

## POZOS DE INYECCION, LA POSIBLE SOLUCION A LA

### ELIMINACION DE AGUAS NEGRAS EN LA PENINSULA DE YUCATAN

Por: Ing. Juan Manuel Lesser Illades  
Ing. Jorge Azpeitia Reyes  
Ing. Julio Retana Villarreal

#### I N T R O D U C C I O N

La Península de Yucatán, es una extensa planicie, formada por rocas calizas de Edad Terciaria, cuyo conjunto presenta características muy especiales. La altura media de la Península, es de 30 m.s.n.m., lo cual corresponde a altitudes muy bajas. Las calizas que la forman presentan una gran cantidad de agujeros y conductos originados por disolución, lo que ha permitido la formación de acuífero sumamente permeable. Este acuífero, se localiza a una profundidad de entre 1 y 10 m. bajo la superficie, en lo que corresponde a la parte norte de la Península (Figura No.1).

Una característica de esta región, es la ausencia de corrientes superficiales, lo cual es debido a que el agua de lluvia que no llega a evaporarse, se infiltra rápidamente, sin dar lugar a la formación de ríos o arroyos. Este acuífero, el cual tiene una magnitud limitada, es la única fuente de agua disponible en la Península.

En esta zona, cuyas características son tan especiales, los primeros habitantes se abastecían de agua por medio de pozos someros, los cuales eran excavados entre 5 y 10 m. de profundidad. La construcción de estos pozos, se realizaba en los patios de las casas y continúa siendo una forma de abastecimiento de muchos de los habitantes de la región.

Por otra parte, desde tiempos remotos la eliminación de aguas negras se ha llevado a cabo mediante fosas sépticas, ubicadas también en los patios de las casas y a corta distancia del pozo de abastecimiento.

Debido a la gran permeabilidad de las calizas que forman el subsuelo, la contaminación del agua de los pozos utilizados para uso doméstico, es muy clara y notoria. Hacia otras regiones, la existencia de materiales arcillo arenosos, retarda el flujo del agua a partir de las fosas sépticas, la cual después de cierta distancia recorrida se degrada y en cierta manera podemos decir que se purifica. Esto, no sucede en Yucatán, donde la ausencia de arcillas y por el contrario, la presencia de conductos de gran tamaño, permite la rápida circulación de aguas residuales la cual sufre pocas modificaciones.

La eliminación de aguas negras, a partir de fosas sépticas, debido a su sencillez y bajo costo, se popularizó en la Península y ha sido hasta la fecha el sistema de eliminación de aguas residuales, tanto de tipo doméstico como industrial. Por esto, el crecimiento de los principales centros de población, ha incrementado la contaminación del acuífero, el cual, constituye la fuente de abastecimiento de agua para todo uso.

En la ciudad de Mérida, este efecto de contaminación, fué mas notorio en las décadas de 1940 a 1950, época en la que las enfermedades gastrointestinales se intensificaron, llegando a ser el principal motivo de la mortalidad de infantes. Con el objeto de resolver este problema, en los años de 1963 a 1965 se construyó una red de distribución de agua potable, a partir de

pozos ubicados a 12 km. al sur, fuera de la ciudad donde no existen problemas -- de contaminación. Actualmente, el abastecimiento de agua tanto de la ciudad de Mérida, como de otros poblados importantes de la Península, se lleva a cabo por medio de redes de distribución alimentadas por fuentes de agua ubicadas fuera de las zonas de contaminación.

Respecto a la eliminación de aguas residuales, esta continúa llevándose se a cabo a través de fosas sépticas, problema que aún no ha sido resuelto debido a una gran variedad de factores, entre los cuales se encuentran los siguientes:

La construcción de un sistema de drenaje en una ciudad de la magnitud de Mérida y cuyo subsuelo está formado por roca, es sumamente costoso.

Toda la región presenta las mismas características fisiográficas y geohidrológicas, razón por la cual no se ha encontrado un lugar adecuado para el depósito de las aguas residuales.

Se ha pensado en la posibilidad de conducir las aguas negras al mar, situado a 36 km., de distancia, pero la pendiente del fondo marino presenta un gradiente muy bajo, lo cual representaría conducirlos mediante tubería de varios kilómetros mar adentro, donde existiera una profundidad adecuada, lo cual se ha considerado muy costoso y difícil, además de los problemas de contaminación marina que podría acarrear.

#### OBJETO DEL TRABAJO

El objeto del presente trabajo consistió en determinar las características de permeabilidad del subsuelo y la factibilidad de inyectar aguas residuales, mediante la perforación de pozos exploratorios.

#### RECONOCIMIENTOS

Para hacer posible la elaboración del presente trabajo, se contó con la valiosa ayuda de un grán número de personas, entre ellos el Ing. Abdó Magdub-Méndez, Representante de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos en el estado de Yucatán, quien brindó su aprobación y apoyo para los trabajos de exploración efectuados; al Ing. Javier Pérez Ayusco, quien fungía como Jefe de Programa Hidráulico, por sus valiosos consejos y observaciones técnicas y al Ing. Fausto Romero Torres, de la Subdirección de la Región Sureste de Obras Hidráulicas e Ingeniería Agrícola para el Desarrollo Rural en el estado de Yucatán, por las facilidades prestadas.

Se hace particular agradecimiento al Ing. Mario Ernesto Villanueva Madrid, Representante de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos en el estado de Quintana Roo, quien aportó tanto personal, como equipo de perforación-adscritos a la Representación a su cargo.

De una forma muy especial se expresa agradecimiento, al Ing. Heinz Lesser Jones, quien fungía como Subdirector de Geohidrología y de Zonas Áridas y desde años anteriores ha venido impulsando los trabajos de investigación y exploración geohidrológica en la Península de Yucatán.

La supervisión de los trabajos relativos a la perforación de pozos, estuvo a cargo de los Ingenieros Raúl Arredondo Pastor y José Luis Grajales Márquez, quienes mostraron un gran entusiasmo y eficiencia. Para la ejecución de las pruebas de permeabilidad se contó con el auxilio del Ing. César Augusto Lara Vázquez.

## METODO DE TRABAJO

Para la realización del presente trabajo, se llevaron a cabo dos perforaciones exploratorias con una máquina Walker Neer-2000, equipada con el sistema denominado Con-Cor, el cual consiste en utilizar como herramientas de perforación el sistema rotatorio convencional, fluidos combinados de perforación, aire-agua-lodos y una tubería doble concéntrica con barrenas y cabezal hidráulico -- adaptadas para este método.

Los fluidos de perforación son inyectados hasta la barrena y fondo -- del pozo por medio de la bomba de agua-lodos y por la compresora de aire, en un mismo conducto, que pasa por el cabezal hidráulico (Figuras Nos. 2 y 3). La inyección se hace a través del espacio anular de la doble tubería de perforación, - delimitado entre los tubos interior y exterior, y por lo tanto dicha circulación de fluidos no tiene contacto con las paredes permeables de la caliza del pozo, - pues regresa a la superficie "circulación inversa" arrastrando de inmediato los recortes de la barrena (muestreo continuo "Con-Cor") a través de la tubería interior que por los efectos de carga hidráulica en el pozo y el aire de sifoneo, sale inmediatamente a presión y alta velocidad a medida que la barrena ataca la roca. Suspendiendo la perforación y ya sin inyección de agua o lodos y por medio de sifoneo exclusivamente con aire, se puede extraer agua precisamente del fondo del pozo, a cualquier profundidad bajo el nivel freático y de esta manera obtener muestras para análisis cuantas veces se requiera.

Con el método mencionado, se perforaron dos pozos dentro de la ciudad de Mérida, cuyos resultados se comentan a continuación:

### POZO CORDEMEX No. 1

## GENERALIDADES

Este pozo, se localiza a 10 km. al norte de la ciudad de Mérida, dentro del conjunto habitacional Cordemex, entre las calles de Serdán y Francisco Villa (Figura No. 4).

Fué perforado en el período comprendido entre el 16 de mayo y el 14 de junio de 1977 y cuenta con una profundidad total de 262 m.

### MUESTREO DE AGUA Y ROCA

Con el objeto de conocer la calidad del agua subterránea así como el tipo de roca que la contiene en el subsuelo, se realizó un muestreo de agua y de corte de formación, durante la perforación, mediante la utilización del sistema de doble tubería tipo Con-Cor, que permite obtener muestras simultáneamente a la perforación. Cuando la sarta de perforación tenía la sumergencia necesaria para iniciar la circulación inversa y sifoneo de aire, (5.60 m), se procedió a muestrear agua en la descarga a intervalos de 5 m. hasta la profundidad de 27 m., - posteriormente se procedió a hacerlo a cada 3 m. hasta la profundidad de 259 m. - Las muestras así obtenidas fueron envasadas en botellas de plástico de un litro de capacidad y enviadas al laboratorio de la Residencia de Protección y Ordenación Ecológico de la S.A.R.H. en el Estado de Yucatán, donde se les efectuó un análisis fisicoquímico.

