con la finalidad de:

- Definir en forma mas precisa la litología esperada durante la perforación.
- Definir fallas geológicas para prevenir posibles corrimientos del pozo.

4.2.- La planeación del pozo es un proceso ordenado

Esto requiere que algunos de los aspectos del plan sean desarrollados antes que otros. A continuación se describe una secuencia del proceso de la planeación. (Fig.4.1)



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 4.1 Esquema de la secuencia de la planeación en un pozo petrolero.

Trabajar en forma interrelacionada con los grupos de geología y geofísica puede ser la diferencia entre una perforación exitosa ó un pozo abandonado.

4.3- Recopilación de la información.

Mapas geológicos y geofísicos

Dentro de lo que concierne a la planeación geológica y geofísica, es de gran importancia el contar con información de mapas que nos ayuden a prevenir

situaciones indeseables, y elegir el sitio más adecuado para perforar, en todos los casos el ingeniero petrolero está en coordinación con los ingenieros geólogos y geofísicos, que tienen la información litológica, estructural, sismológica, geofísica, estratigráfica, fisiográfica, y de ser posible modelos de evolución de la corteza.

Información geológica recabada.

La península de Yucatán abarca la parte más oriental de la república Mexicana, que incluye a los estados de Campeche, Yucatán, Quintana Roo, y porciones de Tabasco, Chiapas, el distrito de Petén en Guatemala y las montañas maya en Belice.

Se extiende desde los 16° a los 22° de latitud norte y de los 86° a los 91° de longitud oeste del meridiano de Greenwich, cuenta con un área aproximada de 300000 Km² (López Ramos 1975)(Fig.4.2)

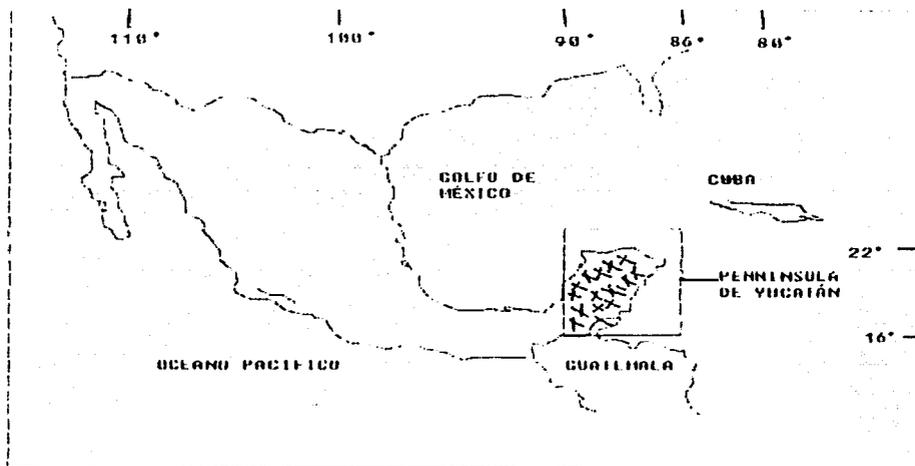


Fig. 4.2 Esquema que muestra la localización geográfica de la península de Yucatán.

Al sur esta limitada por la sierra madre del sur y la sierra de Chiapas en México, las sierras del norte de Centro América, incluyendo el Petén de Guatemala y la montañas mayas de Belice (Weide,1985) y al oriente por el Talud continental del mar del caribe (Fig.4.3)



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 4.3 Esquema que muestra áreas geológicas colindantes en la península de Yucatán. (López Ramos, 1975)

Está limitada al norte por el banco de Campeche (Talud continental) cuyos márgenes al norte y occidente se caracterizan por un cambio abrupto en la

pendiente, en lo que se denomina escarpe de Campeche. El banco se extiende hasta los 24° de latitud norte con un ancho máximo de 260 Km. en dirección norte sur; en el occidente se extiende hasta los 92.5 ° oeste, limitado por el cañón de Campeche con dirección norte sur. La porción occidental del banco tiene un ancho máximo de 225 Km. (López ramos, 1975)

La península de Yucatán es una gran plataforma calcárea, que puede ser fácilmente diferenciada del resto de la república mexicana y áreas colindantes de Centro América debido a su relativa poca variabilidad superficial es por todo esto que la región es considerada como la provincia geológica de la plataforma de Yucatán, la cual en general se caracteriza por tener la edad Cenozoica y por estar compuesta por sedimentos marinos calcáreos, depositados en un ambiente tectónico de plataforma.

En la península de Yucatán se pueden reconocer cuatro regiones fisiográficas (Weide 1985) ; Como todas sus rocas que afloran en la superficie son carbonatos, éstas presenta una gran variedad de rasgos cársticos que están altamente relacionados con la elevación de la región y la profundidad del nivel freático.

Regiones fisiográficas :

- a)-La planicie del norte caracterizada por la formación de cenotes cársticos, se encuentra al norte y noreste de la sierrita de Ticul extendiéndose hasta la línea del Golfo de México y el caribe, presenta un ancho máximo de 275 Km.
- b).- La sierra de Ticul, se encuentra en la parte sur del estado de Yucatán con un rumbo de N 55° W y con aproximadamente 160 Km. de largo. Está se extiende desde Mexcanú hasta el área de Polyuc sus rasgos son producto de un fallamiento normal, y sus elevaciones máximas son de 100 a 150 msnm .
- c).-La planicie sur con suelos cársticos, se encuentra al sur de la sierra de Ticul y continua hasta el pie de las montañas de la sierra madre en los estados de Tabasco y Chiapas, el arco de la libertad al norte de Guatemala, y la montaña Maya al norte de Belice, presentando elevaciones máximas de 300 msnm .

d).- El distrito del bloque afallado del oriente a la costa del caribe, abarca desde Belice hasta Tulum en Quintana Roo presenta una topografía caracterizada por sierras y depresiones con rumbo NNE, las cuales revelan las ocurrencias de Horts y Graben de la zona de falla del río hondo la mayoría del distrito presenta elevaciones de 50 a 100 msnm .

Consideraciones geológicas .

Desde el punto de vista geológico y tomando en cuenta el aspecto de la perforación es de gran importancia conocer que el sitio programado para perforar, se encuentra en el área adyacente al anillo de cenotes hacia la parte norte de la península de Yucatán.

Está región se encuentra formada por rocas carbonatadas de alta permeabilidad y zonas de cavernas cársticas que se desarrollan debido a que la roca caliza es soluble en agua cargada con bióxido de carbono (en forma de gas) además de que, el clima es un factor muy importante en la solubilidad de las mismas, estos factores físicos pueden acarrear problemas en el sistema de circulación del pozo, pudiendo presentarse pérdidas del fluido.

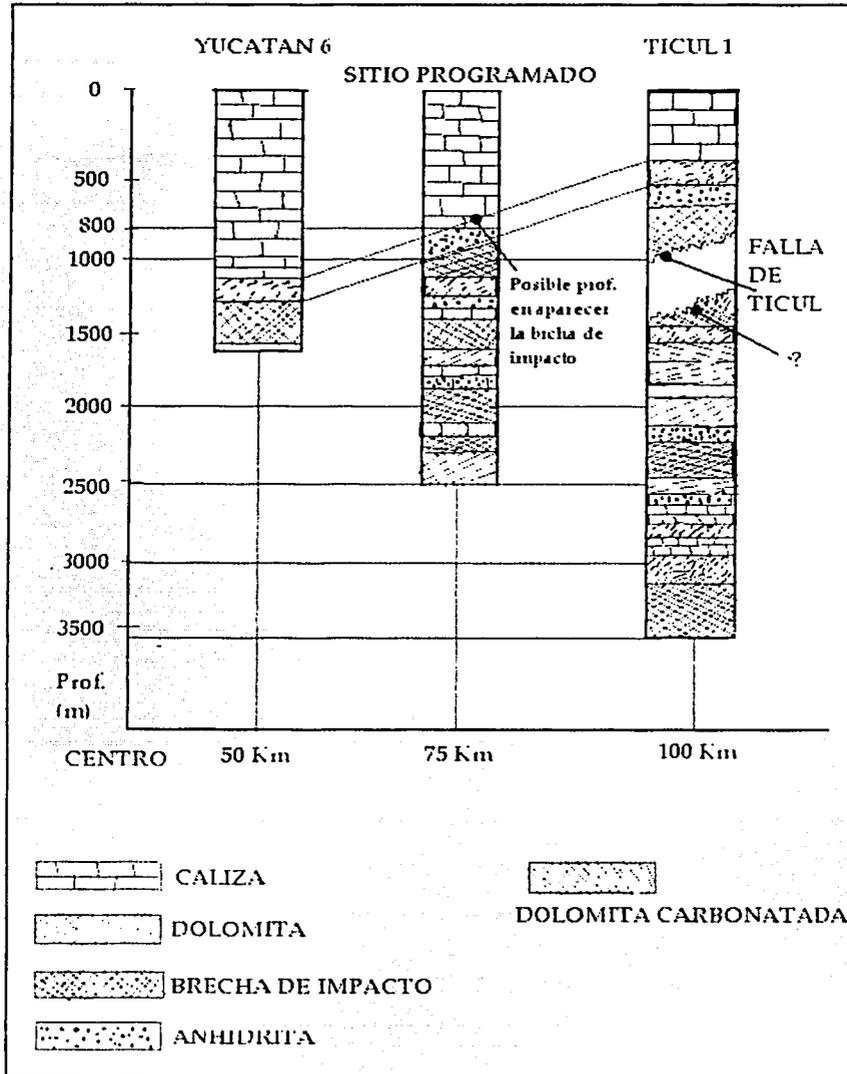
Cabe mencionar que en está región no se han desarrollado ríos, debido a la ausencia de sedimentos que impidan que el agua no se filtre rápidamente.

4.4-- Datos de pruebas de formación

Las pruebas de formación son muy comunes en pozos petroleros. Para el pozo Yax-1, no se tiene programado ningún tipo de prueba de formación, sin embargo, de la información de los pozos que ya han sido perforados en la zona como es el Ticul -1 y el Yucatán - 6 se tienen los datos de pruebas de formación realizadas en los intervalos 997-1007 m con agujero descubierto de, 8 5/8" sin ningún tipo de anomalía en el registro de la presión formación.

Este tipo de pruebas nos permiten evaluar la porosidad por medios de registros geofísicos, permite calcular el esfuerzo efectivo de : sobrecarga, presión-formación, con esto trazar una tendencia normal, y evaluar presiones anormales.

COLUMNA LITOLÓGICA ESPERADA DURANTE LA PERFORACIÓN SEGÚN LOS DATOS OBTENIDOS DE LOS POZOS YUCATÁN-6 Y TICUL-1



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Registros de presiones de fondo.

Como se menciona anteriormente en los pozos antes citados el Ticul -1 y el Yucatán - 6 no se registran presiones anormales por lo que no se espera encontrarlas en el sitio, sin embargo deberán tomarse las precauciones necesarias con el equipo y los materiales adecuados para este tipo de eventos.

4.5.- Predicción el gradiente de fractura

Respecto a la predicción del gradiente de fractura no se encontraron datos que permitieran establecer cual es el gradiente de fractura esperado en la zona. Con el gradiente de fractura , de presión de formación y la profundidad de asentamiento de las tuberías de revestimiento podemos seleccionar:

a).- La densidad del fluido de control.

b).-la geometría del pozo.

- Como son los diámetros de la tuberías de revestimiento.
- Diámetros de barrenas.

Predecir correctamente el gradiente de fractura es muy importante ya que nos permite diseñar el fluido de perforación y con esto evitar fracturar la formación cuando no existen datos de pozos cercanos se puede evaluar a través de correlaciones que nos aportan valores muy próximos a los reales.

4.6.- Registros de T.R.s' y cementaciones.

Para el asentamiento de las tuberías de revestimiento y el programa de cementación, se desarrollará de acuerdo al diseño mecánico del pozo.

4.7.- Geometría del pozo.

Respecto a la geometría del pozo se ha determinado utilizar tres diferentes diámetros de barrena por lo que la geometría del pozo quedará telescopiada, en función del diámetro de las barrenas a utilizar y al diseño

mecánico del pozo de acuerdo a lo planeado en el programa de perforación, como se presentan los datos más adelante.

4.8.- Terminaciones.

En este programa no se llevará a cabo ningún tipo de terminación especial el pozo quedará descubierto de los 400 a los 1500 m , sin embargo en la cabeza del pozo se instalaran las herramientas adecuadas para que pueda ser reabierto posteriormente, si así es requerido, ya sea para la toma de registros ó bien en caso de profundizar el mismo.

4.9.- Registro y diseño de lodos de perforación.

En el pozo Yucatán -6 se utilizo en la perforación del mismo, como fluido de perforación, agua sin ningún problema en la operación por lo que en base a esta información se tiene un programa de lodo bentonítico base agua .

4.10.- Diseño de la cementación

Para el programa de cementación se tiene contemplado tres etapas de acuerdo diseño mecánico del pozo en donde quedaran asentadas tres tuberías de revestimiento, utilizando los accesorios correspondientes que posteriormente se mencionan.

4.11.- Registro y programa de barrenas.