Por lo que se refiere a las muestras de roca, se tomaron éstas a cada metro de profundidad y se destinaron a estudios petrológicos y paleontológicos.

G E O L O G I A

La geología del área donde se realizó la perforación, está representada por rocas calcáreas marinas de edad terciaria.

Las muestras de canal obtenidas durante la perforación, se analizaron tanto petrográfica como paleontológicamente. A partir de los análisis petrográficos, se obtuvo que los primeros 130 m., están constituidos por horizontes de calizas, mientras que de 130 a 262 m. predominan las lutitas calcáreas.

El corte litológico simplificado se presenta en la Figura No.4 y se describe a continuación.

Los primeros 25 m. están compuestos por una caliza blanca muy dura, que presenta cavidades de disolución. De 25 a 130 m. se encuentra una alternancia de calizas fosilíferas, coquinas, calizas dolomitizadas y calizas arcillosas, todas de color blanco y blanco amarillento, porosas y medianamente cementadas. Bajo éstas y hasta la profundidad total se encontraron lutitas calcáreas blancas, poco consolidadas, con escasas intercalaciones de coquinas. Por lo general no presentan planos de estratificación.

Se obtuvieron muestras de canal, cuya descripción petrológica se muestra en el Anexo No. 1.

Por lo que se refiere a la edad de los sedimentos cortados, se seleccionaron 49 muestras de roca, las cuales fueron estudiadas paleontológicamente por J. R. de Sansores, del Instituto Mexicano del Petróleo, habiendo encontrado que las calizas de la parte superior, tienen una edad Mioceno Inferior, mientras que las lutitas calcáreas de aproximadamente la mitad inferior del pozo, pertenecen al Oligoceno Superior. En la tabla No. 1, se muestra el resumen de las determinaciones paleontológicas efectuadas y en Anexo No. 2, el detalle de los resultados de los análisis paleontológicos.

Profundidad	E d a d	Zonas de foraminíferos planctónicos	Foraminífero planctónicos característicos
2- 6m.	Indeterminada	Sin foraminíferos planctónicos	
13-146m.	Mioceno Inferior	Zona de Gr. Kuglerii	Gs. quadrilobata primordial
198-262m.	Oligoceno Superior	Zona de Gg. Ciperensis	Gg. sellii Gg. tripartita

Profundidad	Ambiente	Conjunto de foraminíferos bentónicos característicos
2-6m	Indeterminado	Fragmentos de moluscos, Cibicides sp.
13-134m.	Plataforma Interna	Amphistegina, Elphidium, Floilus, Ostracodos de concha lisa, fragmentos de moluscos, de equinodermos y de dientes de peces.
135-262m.	Plataforma Media	Aumento notable de fauna planctónica, aparición de los géneros Lenticulina, Uvigerina de costillas finas, Discorbis, Brizalina y Fursenkoina.- Hay dominancia de Nodosariidae y Bolvinitidae, con algunas muestras intermedias (207 y 209) en las que predomina la fauna mencionada para plataforma interna

CALIDAD DEL AGUA.

Con el objeto de conocer la calidad del agua a diferentes profundidades, se obtuvieron muestras sinfoneando con aire, a cada 5 m. de profundidad, las cuales fueron analizadas químicamente. Estos análisis incluyeron la determinación de sólidos totales disueltos, conductividad eléctrica, calcio, magnesio, sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos. Sus resultados son presentados en la tabla No. 2.

Con el objeto de mostrar la composición química del agua, se formaron gráficas que muestran la variación de los parametros analizados respecto a su profundidad (figura No.5)

La composición química en las 14 primeras muestras, ubicadas entre el nivel del agua y los 60 m. de profundidad, tienen bajos contenidos salinos a partir de este punto y hasta la profundidad total, la salinidad del agua se incrementa considerablemente. A continuación se muestran valores medios de la composición química del agua tanto en la parte superior del acuífero como a mayor profundidad.

MUESTRAS DE AGUA OBTENIDAS A LA PROFUNDIDAD DE:	STD*	CONCENTRACION MEDIA EN P.P.M. CALCIO	CLORUROS	SULFATOS
Entre 10 y 60 m.	1200	240	400	160
de 60 a 262 m.	4000	700	3000	400

\*STD = Sólidos totales disueltos.

Del análisis de las gráficas de salinidad, se determinó que el acuífero de aguas dulces tiene un espesor de 60 m. a partir del nivel estático. Bajo éste, el acuífero presenta aguas saladas, cuya concentración salina es de 4000 p.p.m. de sólidos totales disueltos. El contenido salino de cada una de las muestras en los primeros 60 m. es uniforme, lo cual identifica claramente al acuífero de aguas dulces. A mayor profundidad la calidad del agua registrada es muy variable, encontrándose máximos del orden de 15,000 p.p.m. y mínimos de 2,000 p.p.m. Sin tomar en cuenta estos valores extremos, se observa que existe una alternancia de valores de 2,500 y 5,000 p.p.m. de S.T.D. con una tendencia a incrementarse conforme se profundiza.

Esta alternancia de valores sugiere que, bajo los primeros 60 m. saturados, existe un acuífero de aguas saladas y que debido a las maniobras de perforación, en ocasiones la muestra obtenida era una mezcla con el agua del acuífero dulce superior, que contiene bajas cantidades de sales y provoca una dilución de su contenido salino. Conforme se profundizaba, durante la perforación, la cantidad de sales dentro de la mezcla aumentaba, efecto que se detecta al analizar las gráficas de salinidad de la Figura No. 5.

HIDROGEOLOGIA

En base a los análisis efectuados, se clasificó a las rocas del subsuelo de acuerdo a su carácter hidrogeológico en dos zonas, una permeable y otra impermeable, se ubicó desde la superficie hasta los 130 m. de profundidad, intervalo en el cual se encontraron horizontes de rocas calcáreas con conductos de disolución y fracturas. De los 130 m. hasta la profundidad total, se clasificó como zona impermeable, debido a que está constituida por lutitas calcáreas que no presentan indicios de permeabilidad.

Por lo que se refiere a la calidad del agua y de acuerdo a lo expuesto en el inciso anterior, la zona acuífera se dividió en, agua dulce, a la porción-

comprendida entre los 10 y 70 m. de profundidad y agua salada de 70 a 130 m. separadas por una línea denominada como "interfase salina".

#### PRUEBAS DE PERMEABILIDAD.

Uno de los objetivos del presente trabajo fué el de determinar las características de permeabilidad de los diferentes horizontes atravesados, a fin de conocer la factibilidad de que el acuífero aceptara la inyección de aguas pluviales y residuales.

Para efectuar estas pruebas, se tomaron en cuenta las características geológicas y geoquímicas obtenidas.

Primeramente, se detectó que los 130 m. superiores, presentan buenas características de permeabilidad de acuerdo a su corte litológico. El resto del pozo, o sea de 130 a 262 m. se descartó por clasificarse como impermeable. Dentro de la parte permeable, se encontraron dos zonas, una con aguas dulces aprovechables de los 10 a 60 m. de profundidad y bajo esta una zona con aguas salobres de 70 m. de espesor.

De acuerdo a estos datos, el lugar mas apropiado para la inyección de aguas residuales, corresponden a la parte inferior del acuífero salobre, razón por la cual se dispuso colocar un empaque a los 90 m. de profundidad e inyectar agua con el objeto de probar la permeabilidad de dicho horizonte salobre comprendido entre 90 y 130 m. Esta agua, tiene alrededor de 4,000 p.p.m. de S.T.D. la cual al mezclarse con los residuos de inyección, podría originar una mezcla de mayor densidad que tendería a permanecer en la parte baja.

Para realizar las pruebas antes mencionadas, fué necesario equipar un pozo localizado a una distancia de 30 m. del pozo de exploración, el cual cuenta con 40 m. de profundidad en 9 1/2" de diámetro, El equipo de bombeo instalado en dicho pozo, constó de una bomba de turbina con columna y descarga de 6" de diámetro en la que se adaptó un medidor de volumen constante y un manómetro, así como las conexiones-válvula de control de gasto. (Figura No.6)

En el pozo Cordemex, a la profundidad escogida de 90 m. se introdujo un empacador mecánico que consta de 4 elementos de empaque de hule natural dureza 30 shore, con 9" de diámetro exterior, 2 5/8" de diámetro interior y 19 cm. de longitud, separados por rondanas de acero de 9" de diámetro y 1/4" de espesor, los cuales están acoplados a una tubería de perforación "NQ" (2 3/4").