Otro aspecto importante en **La planeación de la Perforación** es sin duda la selección adecuada de las barrenas a utilizar, y esta basado principalmente en el tipo de formaciones posibles a perforar. Esto se puede llevar a cabo mediante la información obtenida bien de pozos ya perforados, ó bien mediante estudios geofísicos. Para la selección de las barrenas a utilizar en la planeación del pozo Yax-1 se ha tomado en cuenta la información obtenida por PEMEX en la perforación de dos de los pozos próximos al sitio, el Ticul - 1 y el Yucatán - 6. Con lo que se ha determinado utilizar barrenas de arrastre tipo triconicas (Fig.4.4)

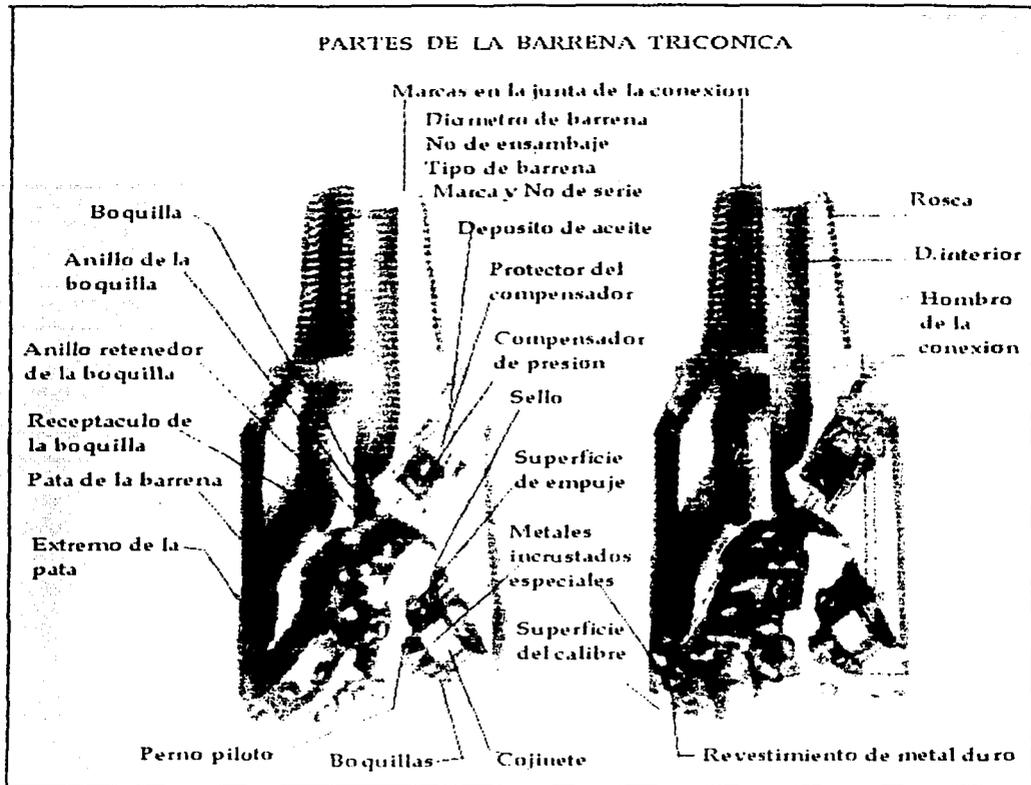


Fig. 4.4. Esquema que muestra los elementos internos y externos más importantes que componen una barrena tricónica .

4.12.- Diseño de la tubería de revestimiento.

En la planeación de la tubería de revestimiento se ha determinado utilizar tres de ellas con las características siguientes:

CONDUCTURA: De 13 3/8 " de diámetro. Grado K-55 de 54.5 lb/ft instalada de 0.00 a 10.0 m de profundidad con el objetivo de aislar los acuíferos de la zona y proporcionar un conducto para la circulación del fluido de perforación desde la superficie a la barrena.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

SUPERFICIAL de 9 3/8 " de diámetro .Grado J-55 de 32.3 lb/ft instalada de 0.0 a 400 m de profundidad, con el objetivo de aislar y proteger los acuíferos, mantener la estabilidad del pozo, instalar los sistemas de seguridad, y soportar el peso de las demás tuberías.

INTERMEDIA de 7" de diámetro. Grado J-55 de 17 lb/ft instalada de 0.0 a 800 m de profundidad. con el objetivo de cubrir zonas de alta presión, así como el de aislar formaciones salinas, lutitas, cubrir zonas cavernosas, y mantener la estabilidad del pozo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

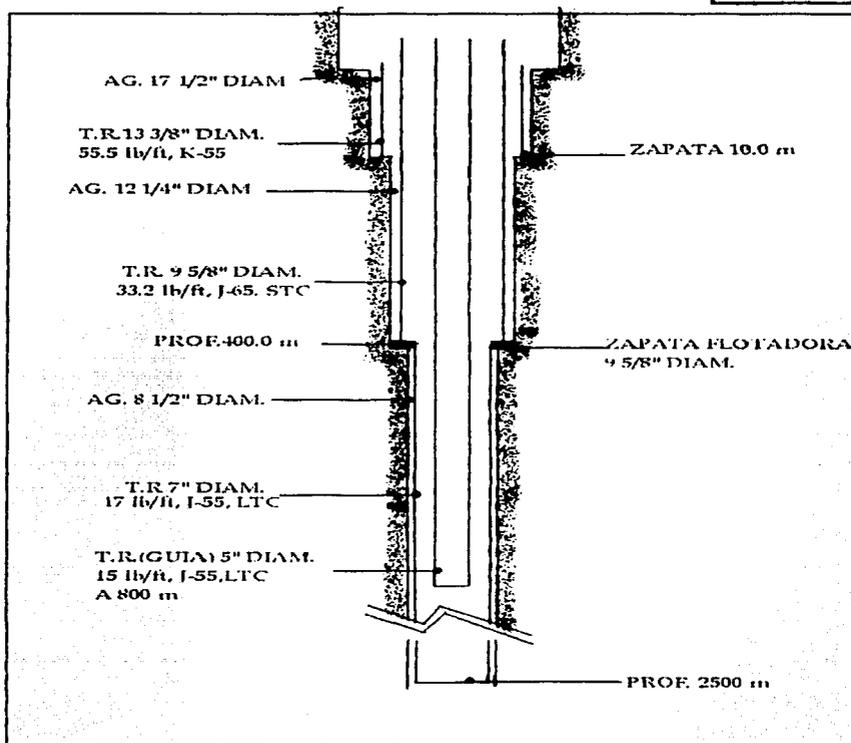


Fig.4.5 Diagrama que muestra las características y profundidad de asentamiento de las diferentes tuberías seleccionadas.

4.13.- Selección del equipo de perforación.

El equipo de perforación permite por si solo realizar únicamente dos funciones básicas: subir y bajar las diferentes tuberías del ó dentro del pozo, y darle rotación a la sarta de perforación . Todas las demás funciones que se realizan durante la perforación de un pozo se llevan a cabo mediante el empleo de equipo auxiliar.

Antes de seleccionar un equipo de perforación específico, se deben determinar los requerimientos del pozo por perforar. Así, lo primero que viene a la mente es la profundidad total del pozo la cual es uno de los parámetros de selección en el equipo. Sin embargo actualmente también se toman en cuenta otros factores muy importantes como, los diámetros de los agujeros a perforar, requerimientos de potencia hidráulica, tipo y configuración de las sargas de perforación a emplear, programas de tuberías de revestimiento, por mencionar algunos.

No obstante se tenga una selección cuidadosa y apropiada del equipo de perforación para un pozo en particular, en la mayoría de los casos al menos uno de los criterios de selección del equipo no se cumple, y por lo tanto, la perforación se lleva a cabo bajo condiciones limitadas.

Consecuentemente, el proceso de selección del equipo involucra determinar primero la capacidad de operación mínima necesaria, de acuerdo con los requerimientos y experiencia de la perforación de pozos vecinos, empleados como pozos de correlación .

De esta manera es posible determinar la capacidad del equipo propuesto para realizar el trabajo, bajo condiciones de operación esperadas. Por lo que si el equipo seleccionado es inadecuado para el trabajo a realizar, se tiene la posibilidad de perforar un agujero en el cual las operaciones de terminación y producción sean deficientes. Por esta razón el proceso de selección del equipo de perforación es vital para la planeación y ejecución adecuada de las operaciones de perforación de un pozo .

4.14. Diseño de la tubería de perforación .

Los principios de diseño de la tubería de perforación son diferentes a los

utilizados para la tubería de producción ó de revestimiento. El procedimiento se realiza, para la selección de lastrabarrenas y de tubería de perforación en ese orden.

Las consideraciones de diseño toman en cuenta dos criterios :

- a).-El método de factor de flotación.
- b).-El método área presión.

La tubería de perforación se selecciona en base un análisis de los esfuerzos críticos a los que podría estar sujeta durante su vida operativa, los factores que deben ser tomados en consideración para un diseño adecuado son:

- Presión interna
- Presión de colapso
- Daño por cuñas
- Severidad de las desviaciones bruscas (pata de perro)
- Tensión

4.15.- Estimación de costos

Como ya se menciona la estimación del costo determina la factibilidad económica de la perforación, por lo que es necesario estimar los costos de manera general en los siguientes rubros:

- a).-Perforación del pozo.
- b).- Tuberías de perforación, sargas de revestimiento, tuberías de producción.
- c).-Cabezales.
- d).-Logística del pozo.(involucra los siguientes aspectos)

- Preparación del sitio.
- Equipo y servicio de muestreo.

- Registros Geofísicos de pozo.
 - Agua y combustible.
 - Lodo y productos Químicos.
 - Cemento y Servicios de cementación.
 - Transporte de personal, Equipo, etc.
 - Barrenas, Tuberías
 - Renta de equipo.
- e).-Costos de operación y producción.

Factores que influyen en la estimación de costos.

Para estimar el costo de la perforación hay que tomar en cuenta dos factores de los cuales depende:

- 1.- *Localización.*
- 2.- *Profundidad.*

1.- La localización del pozo gobierna:

- Costo de preparación del sitio.
- Costo de transporte(equipo y personal)
- Costo diario de la operación de perforación.

El costo diario de la operación de perforación incluye:

- Servicio de supervisión y Control de la perforación

---Mantenimiento del equipo.

---Alojamiento de cuadrillas.

2.- La profundidad del pozo esta relacionada directamente a:

---La litología a ser penetrada.

--- El tiempo de perforación.

4.16.- Selección del tipo adecuado de barrena.

Para seleccionar el tipo de barrena durante la planeación de un pozo existen muchas de donde escoger. Estos tipos difieren entre si, ya sea por el tipo de estructura de corte, por sus sistema de rodamiento, ó por los materiales utilizados en su fabricación . Los factores fundamentales para su selección son:

a).-Características anticipadas de la formación .

b).- Limitaciones mecánicas del equipo de perforación del pozo.

c).- Máximo rendimiento en el costo/metro.

De acuerdo a lo anterior las barrenas se clasifican de la siguiente manera:

Para evitar la confusión entre los tipos de barrenas equivalentes en relación con los distintos fabricantes, la IACD (Asociación Internacional de Contratistas de Perforación) crea el sistema de clasificación de tres dígitos, que funciona de la siguiente manera.

---El primer dígito identifica dos situaciones, el tipo de estructura de corte y el tipo de formación.

---El segundo dígito señala el grado de dureza de la formación.

---El tercer dígito precisa alguna característica del diseño de la barrena.

La siguiente tabla muestra en forma tabular este sistema de clasificación y puede observarse que, el rango de variación del primer dígito es del 1 al 8 con el siguiente significado:

- 1.- Dientes fresados formación blanda.
- 2.- Dientes fresados formación media.
- 3.- Dientes fresados formación dura.
- 4.- Dientes de insertos formación muy blanda.
- 5.- Dientes de insertos formación blanda.
- 6.- Dientes de insertos formación media.
- 7.- Dientes de insertos formación dura.
- 8.- Dientes de insertos formación extra-dura.

Cada tipo de formación tendrá cuatro tipos de dureza, por lo que el segundo dígito variará del 1 al 4 de la siguiente manera.

1. Suave.
2. Media suave.
3. Media dura.
4. Dura.

El tercer dígito variará del 1 al 9 e indica lo siguiente:

- 1.- Toberas para lodo.
- 2.- Toberas para aire, toberas para lodo, diente " T"
- 3.- Protección de calibre.
- 4.- Balero sellado.
- 5.- Balero sellado y protección de calibre.
- 6.- Chumacera sellada.
- 7.- Chumacera sellada y protección de calibre.
- 8.- Para perforación direccional.
- 9.- Otras.

Así por ejemplo describimos algunos tipos de barrenas correspondientes a los tres dígitos.

517 Barrena de insertos para formación blanda, Suave, Con chumacera sellada y protección de calibre.

121 Dientes fresados formación blanda. Suave. De toberas para lodo.

A continuación se presenta una descripción de los parámetros de operación de las diferentes barrenas en función de la litología.

I).- Barrenas para formaciones blandas.

Debe tomarse en cuenta que las barrenas para formaciones blandas requieren de solo una carga ó peso mínimo para que sus dientes largos y espaciados, efectúen su acción de rascado y triturado; Los factores limitantes de su rendimiento son la eficiencia hidráulica del equipo de perforación. Debe recordarse también que un factor muy importante en estas formaciones es la velocidad de rotación.

II).- Barrenas para formaciones medias-blandas.

Este tipo de barrenas tiene una estructura de corte capaz de resistir la mayor carga unitaria, para penetrar la formación y el desgaste por abrasión en el área de trabajo.

III).-Barrenas para formaciones medias-duras.

Este tipo de barrenas destruyen la formación por trituración con un mínimo de rascado, requieren cargas unitarias altas para exceder la resistencia a la compresión de la formación, por lo que generalmente son más abrasivas que las anteriores.

IV).-Barrenas para formaciones duras.

Este tipo de barrenas requiere los máximos niveles de energía para vencer la alta resistencia compresiva de las formaciones que contiene considerables cantidades de material abrasivo. La mecánica de perforación de estas

barrenas es básicamente por cincelamiento y necesitan la máxima protección de calibre.

LA OPERACIÓN DE LAS BARRENAS ESTA DEFINIDA POR TRES PARÁMETROS :

I.- Peso sobre la barrena (PSB)

II.- Velocidad de rotación (RPM)

III.- Hidráulica de perforación (HP)

A continuación se hablará brevemente sobre estos parámetros.