#### FUNCIONAMIENTO

Se introdujo el empacador mecánico, simultáneamente con el ademe hasta la profundidad escogida. Posteriormente se le adaptó a la tubería "NQ", un maneral con rosca que presiona al ademe y levanta a la sarta, provocando que los hules se compriman, aumenten su diámetro y obturen el espacio anular. Ya colocado el empacador a la profundidad de 90 m., se observó el nivel estático, el cual se encontró a una profundidad de 5.78 m. Se probó el empacador y posteriormente se instaló la bomba, con la cual se inyectó un gasto de 12 l.p.s. sin presión durante tres horas, observando a la vez el nivel estático el cual no sufrió ninguna variación.

Ya teniendo conocimiento de la profundidad a que era factible inyectar agua en el tramo entre 90 a 130 m., se procedió a terminar el pozo, colocando un ademe ciego de 6" de diámetro, el cual fué cementado desde la superficie hasta la profundidad de 94 m. Posteriormente, se efectuó una segunda prueba de permeabilidad, en la cual se logró inyectar un gasto de 17 l.p.s. con una presión de 1.0 k/cm<sup>2</sup>.

Se considera que el método de cementación utilizado en este primer pozo no fué adecuado, habiendo obturado parte del acuífero inferior lo cual produjo una disminución en su permeabilidad. De acuerdo a esta y otras experiencias, se ha logrado cementar en forma como se describe en el inciso siguiente:

## METODO DE CEMENTACION EN TERRENOS DE ALTA PERMEABILIDAD

La cementación del espacio anular en formaciones de alta permeabilidad como son las calizas de Yucatán, constituye un serio problema, debido a que en sus abundantes agujeros y cavidades de disolución, se pierde grandes cantidades de cemento, lo cual además de aumentar considerablemente el costo de la obra y de disminuir la permeabilidad del acuífero, no garantiza una eficaz cementación.

Además del problema relativo a la existencia de grandes huecos, en la zona de Yucatán, frecuentemente se encara otro problema. Este, es la existencia de aguas saladas a cierta profundidad, lo cual hace que se requieran aditivos químicos especiales para lograr el fraguado. A través de las experiencias obtenidas se encontró un método efectivo de cementación, ideado por los experimentados perforistas de Ortuzar y Asociados, el cual consiste en la utilización de una camisa de lona de longitud similar a la del ademe ciego del tramo que se pretende cementar. La colocación de dicha camisa de lona, se realiza simultáneamente a la operación de ademado, sujetándola por medio de flejes, en la punta del primer tramo del ademe que introduce teniendo la precaución de que no se atore o rompa.

Posteriormente se inicia la cementación, por gravedad, a través del espacio anular entre la camisa de lona y el ademe. Al llegar el cemento al fondo, su peso obliga a la bolsa a pegarse a las paredes del pozo, quedando perfectamente cementado. Para evitar la posible rotura de la camisa por un peso excesivo, es recomendable realizar la cementación en dos etapas: la primera cementando únicamente 5 m. lineales y dando tiempo para fraguado. Posteriormente, se puede continuar la operación sin mayores problemas.

### POZO INDUSTRIAL No.1

#### G E N E R A L I D A D E S

Esta perforación se localizó a 7.4 km. al SW del centro de la ciudad de Mérida, a 200 m. al Oriente del monumento a Felipe Carrillo Puerto.

Fué perforado en el período del 18 al 21 de enero de 1978 y cuenta con una profundidad de 181 m. (Figura No.4).

#### G E O L O G I A

A partir de las muestras de canal obtenidas durante la perforación, se formó el corte litológico correspondiente (Figura No.7), observándose que los primeros 19 m. corresponden a una caliza masiva de color blanco y crema, con abundantes moluscos. De los 19 a los 80 m., se perforó una caliza de igual color, deleznable y en ocasiones de textura calcarenítica, con una intercalación entre los 69 y 71 m. de una arcilla plástica verdosa. Posteriormente de 80 a 135 m. la secuencia cambia a una caliza dolomítica de color café claro, cristalina y bajo ésta una calcarenita de 16 m. de espesor, terminando así el paquete de rocas calizas. De 151 m. a la profundidad total de 181 m. se cortaron lutitas plásticas de color verde oscuro y textura grasea. Dada la cercanía con el Pozo Cordemex y su similaridad litológica, se consideró a los sedimentos cortados, de la misma edad, o sea a la secuencia de rocas calizas superiores, del Mioceno Inferior y a las lutitas calcáreas que las subyacen, del Oligoceno Superior.

#### CALIDAD DEL AGUA

Durante la perforación de este pozo y con los métodos ya descritos, se obtuvieron nueve muestras de agua a las profundidades siguientes 10, 20, 30, 40, 50, 55, 60, 65 y 70 m. Dichas muestras fueron analizadas químicamente y sus resultados se presentan en la Tabla No.3, A partir de ellos, se formaron las gráficas de salinidad de la Figura No.7, donde se observa que hasta los 40 m. la salinidad del agua es prácticamente uniforme y menor de 1,000 p.p.m. de sólidos totales disueltos. De 50 a 70 m. se advierte un incremento de hasta alrededor de

1,800 p.p.m.

A partir de los datos anteriores, se consideró como acuífero y agua dulce a la parte superior, entre el nivel estático y los 49 m. de profundidad, mientras que la porción abajo de 49 m. se consideró agua salada, la cual aún y cuando se le detectaron concentraciones máximas del orden de 1,800 p.p.m. de sólidos totales disueltos, se considera que debe tener cierta mezcla del agua superior y por lo tanto, su contenido real de sales debe ser mayor al medido.

#### HIDROGEOLOGIA

A partir del corte litológico se clasificó al paquete de sedimentos entre la superficie y los 151 m. de profundidad, como horizontes permeables que de acuerdo al grado de carsticidad, constituyen un acuífero de buena potencialidad, a excepción del horizonte arcilloso encontrado entre los 69 y 71 m. el cual se considera impermeable.

De los 151 m. hasta la profundidad total de 181 m. se tiene una lutita calcárea plástica, la cual se consideró como impermeable.

El horizonte acuífero, se dividió en zona con agua aprovechable de buena calidad hasta los 40 m. y de esta profundidad hasta el fondo, como zona con aguas saladas.

#### PRUEBAS DE PERMEABILIDAD

Para conocer la permeabilidad del acuífero en sus estratos inferiores, a fin de determinar la factibilidad de inyectar aguas residuales, se efectuó una prueba mediante un empacador mecánico.

Para ello, a partir de los resultados del corte litológico y los análisis químicos, se seleccionó la profundidad de 74 m. para colocar el empacador mecánico e inyectar agua al tramo entre 74 y 151 m. de profundidad. Esta profundidad fué seleccionada, debido a la presencia de un horizonte de lutitas impermeables entre los 69 y 71 m., el cual podría servir de sello al posible horizonte donde se pretenden inyectar los residuos.

Posteriormente, se perforó un pozo de abastecimiento a 36 m. de profundidad el cual se localizó a una distancia de 30 m. del Pozo Industrial No. 1. Este pozo de abastecimiento, fué equipado con una descarga de 6" de diámetro.

El empacador mecánico de 9" de diámetro exterior, que abre a 11 1/2" a una tensión de 100 lb., se introdujo y colocó a la profundidad seleccionada de 74 m. Posteriormente, se inyectó a través de una tubería de 4" de diámetro, un caudal de 15 l.p.s. sin ejercer presión. Se hace notar que este caudal estuvo limitado por el diámetro de la tubería de inyección.

Conociendo que existe permeabilidad en el tramo probado, el pozo fué terminado ademandando con tubería ciega de 6" de diámetro de 0 a 75 m. y cementando el espacio anular. Posteriormente se efectuó una segunda prueba en la cual se inyectaron 35 l.p.s. por gravedad.

#### POZOS PROFUNDOS EN LA CIUDAD DE MERIDA

Además de los pozos Cordemex e Industrial mencionados en párrafos anteriores, se obtuvieron datos de 3 pozos profundos, perforados por diferentes sectores. Su localización se presenta en el plano de la Figura No. 8.

Se contó con algunos datos relativos al corte litológico atravesado, así como a la calidad del agua, los cuales se ilustran en la Figura No. 9.

El pozo Ciudad Industrial, tiene una profundidad total de 150 m. Cortó de 0 a 76 m. lutitas calcáreas y de 76 a 150 m. calizas masivas con conductos de disolución. Los primeros 76 m. corresponden al acuífero permeable de los cuales los 50 m. superiores contienen agua dulce mientras que a profundidad el agua presenta concentraciones mayores de 1,600 p.p.m. de cloruros.

Por lo que se refiere al pozo Hospital Militar, tiene una profundidad -



total de 191 m. habiendo presentado el corte litológico siguiente:

- De 0 a 18 m. Lutita calcárea
- 18 a 76 m. Caliza compacta con agujeros de disolución
- 76 a 191 m. Lutita calcárea

La zona permeable se ubica entre los 18 y 76 m. de profundidad tramo - en el cual se encontró agua dulce en la parte superior, con un espesor de 37 m. - y bajo ésta, agua salada con alrededor de 5,000 p.p.m. de cloruros.