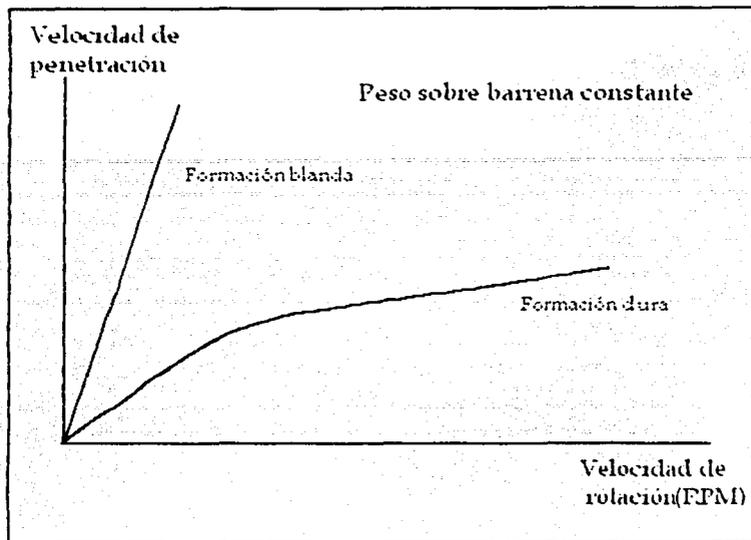
I.-Peso sobre la barrena.

Es la carga aplicada sobre la barrena por medio de la sarta de perforación, con el objeto de que esta penetre las capas rocosas, llamadas también formaciones. La penetración se logra cuando la carga aplicada sobre la barrena supera la resistencia de compresión de la formación en contacto con los dientes de la barrena.

La respuesta de la formación en relación con el peso de la barrena se puede medir a través de la velocidad de perforación con respecto con a la carga sobre la barrena.

II.- Velocidad de rotación

Se le llama generalmente "rotaria" y consiste en la cantidad de vueltas por minuto que la mesa rotaria trasmite a la sarta de perforación y esta a su vez a la barrena. (Fig. 4.5) .



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 4.6 Esquema que ilustra la variación de la velocidad de perforación con respecto a la velocidad de rotación, y se observa que la velocidad de perforación es directamente proporcional a la velocidad de rotación (RPM) en formaciones suaves, en formaciones duras el incremento en la velocidad de rotación, disminuye la velocidad de perforación en ciertos rangos.

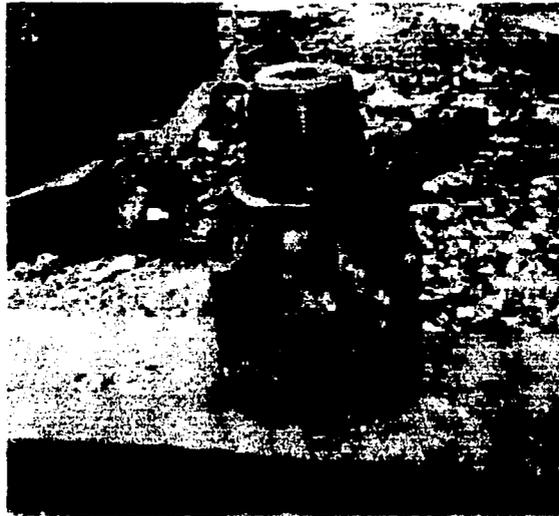
III.-Hidráulica de perforación.

La hidráulica de perforación es la distribución adecuada de la potencia útil desarrollada por la bomba del lodo. Para lograr este propósito, el técnico en perforación tiene que manejar y balancear los factores involucrados en este fenómeno, estos factores son:

- Peso específico y viscosidad del lodo.
- Gasto y presión máximos de bombeo.
- Diámetro de la barrena.

- Velocidad de perforación.
- Profundidad del pozo.
- Características geométricas de la sarta de perforación.

Para la perforación del pozo científico se ha determinado utilizar barrenas de tipo tricónicas con insertos de carburo de tungsteno para las etapas de perforación del agujero de 0.00 a 400.00 m y agrandamiento del mismo de 400.00 a 800.00 m (Fig.4.6)



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig.4.7 Esquema que muestra una barrena tricónica utilizada durante la primer etapa de perforación del pozo.

Estas barrenas tienen generalmente tres conos cortadores que giran sobre su propio eje, existen también de dientes fresados.

Las barrenas de conos por lo general de tres conos cortadores, poseen tres componentes importantes:

- a).- Las estructuras cortadoras.
- b).- Los sistemas de rodamientos (cojinetes ó chumaceras).
- c).- El cuerpo mismo de la barrena.

Las estructuras cortadoras ó conos están montados sobre cojinetes, ya sea de rodillos ó Chumaceras (llamadas también de fricción) cerca del cono ó de su propia base. Los cojinetes de esferas sirven para retener los conos en algunos casos para absorber cargas axiales y radiales.

**PROGRAMA DE PERFORACIÓN CON RECUPERACIÓN CONTINUA
DE NÚCLEOS EN EL CRÁTER DE IMPACTO CHICXULUB,
YUCATÁN, MÉXICO**

4.17.- LOCALIZACIÓN DEL CRÁTER .

4.18.- OBJETIVO DEL POZO.

4.19.- CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN EL EQUIPO .

4.20.- EQUIPO DE PERFORACIÓN SELECCIONADO.

4.21.- CONSTRUCCIÓN DEL CONTRAPOZO.

4.22.- PROGRAMA DE LODOS A UTILIZARSE.

4.23.- PROGRAMA DE CORTE Y RECUPERACIÓN DE NÚCLEOS.

**4.24.- INOVACIONES TÉCNICAS EN LA RECUPERACION
CONTINUA**

GENERALIDADES DEL CRÁTER .

4.17.- Localización del cráter.

El cráter se encuentra ubicado en las coordenadas ($22^{\circ} 30' N$) y ($90^{\circ} 30' W$) en el extremo límite de la península de Yucatán, y el pozo por perforar a 75 Km. aproximadamente al suroeste del centro del cráter entre los pozos Yucatán - 6 y el Ticul - 1 (PEMEX) (Fig. 4.8)

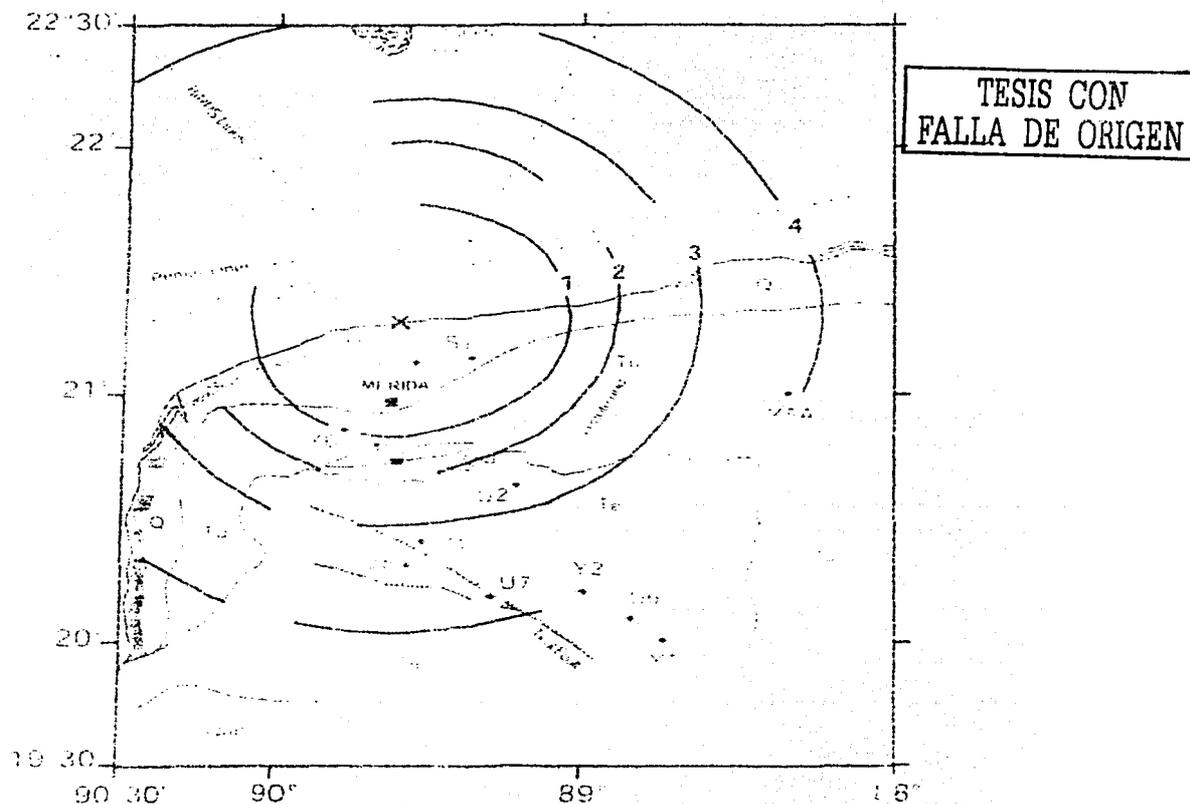


Fig.4.8 Diagrama esquemático del cráter de Chicxulub en la península de Yucatán.

4.18.- Objetivo del pozo científico.

En lo que respecta al objetivo del pozo en el cráter de Chicxulub es el de profundizar en las investigaciones que hasta el momento se tienen al respecto, mediante el corte y recuperación continua de una sección completa de rocas carbonatadas del terciario, así como de brechas generadas por el impacto del meteorito. Estas investigaciones están encaminadas a la integración y análisis de geodinámica interna.

Los estudios del cráter de Chicxulub que marcaron la transición del Mesozoico al Cenozoico (Cretácico-Terciario) representan una valiosa oportunidad para la ciencia mexicana.

Este es uno de los más importantes proyectos de investigación sobre el límite Cretácico-Terciario a nivel mundial, ya que destaca el primer programa de perforación profunda con fines científicos en nuestro país y que además cuenta con una amplia participación internacional, la cual es encabezada por investigadores mexicanos destacando la labor del Dr. Jaime Urrutia Fucugauchi director del Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). y director general del proyecto.

Se realizarán estudios en las rocas perturbadas por el impacto así como de aquellas que se generaron instantes después del mismo, esto se podrá conocer mediante la recuperación continua de núcleos que se tiene programada a partir de los 400.00 y hasta los 2500 m de profundidad de donde se obtendrá información directa acerca de los fenómenos generados por el impacto del meteorito, tanto en lo estructural como en lo mineralógico, y de esta manera tener un panorama más amplio para determinar la forma en que pudo afectar físicamente al planeta, en el clima, y en la evolución de las especies, conocer las características litológicas a profundidad de una sección completa en la zona de impacto que generó rocas fundidas y brechas, así como una sección completa perteneciente a los carbonatos del Cenozoico, obteniéndose colateralmente información acerca de la evolución del cráter y en conjunto la reconstrucción geológica de la península de Yucatán, su papel en la evolución geológica de México y sus conexiones paleogeográficas con otras masas continentales.

Otros aspectos de aplicación del presente programa son los relacionados a la geohidrología, (acuíferos e intrusión salina profunda) en la región, conocimiento del subsuelo(estructura, estratigrafía, y tectónica) y los recursos energéticos .

4.19.- Criterios para la selección del equipo.

Disponibilidad de la potencia hidráulica

Potencia hidráulica necesaria para obtener velocidades de fluido en las toberas.

Potencia necesaria para la operación combinada de las bombas de los lodos y la mesa rotaria .

Capacidad máxima de carga del equipo

Carga máxima de trabajo en condiciones operativas del equipo.

Disponibilidad de la velocidad de rotación.

Rangos apropiados de velocidad de rotación requeridos, dependiendo de las formaciones esperadas.

Equipo para el manejo y control del fluido.

Tanques de asentamiento adecuados, bombas de mezclado del lodo y productos químicos, así como el equipó necesario para la remoción de los sólidos y su control .

4.20.- Equipo de perforación seleccionado.

Tomando en cuenta los criterios para la selección del equipo mencionados, se decidió seleccionar al **PIT-EP-007** , con una capacidad de 450 H.P. 250 TN. de carga máxima, y una velocidad de rotación de 200 RPM propiedad de la empresa **Perforaciones Industriales Térmicas S.A de C.V.** (Fig. 4.9)

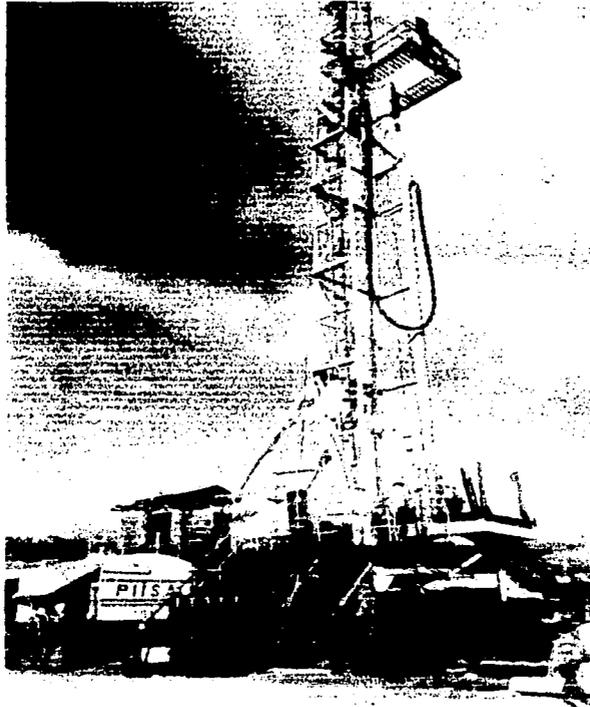


Fig. 4.9 Imagen que muestra parte del equipo seleccionado para llevar a cabo los trabajos de perforación.