El pozo Colonia Miguel Alemán, tiene una profundidad total de 225 m. - con el siguiente corte litológico.

- 84 a 114 m. Lutitas calcáreas
- 114 a 160 m. Calizas
- 160 a 225 m. Lutitas calcáreas

Los horizontes de calizas son los considerados como zona acuífera. No se contó con información relativa a la calidad del agua.

Se hace notar que la información obtenida mediante estos pozos es muy general, por lo cual no puede adaptarse a estudios de detalle.

En la Figura No.9, se correlacionaron los datos de los diferentes pozos mencionados, observándose que el espesor de calizas permeables es de 50 a - 125 m. y bajo este se encuentran lutitas calcáreas impermeables. Por otra parte, se observa que el acuífero de aguas consideradas como dulces se encuentra - desde el nivel estático hasta la profundidad que varía de 45 a 75 m. donde se - trazó la línea denominada "interfase salina".

#### EXPERIENCIAS DE INYECCION DE AGUAS RESIDUALES A TRAVES DE POZOS PROFUNDOS

La inyección de aguas residuales a través de pozos, en zonas similares a Yucatán, se ha llevado a cabo en la Península de Florida, E. U., cuyas experiencias han sido consultadas a fin de entender de una forma más completa este problema. En la Península de la Florida el subsuelo está formado por acuíferos de calizas cavernosas y dolomitas de muy alta transmisibilidad separadas entre sí por gruesas capas, prácticamente impermeables, de margas y calizas densas. - En el centro y sur de la Península, los acuíferos mas profundos contienen aguas de alta salinidad. En la parte sur, existen zonas cavernosas las que al ser - perforadas dan la sensación de estar en rocas sueltas de gran tamaño, las cuales han sido denominadas en los medios de perforación como "zonas de bloques".

Las principales regiones, dentro de la Península de Florida, en la -- cual se han llevado a cabo este tipo de trabajos, son Belle Glade y Miami, en don de se han obtenido los resultados siguientes:

#### ZONA BELLE GLADE.

Esta zona, tiene un sistema de pozos que fué terminado en el año de - 1966, con el objeto de inyectar las aguas residuales procedentes principalmente de una planta de furfural construida en conexión con un central azucarero de los mas grandes del mundo situado en Belle Glade, al sureste del Lago Okeechobee. - El agua residual es esencialmente una solución diluída de ácido acético (+ 1%) - con pequeñas cantidades de otras substancias orgánicas solubles y materiales insolubles (pequeñas fibras de bagazo y ceras). Sus características son las si- - guientes.

Demanda bioquímica de oxígeno (5 días) DBO	4,000 - 16,000 mg/l
Demanda química de oxígeno DQO	4,000 - 26,000 mg/l
Sólidos en suspensión promedio, SS.	1,500 mg/l

H	2 a 5
p	
Temperatura	70 C a 100 C
Caudal promedio	50 lt/seg.

Este fué el primer sistema de inyección de aguas residuales industriales en el sur de la Florida. El sistema consiste de un pozo de inyección de unos 600 m. de profundidad que cuenta con un pozo que se utiliza como de observación y repuesto, localizado a 300 m. aguas abajo del de inyección, así como un segundo pozo de observación de 430 m. de profundidad situado a 23 m. del primero. La figura No. 10 muestra un diagrama del sistema original. Los dos primeros pozos encontraron calizas cavernosas a 490 m y 590 m de profundidad. El tercer pozo, penetra zonas cavernosas y mineralizadas de la parte superior del acuífero.

En Enero de 1970 se comenzaron a notar pequeños cambios en los parámetros de vigilancia en el pozo de observación localizado a 23 m del pozo de inyección. Los cambios continuaron agudizándose, indicando el movimiento de los líquidos inyectados hacia el pozo de observación a 430 m. de profundidad. Los cambios máximos notados entre Enero de 1970 a Junio de 1971, son como siguen:

DBO	de 25	a	730	mg/1
DQO	de 40	a	900	mg/1
pH	de 7.6	a	4	

Debido a estos cambios, en el verano de 1971 se decidió modificar el pozo de inyección. Esta modificación se terminó en Enero de 1972. Ella consistió en profundizar el pozo de inyección y extender el encamisado y cementado hasta los 591 m. Mientras se hacían estas modificaciones se usó el pozo de repuesto para la inyección.

La Figura No. 11 muestra un esquema del pozo modificado, así como un registro de temperatura del mismo. Este registro de temperatura muestra donde se halla localizada la masa de volumen inyectado; entre los 366 y 458 m. de profundidad. La Figura No. 12 muestra la comparación entre el registro de calibración del diámetro del pozo entre Julio de 1966 (antes de usar) y Septiembre de 1971. Este registro muestra la acción del ácido entre los 458 y 488 m. de profundidad.

El pozo original de inyección (No.1) comenzó a bombear de nuevo en Enero de 1972, descontinuándose la inyección en el de repuesto. Desde entonces se ha notado una pequeña reducción en la demanda química de oxígeno en muestras obtenidas semanalmente del pozo de observación, de 900 a 750 y un ligero aumento en el pH de 6.4 a 6.8.

La demanda bioquímica de oxígeno y la conductividad eléctrica han permanecido aproximadamente al mismo nivel de Junio de 1971.

#### ZONA MIAMI DADE

Este sistema está compuesto de 2 pozos situados al sur de Miami, separados entre sí por una distancia de 6 kms, los cuales reciben aguas tratadas de dos plantas municipales de aguas negras.

El primero recibe agua de la planta Sunset Park situada a 8 kms, de la costa teniendo una capacidad de 133 lps y es del tipo de lodos activados.

El segundo recibe el afluente de la planta Kendale Lakes situada al suroeste de Miami. Esta planta es del mismo tipo que la Sunset Park.

Ambos pozos son de construcción similar, comienzan con 3 camisas concéntricas debidamente cementadas terminando a una profundidad del orden de 1,000 m.

La calidad del líquido a inyectar en ambas instalaciones, es prácticamente igual y puede resumirse como sigue:

Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)	30	mg/1
Turbiedad, expresada en unidades Jackson	50	
Conductividad eléctrica, en micromhos/cm	1 000	
Residuo de cloro, como Cl	0.5	mg/1
Coliform, MPN/100 ml	50	
Aceite y grasa	15	mg/1

La construcción de cada uno de estos pozos se inició con una perforación exploratoria para determinar las profundidades hasta donde las camisas debían llevarse y cementarse. Esta perforación incluyó tomas de muestras representativas de las formaciones del terreno a intervalos de unos 6 a 9 m. y sobre las mismas se determinaron inmediatamente en el campo la temperatura, la densidad, la conductividad eléctrica y los cloruros.

Análisis adicionales se hicieron en el laboratorio sobre un número de muestras seleccionadas.

Durante la perforación se corrieron varios registros de adhesión del cemento y registros de temperatura.

Estos últimos, corridos de 6 a 12 hs. después del cementado, corroboraron, por medio de las temperaturas del fraguado los datos de adhesión del cemento, obtenidos mas tarde por registros acústicos.

Los registros de temperatura permiten observar como en estos pozos el gradiente de temperatura es decreciente, en oposición a la ocurrencia normal. En el primer pozo, por ejemplo, la temperatura del agua bajo de 23°C a los 295 m. de profundidad a 16°C a los 900 m. La explicación de esta anomalía se atribuye al hecho de que las aguas profundas del mar en el Estrecho de la Florida son extremadamente frías, (7-10°C a 600 m. según Kohut 1967) y a que la alta transmisibilidad de los acuíferos profundos facilita el intercambio termal entre estas aguas.

La adecuada construcción de este tipo de pozos, envuelve, además del tubo de inyección del afluente en el estrato profundo sin riesgo de contaminación de los acuíferos superiores, una protección de estos otros acuíferos por medio de un sistema de control continuo formando parte integral del pozo en sí. Por este motivo se utilizaron tres camisas con un diámetro de 30 pulgadas que atraviesa el acuífero potable freático, penetra una distancia conservadora en el estrato impermeable que le sirve de base, y está cementada en toda su extensión. La camisa intermedia, de 22 pulgadas en el pozo 2, también cementada en toda su longitud, atraviesa el acuífero freático y parte de los estratos impermeables que le siguen en orden descendente. A partir de ese nivel, la perforación continúa con el diámetro de la camisa intermedia, pero sin camisa o "abierta" a través de todo el espesor del acuífero artesiano superior, y termina al encontrar los estratos impermeables que lo separan de la "zona de bloques" o zona de inyección. La camisa interior, de 16 pulgadas de diámetro, penetra todas las formaciones superiores y continúa hasta una profundidad prudencial dentro de los estratos impermeables inferiores situados directamente sobre la "zona de bloques". Esta camisa está cementada en todo el tramo final donde penetra en los estratos impermeables profundos. Desde el extremo inferior de la camisa interior, los pozos continúan como perforación abierta atravesando primero las capas inferiores de estratos impermeables y penetrando después en la parte superior de la "zona de bloques" o estrato de alta transmisibilidad, donde el afluente inyectado entra en la formación.

La vigilancia de la posible migración del líquido inyectado en ambos pozos se hace por registro continuo de presión y conductividad eléctrica del agua en el espacio anular, entre la camisa interior y la del medio.

## OBJETIVOS Y REQUISITOS DE LOS POZOS DE INYECCION

A partir del conocimiento adquirido, tanto mediante la información recopilada como por los pozos perforados y pruebas efectuadas, se formularon los objetivos, requisitos y medidas básicas para la construcción y operación de pozos de inyección, los cuales se tratan a continuación.

El objetivo original de los pozos de inyección, fué sin duda la eliminación de residuos. Este objetivo original sigue siendo el primordial, pero los adelantos y desarrollo en la tecnología han traído otros objetivos.

En general podemos decir que los pozos de inyección se pueden construir con seis objetivos. Estos son:

- 1.- Eliminación de residuos, evitando el tratamiento superficial o parcial de los mismos.
- 2.- El almacenamiento indefinido en el subsuelo.
- 3.- La descarga futura al mar por medio de un acuífero que conecta con océanos y mares.
- 4.- El tratamiento anaeróbico natural a profundidad.
- 5.- El almacenamiento de aguas torrenciales u otras para posible reuso futuro.

Para evitar el tratamiento superficial, total o parcial, por medios físico-químicos, biológicos o combinados, representa ahorros notables no solo en costos de construcción sino aún en cifras mucho mas altas de costos de operación y mantenimiento. El almacenamiento indefinido presupone la presencia de un acuífero totalmente aislado y se ha tratado de usar en casos de residuos de contenido radiológico.

La descarga futura al mar requiere la presencia de acuíferos salobres o salados conectados con océanos, bahías o mares. Como el movimiento de las aguas subterráneas es generalmente muy lento, el tiempo de tránsito entre el pozo de inyección y el mar es de años o cientos de años. La descarga al mar cuando llegue, será de líquidos diluidos, autodepurados y en forma difusa, no concentrada como en el caso de una tubería o conducto.

La autodepuración de los líquidos inyectados se efectúa en el subsuelo bajo condiciones anaeróbicas a no ser que el residuo contenga sustancias tóxicas o se haga en condiciones que impidan dicho proceso. Se puede contar entonces con un tratamiento natural a profundidad que aunque muy lento reducirá a un mínimo el contenido orgánico y algunos inorgánicos (nitratos y sulfatos).

Por último se trata de almacenar aguas pluviales o torrenciales en acuíferos salobres o salados para que desplazando el agua nativa puedan convertirse en verdadero almacenamiento de agua dulce.

### REQUISITOS BASICOS PARA LA INYECCION

La inyección de aguas residuales en sondeos profundos puede realizarse con éxito, previniendo la contaminación de acuíferos potables y de otras fuentes superficiales de agua dulce, cuando se cumplen cinco requisitos básicos.

Estos son:

- 1.- Existe un acuífero o estrato permeable capaz de aceptar el agua residual.
- 2.- Las características hidráulicas y estructurales del acuífero receptor no sufren cambios notables como consecuencia de la inyección.
- 3.- La descarga del agua residual no impide o afecta el posible uso, presente o futuro, del agua en el acuífero receptor.

- 4.- La descarga del agua residual no impide o afecta el uso, presente o futuro, de las aguas nativas vecinas, superficiales o en otros-acuíferos colindantes.
- 5.- La instalación es bien diseñada de acuerdo con:
  - a).- La hidrogeología local,
  - b).- Las características de las aguas a inyectar y su reacción con las nativas.
  - c).- El método de construcción y perforación a usar.

Cuando se cumplen estos requisitos y se toman ciertas precauciones en el diseño y construcción del sistema, así como durante la operación del mismo, se puede disponer de un sistema de inyección eficaz y seguro.

#### CONDICIONES REGULATORIAS

Las condiciones que deben regular la construcción de un sistema de pozos de inyección, son los puntos siguientes.

- 1.- Analizar y estudiar cada instalación, de acuerdo con la geología e hidrología local.
- 2.- Proveer el máximo tratamiento posible al agua regional antes de la inyección.
- 3.- Construir un pozo exploratorio inicial, en la localidad que se estudia, con el objeto de comprobar las características hidrogeológicas.
- 4.- Analizar cuidadosamente los datos de perforación.
- 5.- Estudiar la compatibilidad del líquido a inyectar con la formación y el agua nativa del acuífero receptor.
- 6.- Diseñar satisfactoria y adecuadamente el sistema, tanto del pozo de inyección como de los pozos de observación.
- 7.- Mantener una continua vigilancia de las condiciones de inyección así como del comportamiento del acuífero inmediatamente arriba del receptor.

Es conveniente que el acuífero receptor tenga por lo menos 1,500 mg/l de cloruros, o un ión similar. El acuífero inmediato superior, debe ser salobre y estar separado de las aguas potables superiores por estratos prácticamente impermeables.

#### MEDIDAS PARA PREVENIR LA CONTAMINACION

Estas medidas tienen que tomarse durante cada una de las tres etapas en la vida y desarrollo de un sistema. Estas etapas son:

- 1.- El planeamiento y diseño
- 2.- La construcción
- 3.- La operación.

Las medidas para el planeamiento y diseño deben contemplar integralmente aquellas para la construcción y la operación. Aquellas para la operación consisten esencialmente en el establecimiento de un sistema de vigilancia que permita no solo regular la operación sino además anticipar posibles problemas y sus remedios.

#### PLANTEAMIENTO Y DISEÑO DEL SISTEMA

Los requisitos esenciales de esta etapa son:

- 1.- Conocer la hidrogeología de la zona.
- 2.- Conocer la calidad, cantidad y variaciones del fluido a inyectar.
- 3.- Determinar el efecto que pueda existir entre el fluido a inyectar con la estructura y calidad del agua del acuífero receptor.
- 4.- Determinar los requisitos de pretratamiento necesario para el líquido a inyectar y sus costos.
- 5.- Confirmar la hidrogeología del lugar por medio de un sondeo de prueba y determinar además:
  - a). La localización, calidad del agua y usos presentes y futuros, de otros acuíferos del lugar.
  - b). La localización, calidad del agua y usos presentes y futuros, del acuífero receptor.
  - c). La localización y características de las capas permeables que aíslan el acuífero receptor y los otros acuíferos.
  - d). La capacidad de inyección, carga potenciométrica, presiones de inyección y características del acuífero receptor.
- 6.- Seleccionar los materiales óptimos para el encamisado y cementado de los sondeos o pozos de inyección.
- 7.- Seleccionar los métodos de construcción.
- 8.- Proveer los detalles de construcción necesarios para permitir la futura observación durante las pruebas y la operación.
- 9.- Determinar programas de emergencia para el caso de interrupción de la inyección.
- 10.- Estimar el movimiento y futura descomposición de las aguas inyectadas.

#### CONSTRUCCION DEL SISTEMA

Recomendar el tipo de construcción mas adecuado, de acuerdo a las características del lugar. Para ello, se tienen algunas experiencias, como las mencionadas en párrafos anteriores.

#### VIGILANCIA DE OPERACION

El sistema de vigilancia variará de un sistema a otro, de acuerdo con el tipo de fluido que se inyecte, la hidrogeología del lugar y el tipo de instalación del cual el sistema de inyección forme parte (industrial, municipal, etc). No obstante hay una serie de observaciones que son prácticamente comunes para todos los sistemas. Estas son:

- 1.- Caudal o gasto que se inyecta.
- 2.- Presión de cabezal de inyección o carga potenciométrica de inyección en el pozo.
- 3.- Presión o carga potenciométrica del acuífero o acuíferos vecinos al acuífero receptor y que pueden ser afectados por la inyección.

La vigilancia de los tres puntos anteriores debe hacerse en forma continua con registradores que permitan un análisis de variaciones de presión con gastos y con otros factores hidrogeológicos y atmosféricos.

- 4.- La calidad física y química del líquido que se inyecta. Las determinaciones a efectuar serán de acuerdo con el fluido a inyectar y sus características.
- 5.- El sistema de vigilancia debe incluir uno o varios pozos de observación, o de espacios anulares, que permita determinar el aislamiento y movimiento del fluido inyectado y su posible migración a

zonas donde puede causar problemas de contaminación.

## CONCLUSIONES

La solución que parece mas factible a la eliminación de aguas negras es el tratamiento de éstas y la inyección de los residuos líquidos en pozos de absorción, llevados a profundidades tales que no produzcan efectos perjudiciales.