Con las características del equipo se podrá llegar sin ningún problema a la profundidad programada bajo los parámetros necesarios de operación. Este equipo es de tamaño mínimo necesario, con suficiente margen de carga a la tensión, y con la potencia requerida en las bombas. fue el que mejores condiciones de trabajo aportó para el buen desarrollo del proyecto, junto al equipo técnico de la empresa, la cual se encargó de los servicios inherentes a la perforación como son: Acarreo de materiales, cementación, fluidos, herramientas, etc. y todo lo concerniente a la logística de la perforación.

4.21.- Construcción del contrapozo

Este se construirá de acuerdo a la altura de la mesa rotaria permitiendo la

libre instalación y operación del equipo de control superficial requerido, las dimensiones que tendrá en el terreno serán: 3.0 m. largo por 2.0 m. ancho por 1.7 m. profundo.

Por ser indispensable para llevar a cabo la preparación de lodos y otros usos, será necesario perforar un pozo artesiano para la obtención de agua dulce a una profundidad de 10.0 m.

4.22.-Programa de lodos a utilizarse durante la perforación .

Se preparará y acondicionará lodo bentonítico, base agua para las etapas de perforación, ampliación, corte y recuperación de núcleos .

Se adicionará al mismo de requerirse sosa cáustica para incrementar el PH, previamente a las corridas de las diferentes tuberías de revestimiento, se agregará , carbonato de sodio para evitar la contaminación por cemento durante la rebajada de los tapones, o de los tubos ahogados, después de las cementaciones.

4.23.- Equipo de corte y recuperación de núcleos.

Para lo relacionado al programa de corte y recuperación de núcleo continuo, se integrará el equipo de corte **WL- HYBRID CORINGS SYSTEM (DOSECC)** con sus complementos como bombas tríples, rotaría móvil, cilindro alimentador, malacate, etc. al equipo principal..

Este equipo opera con alta tecnología en cuanto a la recuperación de núcleos, sus sistemas son operados electrónicamente, y sus parámetros operacionales de los más revolucionados.

Es bueno mencionar que como resultado de la operación de los dos equipos, se genera un equipo híbrido producto de la adaptación de las herramientas que conforman a cada uno , de tal manera que uno no podría operar sin el otro para la finalidad de este proyecto, uno para la recuperación continua y otro como soporte para las operaciones concernientes a la perforación. Durante la etapa de corte y recuperación de núcleos se acondicionará, el lodo según las características litológicas encontradas empleando viscosificante polimérico.

Programa de corte y recuperación de núcleos.

Al terminar la etapa de perforación con barrena de 12 1/4 " a partir de los 400.00 m. perforados, con la tubería de revestimiento de 9 5/8 " cementada, se utilizará el equipo y accesorios **HYBRID CORING SYSTEM (DOSECC)** acoplado al equipo **PIT-EP-007** para iniciar con el programa de corte y recuperación de núcleo continuo, hasta la profundidad programada, utilizando como guía la tubería de revestimiento de 7", J-55 de 17.0 lb/ft rosca LTC que se colgará dentro del cabezal de revestimiento de 9 5/8 " .

4.24.-INNOVACIONES TÉCNICAS EN LA RECUPERACIÓN CONTINUA

Por lo que respecta a la tecnología del equipo (DOSECC) a continuación se mencionan las partes mas importantes, su funcionamiento, y descripción .

Este sistema representa un avance significativo en las técnicas de recuperación continua en el mundo, esta integrado de la siguiente manera:

- 1.- UNION GIRATORIA
- 2.- BLOCK VIAJERO
- 3.- CABLE GUÍA
- 4.- TOP DRIVE(cilindro de alimentación)
- 5.- MECANISMO DE ROTACIÓN(rotaria)
- 6.- GUÍAS ARMADAS
- 7.- CUÑAS
- 8.- CABLE GUÍA A TENSIÓN
- 9.- BARRIL MUESTREADOR
- 10.- LINEA DE ACERO (cable muestreador)
- 11.- TUBERÍA DE PERFORACION
- 12.- CORONA
- 13.- BOMBAS DEL LODO
- 14.- MALACATE

De manera muy general esta es la integración de los elementos de operación del equipo, considerando que los dos primeros elementos forman parte del equipo de perforación principal.

El mecanismo de recuperación es capaz de adaptarse a una gran variedad de equipos de perforación (torres) y permite tener un ahorro considerable de tiempo en los viajes ya que, estos solo se realizan cuando es necesario el cambio de la corona, lo que se traduce en un notable ahorro económico.

Durante la recuperación del barril muestreador la tubería de perforación permanece en el agujero, recuperando el barril mediante línea ó cable muestreador.

El sistema de recuperación de núcleos es independiente y tiene una potencia de 450 H .P. El sistema hidráulico es accionado por disel y el mecanismo rotario tiene variación de velocidad y es manejado desde una consola de control digital, esto tiene como resultado un control preciso del peso aplicado sobre la corona y la velocidad de rotación aplicada a la sarta, así como del control exacto del tiempo de penetración.

Se monitorea el torque para las conexiones, la profundidad, y el intervalo de penetración. Todos los parámetros de operación están manejados desde un sistema digital, para tiempo real, graficado, monitoreado, y archivado en un banco de datos dentro del mismo sistema.

De igual manera se tiene integrado en el sistema corte y recuperación de núcleos, como se menciona anteriormente un malacate pequeño, con el cual se introduce el cable nucleador y se extrae el barril desde el fondo del pozo en coordinación con el malacate de equipo de perforación convencional.

A continuación se muestra un esquema detallado de la adaptación del equipo de recuperación de núcleos, y se da una breve explicación del funcionamiento del mismo (Fig.4.10)

ESQUEMA DE LOS ELEMENTOS QUE INTEGRAN EL EQUIPO DOSECC (Sistema Híbrido de Nucleado Continuo)

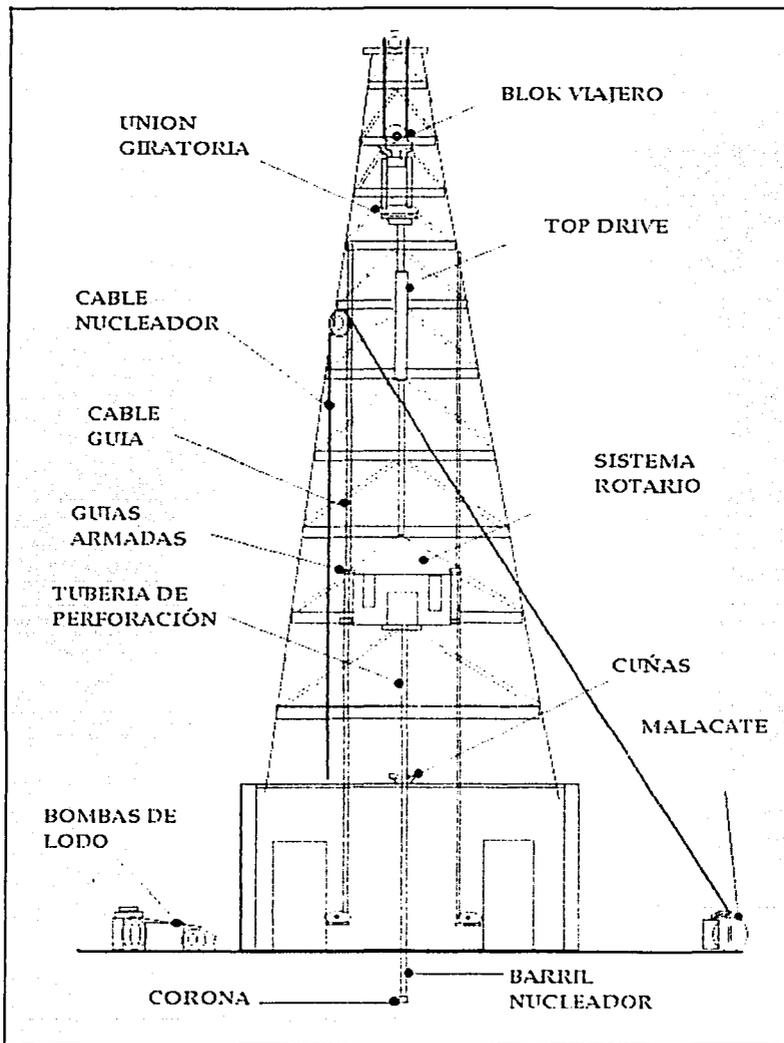


Fig 4.10

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Sistema híbrido de núcleo continuo.

El sistema de perforación híbrida con recuperación continua de núcleos, presenta un mecanismo rotatorio y un dispositivo de alimentación hidráulico ó top drive conectado a los elevadores de la torre de perforación (Fig 4.11)



(Fig.4.11) Imagen que muestra el equipo de corte y recuperación continua **HIBRYD CORING SYSTEM (DOSECC)** siendo instalado por los técnicos en el mástil del equipó de perforación, **PIT-EP-007**. La instalación se llevo mediante la adaptación de algunas de sus partes a la torre de perforación.

Básicamente se puede observar el sistema rotario del equipo de corte, así como el sistema hidráulico y electrónico.

Es importante señalar que de esté tipos equipos utilizados para recuperación continua, existen solo dos en el mundo, con lo que se permite a los investigadores y técnicos mexicanos trabajar con tecnología de punta en este campo, pues como se mencionó anteriormente el sistema es innovador ya que permite realizar la operación de recuperación continua, al

mínimo de tiempo y como consecuencia de esto optimizando los costos de esta operación, la cual resultaba ser una de las más costosas en el ámbito petrolero, y mediante el interés que la comunidad científica ha puesto en el subsuelo continental, como único medio de encontrar las respuestas a las interrogantes del origen y evolución de nuestro planeta, las técnicas para la recuperación de muestras rocosas, ha evolucionado en gran medida, haciendo posible y económica la operación.

Nucleado por cable

El nucleado por cable es una técnica innovadora que ha sido desarrollada y perfeccionada por la industria minera, que ha combinado la capacidad de corte del diamante, con bajo peso sobre barrena (corona) y relativa baja velocidad de rotación, esto tiene como resultado, una recuperación continua de gran calidad.

Esta combinaciones representan una gran mejoría en la recuperación de núcleos, en comparación con los sistemas de recuperación convencionales.

PROCESO DE RECUPERACIÓN CONTINUA CON EL SISTEMA DOSECC.

A continuación se dará una breve explicación sobre el proceso para llevar un núcleo a la superficie.

En primer término se procede a llevar a cabo la conexión de un tramo de tubería en la sarta de perforación, una vez hecha la conexión se da movimiento a la sarta a través de la rotaria, para que la corona actúe con el efecto de corte sobre la roca, mientras el agujero es perforado, la roca que va siendo cortada , se introduce en el interior del barril nucleador, cuando el tramo conectado a penetrado la profundidad correspondiente medida, la cual es equivalente a la longitud del barril nucleador, entonces se procede a recuperarlo mediante el cable , (utilizando el malacate DOSECC) y un dispositivo de conexión mecánica que opera por gravedad, conectando al barril por la parte superior. (FIG.4.12, 4.13)

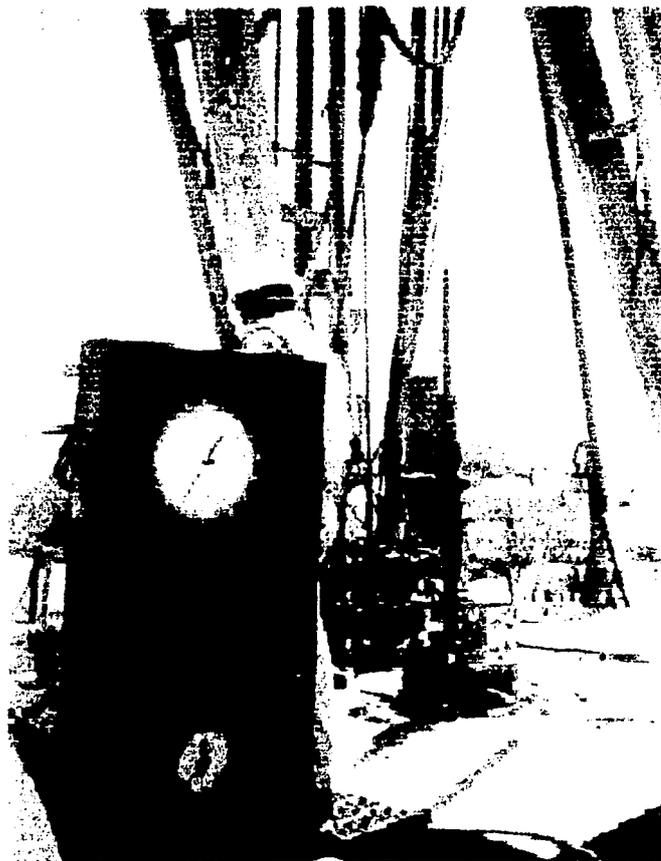


FIG. 4.12 Imagen que muestra el momento en el cual es extraído mediante el cable un barril muestreador

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

FIG.4.13 Imagen que muestra el momento preciso en el cual el barril aparece en la superficie

Este sistema es el que elimina los trabajos por viaje en la recuperación del barril, y permite que las tuberías de perforación se mantengan en el fondo del agujero, durante el tiempo de vida de cada corona.(FIG.4.13)



(FIG.4.14) Imagen que muestra dos coronas de diferente diámetro, utilizadas en el corte de los núcleos, la estructura de corte es formada por incrustaciones de diamante en metal de alta resistencia.

Ya en la superficie el barril es desconectado, y es lanzado inmediatamente un nuevo barril, que se ha preparado con anticipación, el cual se deja caer actuando únicamente la fuerza de gravedad, el peso del barril, y el efecto de flotación como sistema de amortiguamiento y frenado en la caída del mismo.

mientras un nuevo barril cae, se procede a realizar la conexión de un nuevo tramo de tubería de perforación, terminando de esta manera un ciclo completo en la recuperación de un núcleo.