Las rocas calcáreas permeables que conforman el subsuelo tienen un espesor de entre 50 y 125 m. y bajo éstas se encuentran lutitas calcáreas impermeables.

La edad de los sedimentos permeables es Mioceno Inferior, mientras que los materiales impermeables que los subyacen pertenecen al Oligoceno Superior.

El acuífero contenido en la porción permeable de las rocas, fué dividido en zona con agua dulce y zona con agua salada.

Las aguas dulces se encuentran en la parte superior y cuentan con un espesor que fluctúa de 35 a 65 m. Se caracterizan por contener menos de 1,000 p.p.m. de S.T.D.

Las aguas saladas se encuentran bajo el horizonte de agua dulce y se caracterizan por contener hasta 15,000 p.p.m. de sales.

El contacto entre las zonas con agua dulce y salada fué denominado interfase salina.

Bajo la interfase salina, se contaron algunos horizontes de material impermeable y poco permeable, los cuales posiblemente funcionen como separadores de los acuíferos dulce y salado.

El acuífero salado es permeable y acepta la inyección de residuos a partir de la superficie.

## RECOMENDACIONES

Iniciar la inyección a través de los pozos construidos y mantener una constante vigilancia mediante pozos de observación a fin de conocer si los residuos inyectados suben a la zona de aguas dulces.

Continuar efectuando estudios del subsuelo, a fin de resolver las muchas incognitas surgidas durante la realización de este trabajo, como son:

- ¿Que tipo de tratamiento se le debe dar al agua residual, previamente a su inyección?
- ¿Cual será la reacción del agua y rocas naturales del subsuelo, ante la presencia de los residuos incorporados al acuífero?
- ¿Producirán los residuos incrustación en las tuberías y en el acuífero, o corrosión?
- ¿El ambiente en el horizonte inyectado favorecerá el crecimiento de cierto tipo de organismos?
- ¿Cual será el efecto de un dispositivo subterráneo de residuos municipales e industriales dentro de algunas décadas?

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Andrews, F., Status and Design Criteria of Deep Well Injection projects in Florida, Environment Short Course, Florida Engineering Society, Engineers in Government-Practice Session, deep well injection criteria, section 2, Tallahassee Florida, 1973.

Back William and Bruce Hanshaw, 1970, Comparison of the Chemical

Hydrogeology of the Carbonate Peninsulas of Florida and Yucatán. Journal of hydrology, Volumen, No.4. -

Black, Crow and Eidsness, Inc., Engineering report for the city of Gainesville, Florida: Ten-Year Master Plan for water Electric and Sewerage Systems Project No. 110-65-R, Gainesville, Florida, September, 1965. -

Black, Crow and Eidsness, Inc. Engineering report of Drilling and Testing of Deep Disposal Well for the Peninsular Utilities Corporation, Coral Gables, Florida, February, 1970. -

Black, Crow an Eidsness, Inc. Engineering Report on the Drilling and Testing of the Second Deep Injection Well for General Waterworks Corporation at Kendale Lakes Wastewater Treatment Plant, Dade County, Florida, July, 1972. -

García Bengochea, J. T., Informe al Acueducto de Cárdenas sobre la Contaminación de su Fuente de Abastecimiento, Reporte inédito, La Habana, Cuba, Marzo 9 de 1959. -

García Bengochea, J.E., Recharge of Carbonaceous Saline Aquifer of South Florida with Treated Sanitary Wastewater, presented at the Artificial Groundwater Recharge Conference, University of Reading, Berkshire, England, September 1970. -

Kaufman, M.I., Goolsby, D.A., and Faulkner, G.L. Injection of Acidic Industrial Waste into a Saline Carbonate Aquifer: Geochemical aspects, in J. Braunst ein, ed, Under Ground Waste Mannagement and Artificial Recharge: American Association of Petroleum Geologists, vol.1, pp.526-551. 1973. - -

Kohout, F.A., Grounwater Flow and the Geothermal Regime of the Floridian Plateau, Trans, Gulf Coast Association of Geological Societies. vol.27 pp. 339-354, 1967. - -

Lesser I. Juan Manuel, 1976, Estudio Hidrogeológico e Hidrogeoquímico de la Peninsula de Yucatán. Dirección de Geohidrología y de Zonas Aridas, S.A.R.H., Proyecto CONACYT-NSF-704. -

Lichtler, W.F., et al, Water Resources of Orange County, Florida Geological Survey Report of Investigation No.50, Tallahassee, Florida, 1968. -

State of Florida Departament of Pollution Control, Proposed Rule on-Advanced Waste Treatment, Amending Department, Rule 17-3, Florida Administrative Code, July, 1972.



-17-

DESCRIPCION PETROLOGICACOLUMNA LITOLOGICA DEL POZO CORDEMEX No. 1

0.00	-	3.00	CRETA COLOR BLANCA CON TIERRA VEGETAL
3.00	-	5.00	ARCILLA CON CRETA
5.00	-	11.00	CALIZA COLOR BLANCA CON MACROFAUNA
11.00	-	15.00	CALIZA ARENOSA COLOR CREMA
15.00	-	27.00	CALIZA CON GRAVILLA CALCAREA DE COLOR BLANCA-CREMA
27.00	-	29.00	CALIZA RECRISTALIZADA COLOR CAFE MUY COMPACTA
29.00	-	31.00	ARENA COLOR CREMA
31.00	-	38.00	DOLOMITA COLOR CAFE
38.00	-	42.00	DOLOMITA CALCAREA
42.00	-	43.00	GRAVILLA DOLOMITICA
43.00	-	62.00	DOLOMITA CAFE OSCURA
62.00	-	65.00	LODO ARCILLOSO COLOR VERDE OSCURO
65.00	-	78.00	DOLOMITA CALCAREA CON LODO ARCILLOSO COLOR VERDE OSCURO
78.00	-	82.00	LODO ARCILLOSO COLOR VERDE OSCURO
82.00	-	83.00	GRAVILLA DOLOMITICA COLOR OSCURA
83.00	-	84.00	LODO ARCILLOSO
84.00	-	88.00	DOLOMITA
88.00	-	90.00	LODO ARCILLOSO
90.00	-	98.00	DOLOMITA
98.00	-	130.00	CALIZA ARCILLOSA COLOR CREMA ACEITUNA CON BASTANTE MACROFAUNA Y HORIZONTES DE PEDERNAL.
130.00	-	190.00	ARENAS Y GRAVAS DE COMPOSICION DE LODO CALCAREO COLOR VERDE SECO MUY DELEZNABLE
190.00	-	199.00	ARCILLA DE COLOR VERDOSO ALGO PLASTICA CON TRAZAS DE CALIZA
199.00	-	232.00	CALIZA ARCILLOSA COLOR VERDE SECO MUY DELEZNABLE
232.00	-	235.00	ARCILLA CALCAREA DE COLOR CAFE CLARO DELEZNABLE
235.00	-	239.00	CALIZA ARCILLOSA DE COLOR VERDE SECO MUY DELEZNABLE
239.00	-	240.00	CALIZA DE COLOR GRIS OSCURO DELEZNABLE
240.00	-	262.00	ARCILLA DE COLOR CAFE CLARO TIRANDO A VERDE SECO PLASTICA - CON MUY ESCASA CALIZA.

## POZO CORDEMEX No. 1

## DETALLE:

- 2 m Fragmentos de moluscos.
- 5 m Fragmentos de moluscos. Cibicides sp.
- 6 m Fragmentos de moluscos. Cibicides sp.
- 13 m Edad: Mioceno Inferior. Ambiente: Plataforma Interna.  
Fragmentos de moluscos. Ostracodas.  
Globigerinoides quadrilobato primordia Blow  
Gs. triloba triloba (Reuss)  
Gs. triloba inmatura LeRoy  
Gs. bollii Blow  
Globigerina sp.  
Miocypsis sp.  
Amphistegina lessonii bowdenensis Palmer  
Amphistegina sp.  
Elphidium saorum (d'Orbigny)  
E. discoidale (d'Orbigny)  
Florilus hantkeni (Cushman y Applin)
- 14 m Fragmentos de moluscos.  
Sin planctónicos.  
Elphidium saorum (d'Orbigny)  
E. discoidale (d'Orbigny)
- 14bis m Fragmentos de moluscos.  
Sin planctónicos.  
Elphidium saorum (d'Orbigny)  
Hanzawaia americana (Cushman)  
Discorbis sp.
- 30 m Fragmentos de moluscos.  
Sin planctónicos.  
Hanzawaia americana (Cushman)  
Ammonia beccarii (Linné)  
Elphidium saorum (d'Orbigny)  
E. crispum (Linné)  
E. discoidale (d'Orbigny)  
Florilus commune (d'Orbigny)  
Discorbis sp.
- 38 m Fragmentos de moluscos. Ostracodas.  
Sin planctónicos.  
Elphidium crispum (Linné)  
E. saorum (d'Orbigny)  
E. discoidale (d'Orbigny)  
Hanzawaia americana (Cushman)
- 43 m Sin founa.
- 46 m Fragmentos de moluscos. Ostracodas.  
Sin planctónicos.  
Hanzawaia americana (Cushman)  
Elphidium discoidale (d'Orbigny)
- 54 m Fragmentos de moluscos.  
Sin planctónicos.  
Sarites sp. (fragmento)
- 62 m Fragmentos de moluscos. Ostracodas. (Aparentemente fuera de lugar)  
Globigerina marialuisae Bermúdez  
Globorotalia obesa Balli  
Gs. continua Blow  
Globigerinoides robleae Gómez Ponce MS  
Gs. triloba sacculifera (Brady)  
Gs. triloba triloba (Reuss)  
Gs. triloba inmatura LeRoy  
Gs. sp.  
Globigerinita sp.
- Rectuvigerina curta (Cushman)  
Hauerina fragilissima (Brady)  
Uvigerina sp.  
Sigmaloipsis sp.  
Textularia kuileri Cushman y Reza  
Florilus commune (d'Orbigny)  
Uvigerina pygmaea d'Orbigny  
Lenticulina spp.  
L. theta Cole  
Saracenaria ampla Cushman y Todd  
S. arcuata (d'Orbigny)  
Caneris primitiva Cushman y Todd  
Discorbis cf. D. araucana (d'Orbigny)  
Discorbinitella Haridensis (Cushman)
- 45 m Fragmentos de moluscos. Ostracodas.  
Globigerinoides triloba triloba (Reuss)  
Gs. triloba inmatura LeRoy  
Miocypsis sp.  
Elphidium saorum (d'Orbigny)  
E. discoidale (d'Orbigny)  
E. crispum (Linné)  
Amphistegina sp.  
A. lessonii bowdenensis Palmer  
Florilus hantkeni (Cushman y Applin)
- 70 m Fragmentos de moluscos. Ostracodas.  
Globigerinoides bollii Blow  
Gs. triloba inmatura LeRoy  
Globigerina sp.  
Miocypsis sp.  
Archais sp.  
Florilus commune (d'Orbigny)  
F. hantkeni (Cushman y Applin)  
Amphistegina lessonii bowdenensis Palmer  
A. sp.  
Elphidium saorum (d'Orbigny)  
E. sp.  
Discorbis spp.
- 78 m Fragmentos de moluscos. Ostracodas.  
Globorotalia continua Blow  
Globigerina sp.
- Globorotaloides variabilis Balli  
Globigerinoides inmatura LeRoy  
Gs. bollii Blow  
Miocypsis sp.  
Lepidocyclina sp.  
Discorbis sp.  
Elphidium saorum (d'Orbigny)  
E. discoidale (d'Orbigny)  
Florilus scaphus (Fichtel y Mall)  
F. hantkeni (Cushman y Applin)  
Amphistegina chipolensis Cushman y Ponton  
A. lessonii bowdenensis Palmer  
A. sp.  
Hanzawaia americana (Cushman)
- 85 m Fragmentos de moluscos. Ostracodas.  
Globigerina marialuisae Bermúdez  
Gs. sp.  
Sphaeroidinellopsis ? sp.  
Amphistegina lessonii bowdenensis Palmer  
A. chipolensis Cushman y Ponton  
A. sp.  
Elphidium saorum (d'Orbigny)  
E. discoidale (d'Orbigny)  
Florilus commune (d'Orbigny)  
F. hantkeni (Cushman y Applin)
- 86 m Fragmentos de moluscos, equinodermos y dientes de peces. Ostracodas.  
Globorotalia obesa Balli  
Globigerina praebulloides Blow  
Gs. marialuisae Bermúdez  
Globigerinoides quadrilobata primordia Blow  
Gs. triloba inmatura LeRoy  
Gs. triloba triloba (Reuss)  
Gs. cancellata Copeland  
Gs. robleae Gómez Ponce MS  
Globorotalia boreensis LeRoy  
Hastigerina siphonifera (d'Orbigny)  
Miocypsis sp.  
Florilus hantkeni (Cushman y Applin)  
F. scaphus (Fichtel y Mall)  
F. commune (d'Orbigny)

- Elphidium sagrum (d'Orbigny)  
E. discoidale (d'Orbigny)  
Amphistegina chipolensis Cushman y Ponton  
A. lessonii bowdenensis Palmer  
A. sp.
- 93 m Fragmentos de moluscos, equinodermos, dientes de peces. Ostracodas.  
Globigerinoides cf. G. bollii Blow  
Globigerina marialuisae Bermúdez
- Amphistegina lessonii bowdenensis Palmer  
A. sp.  
A. chipolensis Cushman y Ponton  
Elphidium sagrum (d'Orbigny)  
E. discoidale (d'Orbigny)
- 94 m Dientes de peces, fragmentos de moluscos. Ostracodas.  
Globigerinoides quadrilobata primordia ? Blow
- Amphistegina lessonii bowdenensis Palmer  
Elphidium sp.
- 95 m Fragmentos de equinodermos, dientes de peces. Ostracodas.  
Globigerinoides triloba inmatura LeRoy
- Amphistegina sp.  
Elphidium discoidale (d'Orbigny)  
E. sagrum (d'Orbigny)  
Hanzowia americana (Cushman)  
Florilus hanikeni (Cushman y Applin)  
Discorbis sp.
- 102 m Fragmentos de equinodermos, moluscos pequeños y fragmentos de moluscos. Ostracodas.  
Globigerinoides roblesoe Gómez Ponce MS  
Globigerina sp.
- Elphidium discoidale (d'Orbigny)  
E. sagrum (d'Orbigny)  
Amphistegina sp.
- 110 m Fragmentos de moluscos, equinodermos. Ostracodas.  
Globigerinoides roblesoe Gómez Ponce MS  
Gs. triloba inmatura LeRoy  
Globorotalia obesa Bolli
- Amphistegina sp.  
Elphidium sagrum (d'Orbigny)  
Florilus hanikeni (Cushman y Applin)  
F. scaphus (Fichtel y Moll)  
F. commune (d'Orbigny)
- 113 m Fragmentos de moluscos, equinodermos, dientes de peces. Ostracodas.  
Globigerina sp.
- Amphistegina chipolensis Cushman y Ponton  
A. sp.  
Elphidium sp.  
E. sagrum (d'Orbigny)  
Florilus hanikeni (Cushman y Applin)
- 118 m Fragmentos de moluscos, equinodermos, dientes de peces. Ostracodas.  
Globorotalia obesa Bolli  
Globigerina marialuisae Bermúdez  
Gg. apertura Cushman  
Globigerinoides roblesoe Gómez Ponce MS  
Gs. triloba inmatura LeRoy  
Gs. quadrilobata primordia Blow
- Amphistegina lessonii bowdenensis Palmer  
A. sp.  
Elphidium discoidale (d'Orbigny)  
E. sagrum (d'Orbigny)  
Florilus commune (d'Orbigny)  
F. scaphus (Fichtel y Moll)  
Discorbis sp.
- 121 m Fragmentos de moluscos, equinodermos. Ostracodas.  
Globorotalia obesa Bolli  
Globigerina gavalae (Perconing)  
Globigerinoides quadrilobata primordia Blow  
Gs. triloba triloba (Reuss)  
Hastigerina siphonifera (d'Orbigny)
- Amphistegina sp.  
Florilus commune (d'Orbigny)  
F. hanikeni (Cushman y Applin)  
Elphidium discoidale (d'Orbigny)  
E. sagrum (d'Orbigny)  
E. sp.  
Ammonia beccarii (Linné)
- 125 m Fragmentos de moluscos, equinodermos, dientes de peces. Ostracodas.  
Globigerina langhiana Cito y Gelati  
Gg. sp.  
Gg. marialuisae Bermúdez  
Gg. cf. G. planoexilis Bleicher  
Globigerinoides quadrilobata primordia Blow  
Gs. triloba inmatura LeRoy  
Globorotaloides variabilis Bolli
- Micogypsina sp.  
Amphistegina lessonii bowdenensis Palmer  
Elphidium discoidale (d'Orbigny)  
Florilus scaphus (Fichtel y Moll)  
F. commune (d'Orbigny)
- 126 m Fragmentos de moluscos, dientes de peces. Ostracodas.  
Globorotalia obesa Bolli  
Globigerina gavalae (Perconing)  
Globigerinoides quadrilobata primordia Blow  
Gs. roblesoe Gómez Ponce MS  
Hastigerina siphonifera (d'Orbigny)
- Amphistegina lessonii bowdenensis Palmer  
Elphidium discoidale (d'Orbigny)  
E. sagrum (d'Orbigny)  
Florilus commune (d'Orbigny)  
F. scaphus (Fichtel y Moll)
- 129 m Fragmentos de moluscos, equinodermos, dientes de peces. Ostracodas.  
Globorotalia obesa Bolli  
Globigerina marialuisae Bermúdez  
Gg. gavalae (Perconing)  
Gg. sp.
- Globigerinoides quadrilobata primordia Blow  
Gs. triloba triloba (Reuss)  
Gs. triloba inmatura LeRoy  
Hastigerina siphonifera (d'Orbigny)
- Amphistegina lessonii bowdenensis Palmer  
A. sp.  
Elphidium discoidale (d'Orbigny)  
Florilus scaphus (Fichtel y Moll)  
F. hanikeni (Cushman y Applin)
- 134 m Dientes de pescado, equinodermos. Ostracodas.  
Globigerina apertura Cushman  
Globigerinoides quadrilobata primordia Blow  
Gs. triloba triloba (Reuss)
- Amphistegina sp.  
Florilus commune (d'Orbigny)  
F. hanikeni (Cushman y Applin)  
Elphidium discoidale (d'Orbigny)  
E. sagrum (d'Orbigny)  
E. sp.  
Ammonia beccarii (Linné)
- 135 m Edad: Mioceno Inferior. Ambiente: Plataforma Media.  
Fragmentos de equinodermos, dientes de peces, abundantes Ostracodas.  
Globorotalia moyeri Cushman y Ellisar  
Gg. continuosa Blow  
Gg. obesa Bolli  
Gg. postcretacea Myatliuk  
Globigerina gavalae (Perconing)  
Gg. marialuisae Bermúdez  
Gg. ouachitensis pseudocteroensis Bolli  
Gg. woodi Jenkins  
Gg. saginata (Jenkins)  
Gg. ciproensis ciproensis Bolli  
Gg. parva Bolli  
Gg. foliata Bolli  
Gg. praebulloides Blow  
Gg. sallentina Doll  
Gg. globorotaloides Colom  
Gg. brozieri Jenkins  
Gg. bulloides Cushman