Núcleos.

Con respecto a los núcleos se ha determinado iniciar con un diámetro de núcleo de 63 mm el cual podrá ser recuperado por un barril de diámetro exterior de 76 mm y una longitud de 3.05 m ó 10 ft .

Iniciar con diámetro de núcleo de 63 mm permite que ante cualquier eventualidad que pudiera presentarse , pueda ser cambiado por uno de menor, de 35 mm ó de 47 mm .

Para esto se tiene programado que en el sitio de perforación se tengan almacenados todos los accesorios para un eventual cambio de diámetro en el agujero y por consiguiente en el núcleo, y de esta manera evitar pérdidas económicas.

Manejo de los núcleos

Una vez recuperado el barril nucleador se extrae el núcleo, mediante la mecánica adecuada para no perder la secuencia la secuencia de penetración

y con esto se documenten los datos incorrectamente, es decir no perder la cima y la base de núcleo, para la correcta secuencia en el documentado y empaquetado de los mismos .

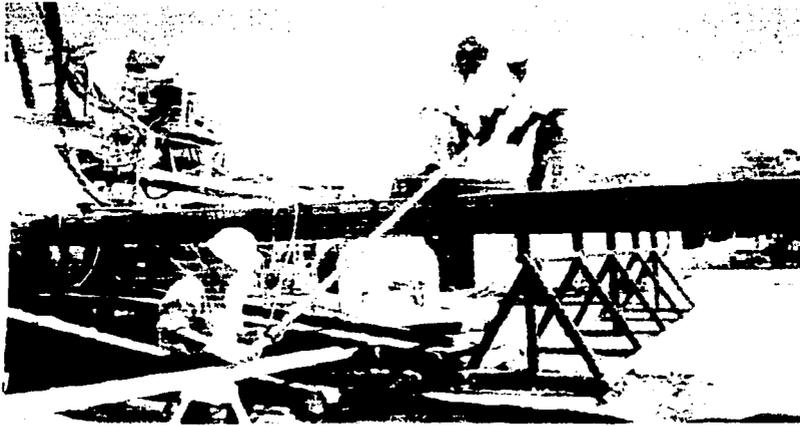


FIG. 4.15 Imagen que muestra el momento en el cual es extraído un núcleo y depositado en la base para su correcta codificación.

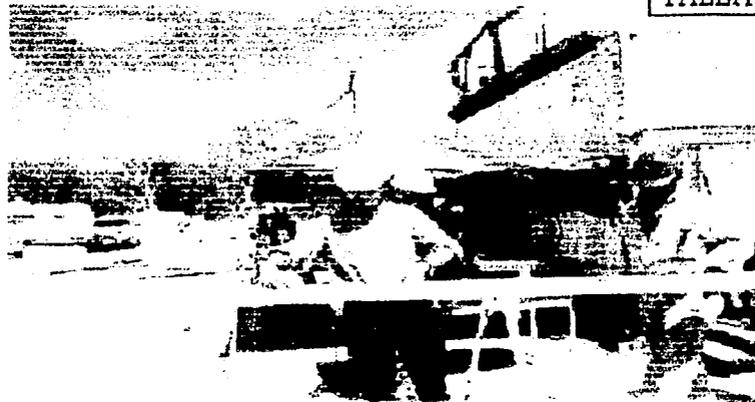
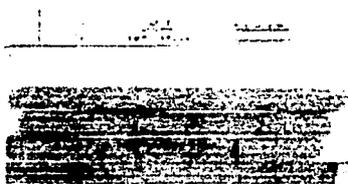


Fig. 4.16 Imagen que muestra la codificación de un núcleo.

Una vez depositado en la base metálica. "cama" de núcleo (Fig. 4.15 y 4.16) debe ser marcado con dos líneas de diferente color, diametralmente opuestas, con esto se asegura no perder la cima y la base del núcleo, se

mide la longitud del mismo, se lava con agua, y se seca, posteriormente se procede a guardarlo en cajas, que de igual manera, tienen una parte de inicio y una parte de termino, que representa la posición de como debe ser guardado el núcleo, en función de la cima y la base.

como un último sistema, de asegurar la cima y la base de cada recuperación de cada recuperación dentro de las cajas, cada núcleo debe ser separado, con una marca de color, de cartón, ó de cinta. (Fig.4.17)



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 4.17

En la carátula de cada caja pueden los siguientes datos:

Nombre del pozo.

No. de caja

Profundidad representativa del núcleo.

No. de caja en que está la cima del núcleo.

No. de caja en que está la base .

**SECUENCIA OPERATIVA PARA LA PERFORACIÓN, CORTE Y
RECUPERACIÓN CONTINUA DE NÚCLEO. EN EL CRÁTER DE
IMPACTO DE CHICXULUB, YUCATAN MÉXICO.**

- 1.-PERFORACIÓN PARA EL CONDUCTOR SUPERFICIAL
(1a. ETAPA)**
- 2.- PERFORACIÓN DE LA ETAPA DE ANCLAJE. (2a ETEPA)**
- 3.- PERFORACIÓN DE LA ETAPA INTERMEDIA. (3a ETAPA)**
- 4.- PROGRAMA DE CORRIDAS DE TUBERÍAS DE REV. Y
CEMENTACIONES.**
- 5.-PROGRAMA DE LODOS POR ETAPA.**
- 6.- PROGRAMAS DE BARRENAS.**
- 7.- PROGRAMAS DE SARTAS A UTILIZAR.**
- 8.- PROGRAMA HIDRÁULICO POR ETAPA.**
- 9.- SELECCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL.**
- 10.- PROGRAMA MECÁNICO DEL POZO.**
- 11.- ESQUEMAS Y CRÓQUIS DEL POZO**

1.- PERFORACIÓN PARA EL CONDUCTOR SUPERFICIAL (1a ETAPA)

Después de terminar con la excavación del contrapozo, el equipo señalado, y probado al 100% se armará barrena de 17 1/2 " de diámetro y sarta, iniciando perforación hasta la profundidad de 10.0 m suspenderá, circulará, y procederá a bajar tramo de tubería de revestimiento de 13 3/8 " D. N. de 54 lb/ft, grado K-55 rosca butress, procediendo a cementarlo volumétricamente, bombeando 0.65 m³ de lechada de cemento, el cual se desplazará bombeando 0.62 m³ de lodo, terminará operación quedando la tubería cementada, el tiempo de fraguado será de acuerdo a las condiciones de los testigos recuperados, para continuar con la siguiente etapa.

2.- PERFORACIÓN DE LA ETAPA DE ANCLAJE (2a ETAPA)

Iniciará operación armando barrena de 12 1/4 " de diámetro y sarta estabilizada, rebajar zapata de cemento en el interior de la tubería, reanudando la perforación hasta los 400.00 m de profundidad obturando todos los intervalos de perdidas de circulación totales ó parciales, con obturantes ó mediante la colocación de tapones de cemento, con la finalidad de asegurar la corrida y la cementación de la tubería de revestimiento de 9 5/8 " D. N. que es en donde se instalará el equipo de control superficial, para continuar con la profundización y el programa de corte de núcleos.

Concluida la profundidad programada, suspenderá operación circulará el fondo cuando menos dos tiempos de atraso para limpieza del agujero, y acondicionamiento del lodo, efectuar preparativos, viaje de reconocimiento a fondo perforado, correr la tubería de revestimiento de 9 5/8 " de 32.3 lb/ft, grado K-55, rosca STC, a la profundidad de 400.00 m instalando a está previamente una zapata flotadora de 9 5/8 " de diámetro con las mismas características de 32.3 lb/ft, K-55 rosca STC en el extremo inferior del primer tramo, así como un cople flotador de 9 5/8 " de diámetro con las mismas características de operación entre el primero y el segundo tramos, durante la corrida llenar interior de tubería en tres estaciones, para evitar la flotación. Al llegar a la zapata flotadora a la profundidad de 400,00 m

circular y efectuar preparativos para cementar volumétricamente, bombeando un volumen de 14.0 m³ de lechada de cemento, soltar tapón y desplazar con 39 m³ de lodo, terminar operación quedando tubería en tiempo de fraguado, según las condiciones de los testigos recuperados.

Transcurrido el tiempo de fraguado, proceder a la instalación del equipo superficial de control del pozo, soldando el cabezal a la tubería de revestimiento de 9 5/8 " cementada, el cabezal deberá tener preparación interior para alojar las cuñas colgadoras para la tubería de revestimiento de 5 " de diámetro que se colgará y se utilizará como guía durante la etapa de corte de núcleos, para la sarta de esta operación.

- a).- El objetivo de la tubería de 9 5/8 " D. N. es la instalación definitiva del equipo de control superficial.
- b).- Continuar con la profundización para el corte y recuperación de núcleos, de la etapa intermedia y profunda.
- c).- Asegurar los viajes redondos a profundidad de sarta para los trabajos de corte de núcleos.

Posteriormente se colocará juego de preventores QR 10 serie 900 de arietes, anular y ciego, preventor esférico 12" -3000 probando operación de los mismos.

Armar barrena de 8 1/2 " D.N. y sarta lisa, bajará circulando hasta la profundidad aproximada de 385.0 m en donde se verificará la ubicación de los tapones, se procederá a rebajar los mismos, el cople flotador, cemento del interior del tubo ahogado, la zapata flotadora, perforando hasta 401. 00 m , suspenderá operación circular para limpieza de agujero, levantar sarta a la superficie, efectuar trabajos relativos para etapa de corte y recuperación de núcleos.

Instalar el equipo y sus componentes, utilizando como base el mástil y subestructura de perforación PIT-EP-007, para la etapa de corte y recuperación de núcleos.

3.- PERFORACIÓN DE LA ETAPA INTERMEDIA (3a ETAPA)

Efectuar maniobras diversas de acondicionamiento para la instalación en el equipo de perforación de los componentes y el conjunto de herramientas de corte y recuperación de núcleos, consistentes en el top-drive con accesorios diversos.

Armar corona de 4 " de diámetro, barril muetreador, y sarta, bajar a fondo perforado hasta 400.00 m (fondo ampliado 385.00 m rebajando tapones y zapata, en la etapa anterior a 8 1/2 " de diámetro) e iniciar la perforación con recuperación de núcleos continuamente, hasta la profundidad de 800.00 m al terminar etapa, suspender operación levantar sarta para corte y recuperación de núcleos a la superficie en donde se eliminará.

Armar barrena de 8 1/2 " de diámetro con sarta estabilizada bajar a 400.00 m (fondo ampliado con misma barrena) e iniciar la ampliación de intervalo nucleado hasta la profundidad de 800.00 m en la circunstancia que durante la ampliación se presentarán perdidas de circulación parciales ó totales, éstas se controlarán con obturantes granulares acondicionando el lodo con altas viscosidades ó mediante la colocación de tapones de cemento.

Terminada la etapa se iniciará viaje de reconocimiento acondicionando el lodo, se efectuarán preparativos diversos y correrá tubería de revestimiento de 7 " D.N. de 17.0 lb/ft, grado J-55, colocando previa zapata flotadora de 7 " de diámetro , de 17.0 lb/ft , J-55 en la parte inferior del primer tramo el cople flotador de 7 " de diámetro, J-55 de 17.0 bl/ft entre el primer y el segundo tramos , así mismo se conectará el colgador mecánico de 9 5/8 " x 7 " de diámetro con accesorios para cementar y continuar bajando hasta quedar la zapata a 800.00 m se procederá a la cementación de la misma, bombeando 11.5 m³ de lechada de cemento, operará tuerca soltadora, sacará sarta soltadora a la superficie los eliminará y esperar tiempo de fraguado según los testigos recuperados.

De acuerdo a las condiciones litológicas de la etapa anterior se decidirá corre y colgar en el cabezal la tubería de 5 " de diámetro para continuar con el programa de corte y recuperación de núcleos.

Armar corona de 4" de diámetro, barril muestreador y sarta , bajar hasta 800.00 m (fondo ampliado a 8 1/2 " de diámetro) y reiniciar a cortar y recuperar núcleo en forma continua hasta alcanzar la profundidad programada de 2500.00 m utilizando como conductora la tubería de revestimiento de 5 " de diámetro (ó a la profundidad que se determine.

4.-PROGRAMA DE CORRIDAS Y CEMENTACIONES DE LAS TUBERÍAS DE REVESTIMIENTO:

Tubería Rev.	Diámetro (pg)	Grado	Peso (lb/ft)	Prof. (m)
Superficial	13 3/8	K-55	54.5	10.0
Anclaje	9 5/8	J-55	32.3	400.0
Intermedia	7	J-55	17.0	800.0

1°. Corrida e instalación de tubería de revestimiento conductora superficial de 13 3/8" diámetro, grado K-55, rosca buttress, 54.5 lb/ft, que se bajará y cementara a 10.0 m con 0.65 m³ de lechada de cemento.

Accesorios a utilizar en la etapa:

barrena 17 1/2" diámetro, tipo IADC 5-1-7 ó 5-2-7

2°. Corrida e instalación de la tubería de revestimiento 9 5/8" diámetro, grado J-55, rosca estándar, 32.3 lb/ft, que se bajará y cementará a 400.0 m con 14.0 m³ de lechada de cemento.

Accesorios a utilizar en la etapa :

- a) 3 barrenas 12 1/4" diámetro, tipo 3-1-1
- b) Zapata flotadora y cople flotador 9 5/8" diámetro, grado K-55, 32.3 lb/ft
- c) Juego de tapones 9 5/8" diámetro, limpiador y desplazamiento.
- d) 4 centradores normales de bisagra 9 5/8" x 12 1/4" diámetro.
- e) Cabezal de revestimiento 9 5/8" diámetro, con nido para cuñas T.R's de 5" de diámetro.

3°. Corrida e instalación de tubería de revestimiento de 7" diámetro intermedia, grado J-55, rosca estándar, 17.0 lb/ft, que se bajará y cementará con colgador mecánico. Dentro de la tubería de revestimiento de 9 5/8" diámetro, quedando la zapata flotadora a la profundidad aproximada de 800.0 m

Accesorios a utilizar en la etapa:

- a) Zapata flotadora y cople flotador 7" diámetro, grado J-55, 17.0 lb/ft
- b) Juego de tapones 7" diámetro.
- c) 5 barrenas 8 1/2" diámetro tipos IADC 5-1-7 ó 5-2-7
- d) Colgador mecánico 9 5/8" x 7" diámetro de cuña sencilla con accesorio para cementación.
- e) Soltador para operar colgador mecánico (recuperable).

4°. Corrida y colocación de la tubería de revestimiento 5" diámetro (como auxiliar conductora a profundidad durante el corte de núcleos) con longitud total de 750.0 m

5.- CARACTERÍSTICAS DE LOS LODOS POR ETAPA:

DIÁMETRO	INTERVALO	DENSIDAD	FILTRADO	VISCOSIDAD
17 ½"	0.00 - 10.0	1.02 - 1.04	5.0 - 7.0	55 - 60
12 ¼"	10.0 - 400.0	1.06 - 1.08	12.0 - 14.0	45 - 50
8 ½"	400.0 - 800.0	1.08 - 1.10	10.0 - 12.0	45 - 50

Se preparará y acondicionará lodo bentonítico, base agua durante las etapas de perforación, ampliación, corte y recuperación de núcleos. se adicionará al mismo de requerirse sosa cáustica, para incrementar el PH, previamente a las corridas de las diferentes tuberías de revestimiento, se agregará carbonato de calcio para evitar la contaminación por cemento durante la rebajada de los tapones, después de las cementaciones .

6.- PROGRAMA DE UTILIZACIÓN DE BARRENAS POR ETAPA:

E. DIAM	TIPO	TOB.	INTER VALO	P.S.B	ROT	PRES.	GAST.
1ª 17 1/2"	5-2-7	20/32"	0.00 - 10.0	1-2	50-60	150.0	400.0
2ª 12 1/4 "	3-1-1	15/32"	10.0 - 100.0	1-5	60-80	200.0	340.0
12 ¼"	3-1-1	15/32"	100.0 - 250.0	3-5	60-80	350.0	340.0
12 ¼"	3-1-1	15/32"	250.0 - 400.0	3-5	60-80	400.0	340.0
3ª 8 ½"	5-1-7	14/32"	400.0 - 470.0	6-9	70-90	650.0	360.0
8 ½"	5-1-7	14/32"	470.0 - 540.0	6-9	70-90	800.0	360.0
8 ½"	5-1-7	14/32"	540.0 - 610.0	6-9	70-90	900.0	360.0
8 ½"	5-1-7	14/32"	610.0 - 680.0	6-9	70-90	900.0	360.0
8 ½"	5-1-7	14/32"	680.0 - 800.0	6-9	70-90	900.0	360.0

7.- PROGRAMA DE SARTAS DE PERFORACIÓN

TERCERA ETAPA 8 1/2" DIÁM.
INTERVALO: 400.0 A 800.0 m

SECCIÓN	DIÁM	LONG	CLASIF.	PESO	AIRE	FLOT	ACUMUL
1	8 1/2"	0.35	BARRENA	38.0	38.0	30.45	30.45
2	8 1/2" X 6 1/2"	1.10	P/BNA.EST	155.0	170.50	148.34	178.99
3	6 1/2"	9.50	D.C.	124.0	234.0	377.58	556.37
4	8 1/2" X 6 1/2"	1.10	ESTABIL.	155.0	170.50	148.34	178.79
5	6 1/2" X 4 1/2"	74.40	D.C.	124.0	9,225.56	7,924.79	8,103.58
6	6 1/2" X 4 1/2"	0.93	COMBIN.	60.0	58.80	51.16	8,174.54
7	4 1/2"	712.52	T.P.	24.7	21, 304.24	18,300.0	26,528.34
TOTAL*		800.00					

*Las profundidades programadas se ajustarán con el Kelly

8.- PROGRAMA HIDRÁULICO DEL POZO POR ETAPA.

EQUIPO /SARTA: BOMBAS: TIPO DUPLEX
 MODELO: MM-300
 MARCA: IDECO
 ESPEC. : 7 1/4" X 12" X 2"
 POTENCIA: 250 H.P. C/U
 GASTOS: CAMISAS 6 1/2" MÁX. 428 GPM (65 EPM)
 CAMISAS 6 1/2" MÍN. 362 GPM (55 EPM)

CAMISAS 7 ¼" MÁX. 536 GPM (65 EPM)
CAMISAS 7 ¼" MÍN. 454 GPM (55 EPM)

- SARTAS: 1a. ETAPA, AG. 17 ½" DIÁM (BARRENA 17 ½" IADC 5-2-7)
D.C. 8" DIAM 224 kg/m, 6 5/8 REG. 2.812" LI).
T.P. 4 ½", 24.7 kg/m, 4 IF. 3.816" I.D.
- 2a. ETAPA, AG. 12 ¼" DIÁM (BARRENA 12 ¼" IADC 3-1-1)
D.C. 8" DIÁM, 224 kg/m, 6 5/8 REG. 2.812" I. D.
D.C. 6 ½" DIÁM, 124 kg/m, 4 IF, 2.812 " I.D.
T.P. 4 ½" DIÁM, 24.7 kg/m 4 IF, 3.816" I.D.
- 3a. ETAPA, AG. 8 ½" DIÁM (BARRENA 8 ½" DIÁM IADC 5-2-7)
D.C. 6 ½" DIÁM , 124 kg/m, 4 IF, 2.812" I.D.
T.P. 4 ½" DIÁM, 24.7 kg/m, 4 IF, 3.816" I.D.

PROGRAMA HIDRÁULICO DEL POZO POR ETAPA

DATOS DEL POZO		HIDRÁULICA RECOMENDADA	
PROFUNDIDAD PROGRAMADA	10.0 m	DIAM. DE TOBERAS	20-20-20
DIÁMETRO DEL AGUJERO	17.5	T.F.A.	0.9204 g2
PESO DEL LODO	8.75 lb/gal	PRESIÓN DE BOMBA	150 lb/pg2
VISCOSIDAD PLÁSTICA	14.0 c p	GASTO MAX	400 gpm
PUNTO DE CEDENCIA	10.0 lb/100 ft2	HHP/pg2 EN BARRENA	0.4984

DATOS HIDRÁULICOS

GASTO EN DIÁMETRO DEL POZO	34.3 GPM/pg
CAÍDA DE PRESIÓN EN EL SISTEMA	137.0 lb/pg ²
CAÍDA DE PRESIÓN EN TOBERAS DE LA BARRENA	342 lb/pg ²
CAÍDA DE PRESIÓN EN EL ESPACIO ANULAR	0.1675 lb/pg ²
CAÍDA DE PRESIÓN EN TOBERAS (% DE PRESIÓN DISPONIBLE)	71.4%
POTENCIA HIDRÁULICA DE SALIDA DE LAS BOMBAS	168 HHP
POTENCIA HIDRÁULICA DE LA BARRENA	120 HHP
VELOCIDAD TOBERAS	209 ft/sec
FUERZA DE IMPACTO DE CHORRO	568 lb
FUERZA DE IMPACTO EN ÁREA DEL FONDO DEL POZO	2.36 psi
PRESIÓN HIDROSTÁTICA	89.5 lb/pg ²
DENSIDAD EQUIVALENTE DE CIRCULACIÓN	8.77 lb/gal
VEL. DE DESLIZ DE LOS RECORTES (tamaño recorte=0.30 pg)	57.4 ft/min
LONG. EQUIV. DE LAS INSTALACIONES SUP	100 ft/3.0 pg
PESO DISPONIBLE DE LASTRABARRENAS (FLOTADO)	4,023.8 lb

DATOS DE LA SARTA DE PERFORACIÓN Y DE LA VELOCIDAD ANULAR

PROF. VIAJE DEL RECORTE	DIAM CRIT.	LONG.	DIAM AG.	VEL. PROM.	VEL. ESTAT.	VEL. ANULAR	TIPO FLUJO
0.0 A 10.0	8"	10.0	17.5	51.0	6.0	219	LAMIN.

DATOS DE LA SARTA DE PERFORACIÓN Y DE LA VELOCIDAD ANULAR

DATOS DEL POZO		HIDRÁULICA RECOMENDADA	
PROF. PROGRAMADA	400.0 m	DIAM. DE TOBERAS	15-15-15
DIÁMETRO DE AGUJERO	12.25 pg.	T.F.A.	0.4955 pg ²
PESO DEL LODO	9.16 lb/gal	PRESIÓN DE BOMBA	850 lb/pg ²
VISCOSIDAD PLÁSTICA	14.0 cp	GASTO MÁXIMO	350 gpm
PUNTO DE CEDENCIA	12.0 lb/100 ft ²	HHP/pg ² EN BARRENA	2.000

DATOS HIDRÁULICOS

GASTO EN DIÁMETRO DEL POZO	40.3 GPM/pg
CAÍDA DE PRESIÓN EN EL SISTEMA	315.0 lb/pg ²
CAÍDA DE PRESIÓN EN TOBERAS DE LA BARRENA	825 lb/pg ²
CAÍDA DE PRESIÓN EN EL ESPACIO ANULAR	5.370 lb/pg ²
CAÍDA DE PRESIÓN EN TOB. (% DE PRESIÓN DISP.)	72.4 %
POTENCIA HIDRÁULICA DE SALIDA DE LAS BOMBAS	326 HHP
POTENCIA HIDRÁULICA DE LA BARRENA	236 HHP
VELOCIDAD EN TOBERAS	317 ft/sec
FUERZA DE IMPACTO DE CHORRO	737 lb
FUERZA DE IMPACTO EN ÁREA DEL FONDO DEL POZO	6.25 psi
PRESIÓN HIDROSTÁTICA	858 lb/pg ²
DENSIDAD EQUIVALENTE DE CIRCULACIÓN	9.22 lb/gal
VEL. DE DESLIZ. DE LOS RECORTES (tamaño recorte=0.30 pg)	55.2 ft/min
LONG. EQUIV. DE LAS INSTALACIONES SUP	100 ft /3.0 pg
PESO DISPONIBLE DE LASTRABARRENAS (FLOTADO)	31 567.8 lb

DATOS DE LA SARTA DE PERFORACIÓN Y DE LA VELOCIDAD ANULAR

PROF. VIAJE DEL RECORTE	DIAM. CRIT.	LONG.	DIAM.	VEL.PROM .	VR. ESTAT.	VEL. ANULAR	TIPO FLUJO
0.0-368.0	4.5"	368.0	12.25	86.5	31.0	238	LAMIN.
368.0-400.0	8"	31.66	12.25	93.0	38.0	239	LAMIN.

DATOS DE LA SARTA DE PERFORACIÓN Y DE LA VELOCIDAD ANULAR

DATOS DEL POZO		HIDRÁULICA RECOMENDADA	
PROFUNDIDAD PROGRAMADA	800.0m	DIAM. DE TOBERAS	14-14-14
DIÁMETRO DEL AGUJERO	8.50 pg.	T.F.A.	0.4510 pg2
PESO DEL LODO	9.16 lb/gal	PRESIÓN DE BOMBA	950 lb/pg2
VISCOSIDAD PLÁSTICA	64.0 cp	GASTO MÁXIMO	360 gpm
PUNTO DE CEDENCIA	14.0 lb/100 ft2	HHP/pg2 EN BARRENA	2.340

DATOS HIDRÁULICOS

GASTO EN DIÁMETRO DEL POZO	44.7 GPM/ pg
CAÍDA DE PRESIÓN EN EL SISTEMA	401.0 lb/ pg2
CAÍDA DE PRESIÓN EN TOBERAS DE LA BARRENA	599 lb/ pg2
CAÍDA DE PRESIÓN EN EL ESPACIO ANULAR	50.60 lb/ pg2
CAÍDA DE PRESIÓN EN TOB. (% DE PRESIÓN DISP.)	59.9 %°
POTENCIA HIDRÁULICA DE SALIDA DE LAS BOMBAS	222 HHP
POTENCIA HIDRÁULICA DE LA BARRENA	133 HHP
VELOCIDAD EN TOBERAS	270 ft/sec
FUERZA DE IMPACTO DE CHORRO	487 lb
FUERZA DE IMPACTO EN ÁREA DEL FONDO DEL POZO	8.58 psi
PRESIÓN HIDROSTÁTICA	1 996 lb/ pg2
DENSIDAD EQUIVALENTE DE CIRCULACIÓN	9.39 lb/ gal
VEL. DE DESL. DE LOS RECORTE. (tamaño recorte= 0.30 pg)	55.2 ft/ min
LONG. EQUIV. DE LAS INSTALACIONES SUP.	100 ft/3.0 pg pg
PESO DISPONIBLE DE LASTRABARRENAS (FLOTADO)	52 630.6 lb

DATOS DE LA SARTA DE PERFORACIÓN Y DE LA VELOCIDAD ANULAR

PROF. VIAJE DEL RECORTE	DIÁM CRIT.	LONG.	DIÁM. AG.	VEL. PROM	VEL. ESTAT.	VEL. ANULAR	TIPO FLUJO
0.0-712.0	4.5"	712.0	8.50	169.0	114.0	272.0	LAMIN.
712.0-800.0	6.5"	87.03	8.50	179.0	124.0	273.0	LAMIN.

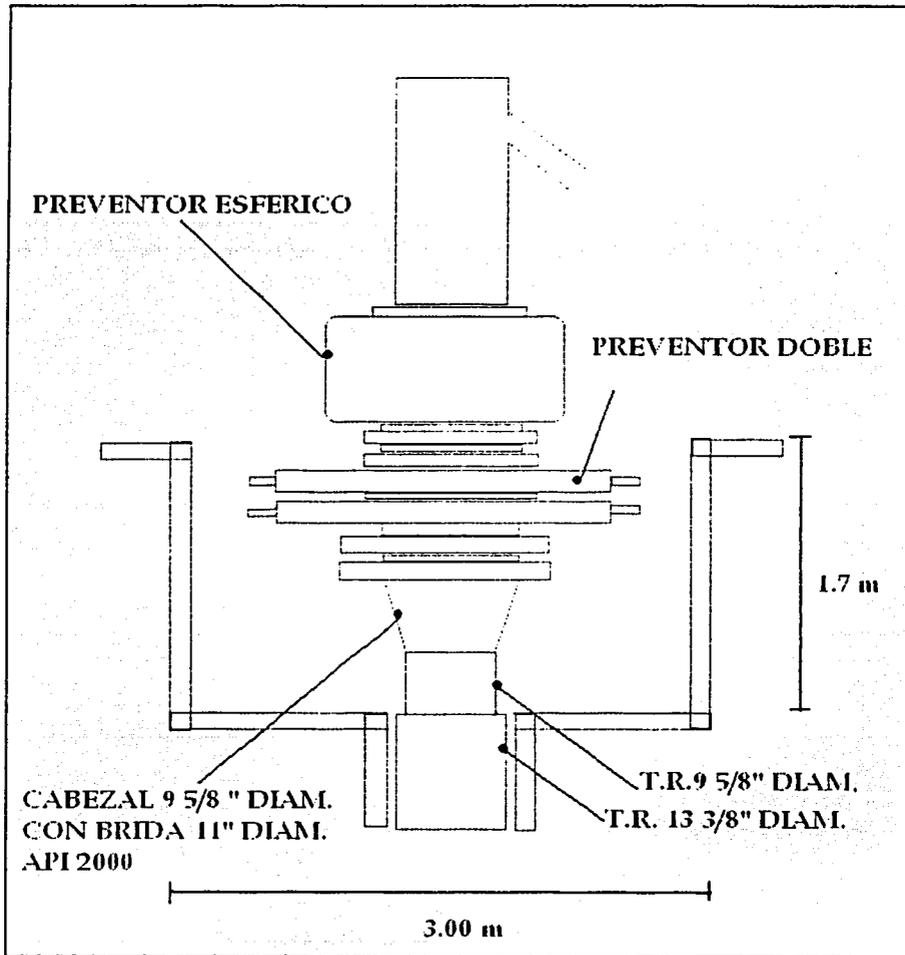
9.- INSTALACIONES SUPERFICIALES DE CONTROL

Las instalaciones superficiales de control son los elementos de seguridad que nos permiten llevar a cabo el cierre del pozo, evitando con esto que se presenten problemas en la superficie. Los elementos que para este tipo de operación se utilizan son los preventores. Existen diferentes tipos de ellos entre los que podemos mencionar :

- a).- Preventor sencillo.
- b).- Preventor doble.
- c).- Preventor anular.
- d).- Preventor de compuerta.
- e).- Preventor esférico.

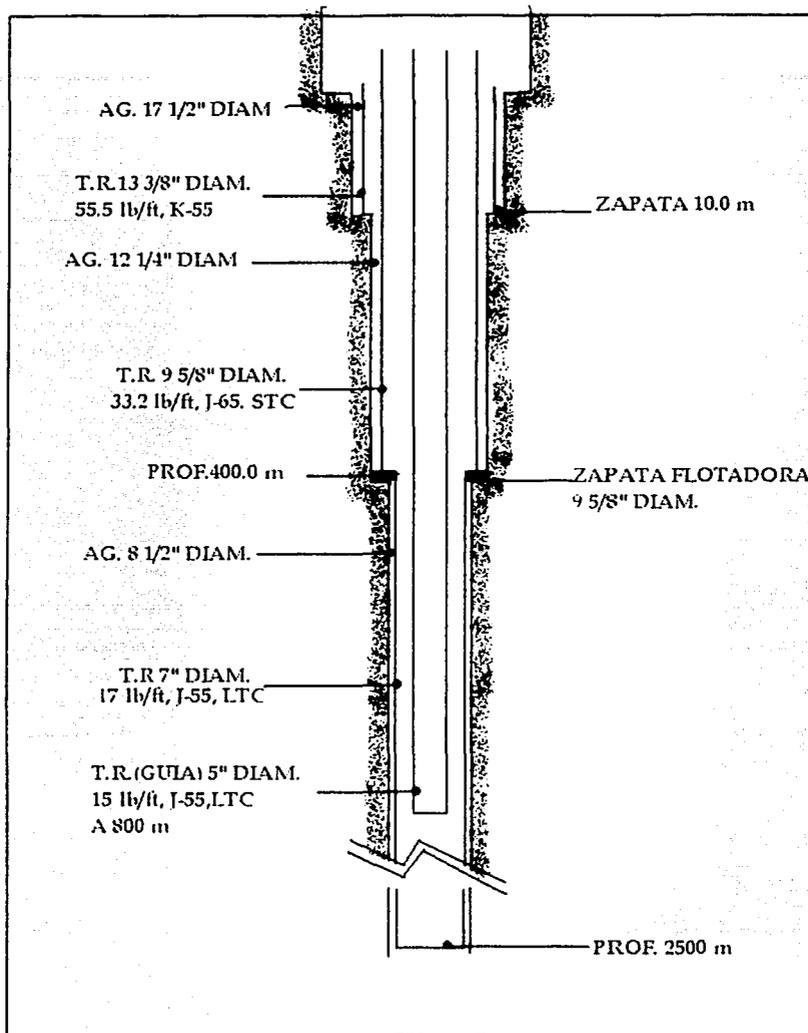
Los preventores a utilizar en el pozo serán dos uno de tipo esférico, y otro doble, este último es un QRC 2000.

DIAGRAMA PROPUESTO DE INSTALACIÓN DE CABEZAL 9 5/8" DIAM. Y EQUIPO DE CONTROL SUPERFICIAL POZO YAX-1



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

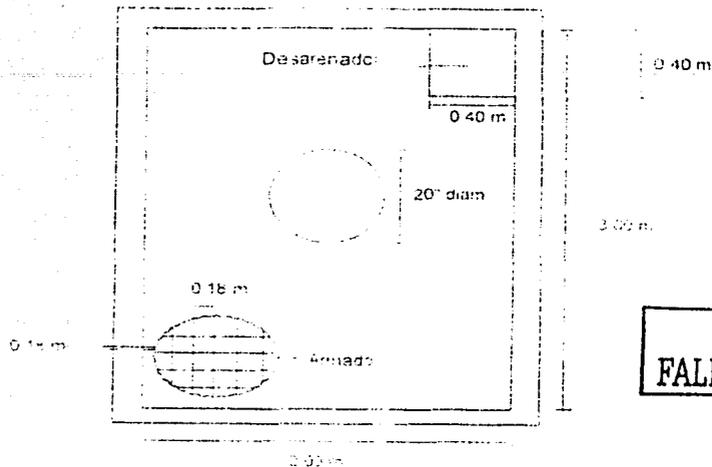
10.-DIAGRAMA MECÁNICO DEL POZO YAX-I



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

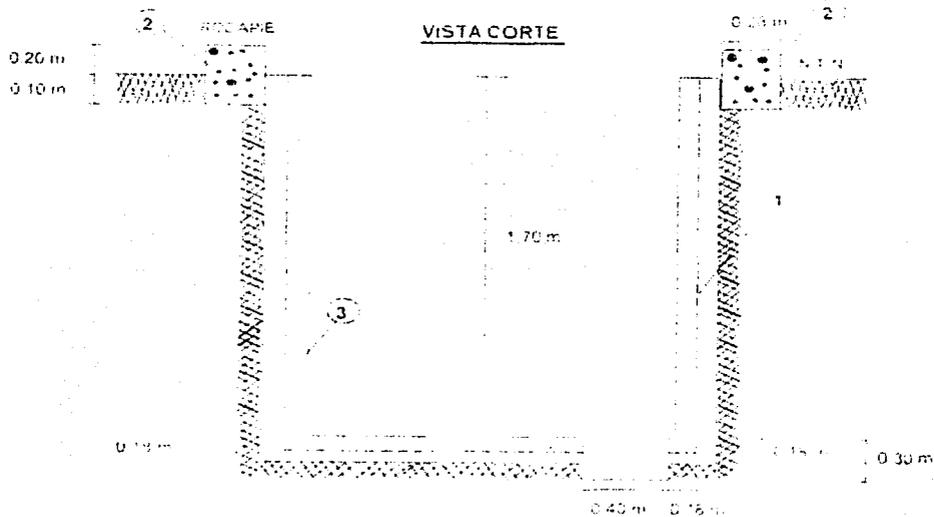
11.- ESQUEMAS Y CRÓQUIS DEL POZO YAX-1

VISTA PLANTA



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

VISTA CORTE

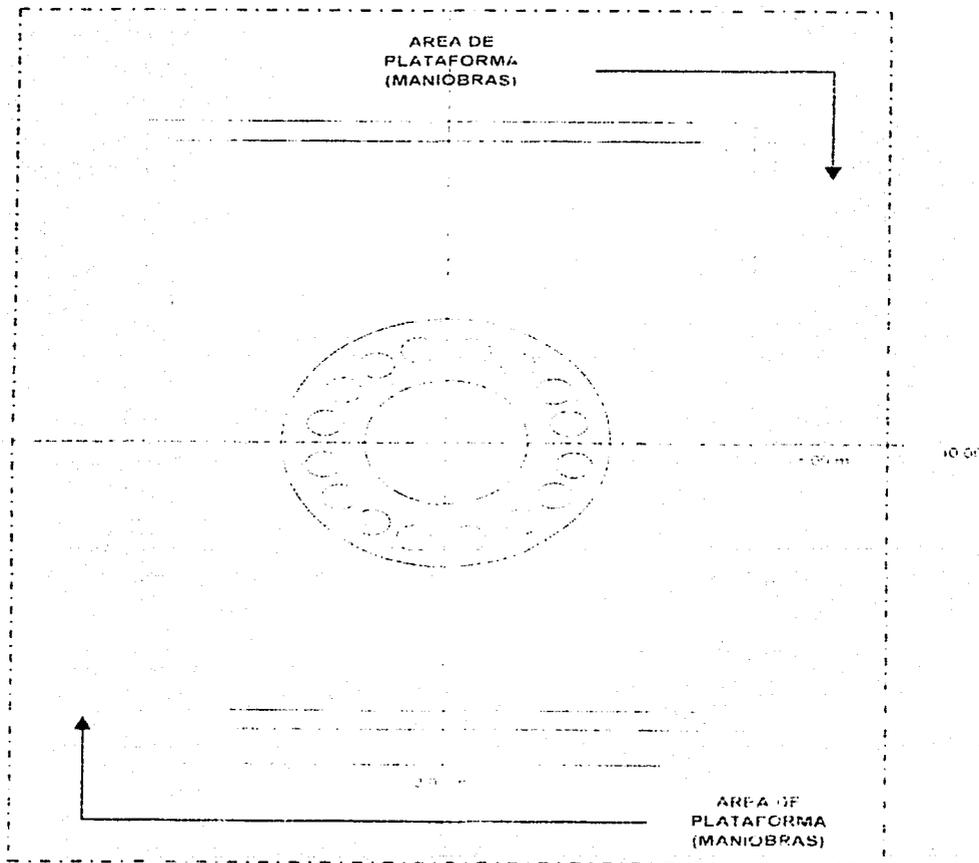


1. VARILLA CORRUGADA A R. DE 9.52 mm DIAM.
2. RODAPIE DE CEMENTO DE 0.28 m x 0.30 m CON APLANADO FINO DE CEMENTO.
3. CONCRETO, CON RESISTENCIA A LA COMPRESION DE $F_{c'} = 200 \text{ kg/cm}^2$.

DETALLE DE BRIDA DE CABEZAL 9 5/8" DIAM.
VISTA DE PLANTA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

VISTA DE PLANTA



CAPITULO V

DISCUSION Y CONCLUSIONES.

Los estudios sobre el cráter de Chicxulub en la península de Yucatán, han atraído la atención de los principales grupos de investigación científica ocupados en temas tan diversos, como la extinción de organismos, evolución de la vida, impactos de cometas y asteroides, evolución tectónica, geohidrología en ambientes carbonatados, cambios climáticos globales, paleontología, etc. El cráter de Chicxulub ha sido relacionado a una las grandes catástrofes ocurridas en la historias de la Tierra, que ocasionó la desaparición de más de 60% de las especies entre ellas los dinosaurios y las amonitas y que marco el fin de la era Mesozoica y el inicio de la Cenozoica.

Este cráter que marca la transición entre dos periodos representa un laboratorio natural de gran importancia para el mundo en ciencias de la Tierra y una gran oportunidad para la ciencia mexicana por sus condiciones inmejorables de conservación ya que se encuentra sepultado por una capa de carbonatos Terciarios.

5.1- Controversias al impacto y la extinción de organismos.

Los investigadores han documentado algunos aspectos controversiales en la teoría de impacto y sus relaciones con los eventos del Cretácico-Terciario. Esto es un aspecto fundamental que caracteriza a la investigación; es decir, las teorías son sujetas a escrutinio, en que se analizan la base de datos, las predicciones e implicaciones y se discuten posibles teorías alternativas (Officer et al. 1987; Hallam, 1987; Courtillot, 1988)

La documentación de los eventos asociados al fin del Cretácico, ha sido particularmente difícil, ya que se ha requerido de una solución temporal y espacial mayor a la disponible en la mayoría de los métodos tradicionales en

geofísica y geología. En los métodos de fechamiento se tiene incertidumbre en el mejor de los casos del orden de 2% lo que para la edad de la frontera Cretácico-Terciario (de aproximadamente 65 Ma) es de más de un millón de años. Los eventos involucrados en la teoría del impacto se desarrollan en periodos menores a un año ó a lo largo de unas cuantas decenas de años. Poder establecer la contemporaneidad de eventos forma uno de los aspectos más controversiales en el examen de la teoría.

Otro aspecto controversial está relacionado a los eventos asociados a un impacto de magnitud sugerida, para el Cretácico-Terciario y de la secuencia de fenómenos asociados en la atmósfera e hidrosfera. Exponiendo que los depósitos interpretados como de impacto, en las secciones en el noreste de México y en el Golfo has sido también interpretados en términos de procesos de depositación graduales y que involucraron varios miles de años. (Stinnesbeck et al. 1993).

5.2- Registros y cambios evolutivos

El registro geológico es incompleto y la documentación de eventos pasados y de los cambios evolutivos es angulada. Esta característica fué reconocida desde los primeros estudios y, constituye una de las principales limitantes para entender los procesos que han conformado al planeta. En el caso particular de las extinciones de organismos, la naturaleza incompleta del registro y las limitaciones en los métodos de fechamiento disponibles han dificultado investigar en detalle, la naturaleza global y la contemporaneidad, es decir, si dos ó más eventos ocurren ó no al mismo tiempo. Esto se traduce en la dificultad de establecer si las extinciones han ocurrido en forma gradual ó abrupta y si las extinciones de las diferentes especies son ó no contemporáneas, (Hurbert y Archibald, 1995).

5.3- Aspectos científicos que se han replanteado con el descubrimiento del cráter.

Dentro de los temas científicos que han generado mayor valoración con el descubrimiento del impacto de Chicxulub se encuentran:

- 1.-Las extinciones masivas de biota en el planeta y el surgimiento de nuevos patrones evolutivos.
- 2.-Las causas del cambio climático global y el papel del CO₂ en dichos cambios.
- 3.-El tiempo necesario para la restauración de los ecosistemas después de grandes catástrofes.

Desde el punto de vista petrolero :

- 4.- Definir que como consecuencia de dichos fenómenos, el origen de discontinuidades estratigráficas de escala mundial .
- 5.-Las deformaciones de la corteza y otras consecuencias asociadas a impactos meteoríticos mayores.

A partir de la información obtenida se reconstruirá la historia geológica de la península de Yucatán.

El enfoque al que está dirigida la investigación es:

La naturaleza del evento de impacto.

- a).-¿Que cantidad de roca fundida y brecha de impacto se produjo durante el choque?
- b).-¿Que proporción del meteorito se incorporó a los materiales locales?

La naturaleza de deformación del choque.

- a).-¿ Hasta que profundidad y cual fue el radio de alcance del choque?
- b).-¿Cómo influyó el choque en la roca fundida, en la deformación y en la transición de las fases?

La naturaleza de excavación del cráter .

- a). -¿A que profundidad se formo el cráter?
- b). ¿Cómo se genero la cavidad de excavación?

La naturaleza de los fenómenos de expulsión .

- a).-¿Como fué expulsado y transportado el material?
- b).-¿El material proyectado como interactuó con los materiales locales?

La naturaleza de la evolución.

- a).-¿Que sucedió con los climas?
- b).-¿Que sucedió con la fauna y la flora?
- c).-¿Que sucedió en el planeta?

CONCLUSIONES

Con los estudios anteriores se concluyo lo siguiente:

- 1.- Con el trabajo realizado en la perforación del pozo Yax-1 se podrá generar un perfil, litológico detallado en la zona de impacto con lo que se obtendrá información relevante acerca de la historia geológica de la plataforma carbonatada de la península de Yucatán, adicionalmente se obtendrán los perfiles estructurales del subsuelo, y en forma particular características geohidrológicas de la región .
- 2.- Los núcleos recuperados proporcionarán información ayudará a determinar en detalle la estructura del cráter, correlacionando la información obtenida con los pozos ya perforados por PEMEX y la UNAM en la zona , además proporcionaran información petrofísica paleontológica, geoquímica, y mineralógica, que ayudará a determinar los efectos causados por el choque del meteorito en las rocas originales.
- 3.- La técnicas perforación de pozos no solo se realizan con fines energéticos ó de recursos sino que también se aplican a fines científicos lo que ayuda a que se trabaje en técnicas nuevas en la recuperación de núcleos logrando con esto un ahorro significativo en este tipo de operaciones, y una mejor calidad en las investigaciones.
- 4.-El método utilizado por el equipo de corte y recuperación de núcleos reporto innovaciones técnicas, de grandes ventajas con respecto a los métodos tradicionales, siendo las más importantes las siguientes : Viajes de tubería solo cuando la corona debe ser reemplazada, altas revoluciones en la rotaria (200-300 RPM) y bajos gastos de circulación(240 GPM) recuperación de barril muestreador por cable, sistema electrónico en todas las operaciones, con un porcentaje de recuperación por barril del 90 % .

RECOMENDACIONES

- a).-El aspecto operativo fue desarrollado con profesionalismo y conocimiento de las operaciones, sin embargo considero conveniente recomendar que los trabajos durante la perforación se realicen conforme a la planeación de la perforación del pozo, de no ser así se recomienda hacer un análisis a detalle de los aspectos en contra y a favor y en base a esto tomar una decisión, se debe tener en cuenta que una decisión equivocada repercutirá en diferentes aspectos pero siempre representará pérdidas económicas .
- b).-El manejo de los núcleos que a final de cuentas fue en lo que se invirtió el capital , considero se puede dar un mejor tratamiento al momento de manejarlos sobre todo en el proceso de lavado, en donde se puede utilizar algún tipo de fluido, agente químico, ó polímero que evite contaminación, así como utilizar otro tipo de sistemas en la operación de lavado. podría ser un sistema aire-líquido, liquido-polímero, ó líquido-químico. de igual manera las herramientas usadas en el proceso pueden modificarse de tal forma que ayuden a la preservación de los núcleos.

BIBLIOGRAFÍA

Alvarez, Luis, Walter Alvarez, Frank Asaro y Helen V. Michael,
"Extraterrestrial Cause for the Cretaceous-Tertiary Extinction".
Science, junio 1980.

Binzel, Richard P., M. Antonietta Barucci y Marcello Fulchignoni,
"The Origin of Asteroids",
Scientific American, octubre 1991.

Burnham, Robert,
"Arizona's Meteor Crater",
Earth, enero 1991,

Clarke, Arthur C.,
The Hammer of God.
Bantam Books, 1993, 240pp.

Gehrels, Tom, ed.,
Hazards Due to Comets and Asteroids,
University of Arizona Press, 1994, 1300pp.

Glen, William,
"What Killed the Dinosaurs?".
American Scientist, julio-agosto 1990.

Hartmann, William K. y Ron Miller.
The History of the Earth,
Workman Publishing. New York. 1991. 260pp.

Morrison, David y Clark R. Chapman.
"Target Earth: It Will Happen",
Sky & Telescope, marzo 1990.

Norton, O. Richard,
Rocks from Space: Meteorites and Meteorite Hunters,
Mountain Press Publishing Co., 1994, 449pp.

Raup, David M.,
The Nemesis Affair: A Story of the Death of Dinosaurs and the Ways of Science,
W.W. Norton & Co., 1986, 220pp.

Ward, Peter.
The End of Evolution: On Mass Extinctions and the Preservation of Biodiversity,
Bantam Books, 1994.302pp.

Alvarez, L.W., Alvarez, W., Asaro, F., Michel, H.V.
Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction.
Science, 208, 1095-1108, 1980.

Grajales-Nishimura, M. et al.,
Chicxulub impact : the origin of reservoir and seal facies in the southeastern Mexico oil fields. *Geology*, 20, 307-310, 1999.

- Hildebrand, A. et al.,
Chicxulub crater: A possible Cretaceous-Tertiary – boundary impact crater on the Yucatan peninsula,
Mexico, *Geology*, 19, 867-871, 1991.
- Ortiz-Aleman, C., J. Urrutia-Fucugauchi, M. Pilkington.
Three-dimensional modeling of aeromagnetic anomalies over the Chicxulub crater.
Lunar Planet. Sci. Conf., XXXII, Houston, Texas, Conference CD Files, 2001.
- Penfield, G. T., A. Camargo-Zanoguera.
Definition of a major igneous zone in the central Yucatán platform with aeromagnetism and gravity, en *Technical Program, Abstracts and Bibliographies, 51st Annual Meeting, p.37, Society of Exploration Geophysicists, Tulsa, Okla, 1981.*
- Pope, K.O., K.H. Baines, A.C. Ocampo, R.J. Ivanov,
Impact winter and the Cretaceous/Tertiary extinctions: results of a Chicxulub asteroid impact model,
Earth Planet. Sci. Lett., 128, 719-725,
1994.
- Rebolledo-Vieyra, M., J. Urrutia-Fucugauchi, L., Marin, A., Trejo-Garcia, V.L., Sharpton, A.M., Soler-Arechalde.
UNAM scientific shallow-drilling program of the Chicxulub impact crater, *Int. Geol. Rev.*, 42, 928-940, 2000.
- Sharpton, V.L., G. Dalrymple, L., Marin, G. Ryder, B. Schuraytz, J. Urrutia
Fucugauchi,
New links between the Chicxulub impact structure and the Cretaceous/Tertiary boundary, *Nature*, 359, 819-821, 1992.
- Sharpton, V.L. et al.,
Chicxulub multiring impact basin: Size and other characteristics derived from gravity
analysis,
Science, 261, 1564-1567,
1993.
- Urrutia-Fucugauchi, J., L. Mann, V.L.
Sharpton,
Reverse polarity magnetized melt rocks from the Cretaceous/Tertiary
Chicxulub structure, Yucatan peninsula,
Mexico, *Tectonophysics*, 237, 105-112,
1994.
- Urrutia-Fucugauchi, J., L. Marin, A. Trejo-Garcia, UNAM
scientific drilling program of Chicxulub impact structure - Evidence
for a 300 kilometer crater diameter,
Geophys. Res. Lett., 23, 1565-1568, 1996.
- Urrutia Fucugauchi J. Marin L.E., Flores 1995 .Perforaciones recientes en el cráter de Chicxulub, Yucatán México III Reunión
Com. Geofis. Instituto Panamericano Geog., Hist. México, Junio, 26-30, 1995
- H.J. Impact Cratering: A Geologic Process, Oxford University Press. New York
1989, 145 pp.
- J. Morgan, M. Warner and Chicxulub working Group, Size and morphology
And the Chicxulub impact crater, *Nature* 390 (1997) 472-476.
- J. Morgan M Warner ,Chicxulub: The third dimension of a multi-ring impact basin, *Geology* 27 (1999) 407-411
- Internatinal Continental Scientific Drilling Program.. Newsletter vol.2 April 2000

Manual de componentes de , Hybrid Coring System (DOSECC)

Normas del Instituto Americano del Petroleo (API)

The Drilling Praticce (Preston L. Moore)

The Well Control Problems and Solutins (Neal Adams)

Manual " Barrenas", del Instituto Mexicano del Petroleo, ed.1977

Moore,P.L. Drilling Practice Manual; Second Edition; PennWell Tulsa, Ok.

Drilling Technology Book I; NL Petroleum Services/NL Industry Inc. Baroid.

Apuntes de la facultad de Ingeniería " Tecnología de la Perforación", Miguel Angel Benitez.

Manual de Operación para Barrenas Triconicas en la Perforación de Pozos Petrolíferos.1986

Apuntes de la facultad de Ingeniería " Tecnología de la perforación" Miguel A. Benitez ed. 1978.

Grupo Industrial PITSA. "Programa de Perforación Nucleada para el pozo exploratorio profundo en el área del cráter Chicxulub, Yucatán, México". Febrero, 2002

Vidrine, D.J: y Benit, E.J. "Field Verificación of the Effect of Diferencial Pressure on Drilling Rate", Journal of Petroleum Technolgy; Julio 1968; pág. 676.

Moore P.L. Y Gatlin, C."Six Varables Factors that Affect Penetration Rate", Journal;vol.58,No. 15; abril 11, 1960.

Adams N. Et at.; "Drilling Engineering a Complete Well Planning Approbach"PennWell Books; Tulsa Ok.

López Ramos E. 1973, "Estudio Geológico de la Península de Yucatán" , Boletín de la Asociación Mexicana de Geología Petrolera,Vol. 25, No. 13,pág.23-76

López Ramos E. 1975, "Geological summary of the Yucatán Peninsula", en; Nair A. And Steal F.(Eds.), "The Ocean basins and Margins, vol. 3, The Gulf of the México and the Caribbean.

Urrutia Fucugauchi J., Marin Luis yTrejo Garcia; 1996a," UNAM Scientific Drilling Program on the Chicxulub impact structure: Rochs magnetic properties of UNAM-7 Tekax borehole" Geofisica Internacional vol. 35. No. 2, pág. 125-133

Penfiel G.T. y Camargo Z. A. 1981. "Deninition of a igneous zone in central Yucatán platform with aeromagnetics and gravity, en technical Program abtracts and bibliograph, 51s Annual Meeting, Society of Exploration Geophysicists, Tulsa Ok..37 Pág.

M Pilkington ,A.R. Hildebrand, C. Ortiz-Aleman. Gravity and Magnetic field Modeling and estructura of the Chicxulub crater, México, J. Geophys. Res. 99 (1994) 13,147-13,162.

Premoli Silva I.,1977, Upper Cretaceous-Paleogene Magmatic Stratigraphy at Gubbio Italy II. Biostratigraphy: Geological society of America, Bll., v. 88,pág 371-374.

Melosh , H.J. 1982, The mechanics of large metorit impacts into the Earth's oceans, Geological Society of America, Special Paper 190.pág.121-127