Florilus commune (d'Orbigny)  
F. scaphus (d'Orbigny)

145 m

Fragmentos de moluscos. Ostracodas.  
Globatolalia obesa Bolli  
Globigerina marialuisae Bermúdez  
Gg. sp.  
Gg. woodi connecta Jenkins  
Globigerinoides quadrilobatus primordia Blow  
Gs. triloba inmaturo LeRoy  
Globaquadrina venezolana (Hedberg)  
Discorbinello floridensis (Cushman)  
Textularia sp. (fragmento)  
Rectuvigerina curta (Cushman)  
Uvigerina sp.  
Discorbis cf. D. araucana (d'Orbigny)  
Amphisterina lessonii bowdenensis Palmer  
Florilus commune (d'Orbigny)  
F. scaphus (Fichtel y Moll)

146 m

Fragmentos de equinodermos y moluscos. Ostracodas.  
Globatolalia obesa Bolli  
Gr. continua ? Blow  
Globigerina apertura Cushman  
Gg. marialuisae Bermúdez  
Globigerinoides robleae Gómez Ponce MS  
Gs. quadrilobata primordia Blow  
Gs. triloba inmaturo LeRoy  
Globatolaloides variabilis Bolli  
Lenticulina spp.  
Saracenaria ampla Cushman y Todd  
Florilus commune (d'Orbigny)  
F. scaphus (Fichtel y Moll)  
F. hantkeni (Cushman y Applin)  
Ammonia beccarii (Linné)  
Uvigerina sp.  
Buliminella elegantissima (d'Orbigny)  
B. sp.  
Furzerkoina pontoni (Cushman)  
Brizalina sp.

Globigerinoides dinopolii Ogniben  
Gs. quadrilobata primordia Blow  
Gs. triloba inmaturo LeRoy  
Gs. triloba triloba (Reuss)  
Gs. robleae Gómez Ponce MS

Uvigerina pygmaea d'Orbigny  
U. sp.  
Lenticulina spp.  
L. americana (Cushman)  
Spiroplectammina mississippiensis (Cushman)  
Hanzawaia americana (Cushman)  
Siphonina sp.  
Discorbis cf. D. araucana (d'Orbigny)  
Islandiella californica (Cushman y Hughes)  
Ammonia beccarii (Linné)  
Amphisterina lessonii bowdenensis Palmer  
Elphidium discoidale (d'Orbigny)  
E. sagrum (d'Orbigny)  
Florilus commune (d'Orbigny)  
F. scaphus (d'Orbigny)  
Cribronion incertum (Williamson)

142 m

Fragmentos de equinodermos. Ostracodas.  
Globatolalia obesa Bolli  
Globigerina marialuisae Bermúdez  
Gg. woodi Jenkins  
Gg. ciproensis ciproensis Bolli  
Gg. apertura Cushman  
Globatolaloides variabilis Bolli  
Globigerinoides robleae Gómez Ponce MS  
Gs. dinopolii Ogniben  
Gs. triloba triloba (Reuss)  
Gs. triloba inmaturo LeRoy  
Lepidocyclusina sp.  
Lenticulina sp.  
Saracenaria ampla Cushman y Todd  
Discorbis cf. D. araucana (d'Orbigny)  
Uvigerina pygmaea d'Orbigny  
U. sp.  
Brizalina sp.  
Furzerkoina pontoni (Cushman)  
Rectuvigerina curta (Cushman)  
Amphisterina lessonii bowdenensis Palmer

206 m

Fragmentos de moluscos y equinodermos. Ostracodas.  
Globatolalia mayeri Cushman y Ellis  
Gs. sp.  
Gs. obesa Bolli  
Globigerina bulloides Cushman  
Gg. tripartita Koch  
Globaquadrina sellii ? Bonetti  
Globaquadrina venezolana (Hedberg)  
Globigerinoides quadriloba primordia Blow  
Gs. robleae Gómez Ponce MS  
Gs. triloba inmaturo LeRoy  
Gs. triloba altiapertura Bolli  
Hastigerina siphonitera (d'Orbigny)

Minotypina sp.  
Lenticulina spp.  
L. elata-limbata (Gumbel)  
Saracenaria arcuata (d'Orbigny)  
Margulinopsis sp.  
Reophax sp.  
Rectuvigerina curta (Cushman)  
Gaudryina pseudocollini Cushman y Jarvis  
Gaudryina sp.  
Hanzawaia americana (Cushman)  
Amphycoryna hirsuta (d'Orbigny)  
Florilus scaphus (Fichtel y Moll)  
F. commune (d'Orbigny)  
F. hantkeni (Fichtel y Moll)  
Uvigerina pygmaea d'Orbigny  
U. peregrina Cushman  
Astacolus veughani (Cushman)  
A. sp.  
Elphidium sagrum (d'Orbigny)  
Plectrotrondicularia alazonensis Cushman  
Buliminella elegantissima d'Orbigny  
Amphisterina lessonii bowdenensis Palmer  
Discorbis cf. D. araucana (d'Orbigny)  
Brizalina conica (Cushman)  
B. multicostrata (Cushman)  
Darbyella sp.

207 m

Fragmentos de moluscos, dientes de peces. Ostracodas.  
Globatolalia mayeri Cushman y Ellis  
Gr. obesa Bolli  
Globigerinoides robleae Gómez Ponce MS  
Gs. triloba triloba (Reuss)

198 m

Edad: Oligoceno Superior. Ambiente: Plataforma Media.

Fragmentos de moluscos y equinodermos.  
Globatolalia obesa Bolli  
Gr. mayeri Cushman y Ellis  
Gr. postcretacea Myatliuk  
Globigerina marialuisae Bermúdez  
Gg. woodi Jenkins  
Gg. similis ? Bondy  
Gg. ouachitaensis pseudociproensis Bolli  
Gg. sp.  
Gg. gavolae (Perconing)  
Gg. globatolaloides Colom  
Gg. cf. G. winkleri Bermúdez  
Gg. tripartita Koch  
Gg. apertura Cushman  
Gg. ciproensis ciproensis Bolli  
Globigerinoides robleae Gómez Ponce MS  
Gs. triloba inmaturo LeRoy  
Gs. triloba triloba (Reuss)  
Gs. dinopolii Ogniben  
Gs. triloba altiapertura Bolli  
Gs. sp.  
Hastigerina cf. H. bermudezi Bolli  
H. aequilateralis (d'Orbigny)  
Cosigasterinella cinipolensis (Cushman y Ponton)  
Globaquadrina venezolana (Hedberg)  
Globaquadrina sellii Bonetti

Lenticulina theta Cole  
Lenticulina sp.  
Saracenaria arcuata (d'Orbigny)  
S. ampla Cushman y Todd  
Rectuvigerina curta (Cushman)  
Nodosaria sp.  
Furzerkoina pontoni (Cushman)  
Siphonozaria sp.  
Chrysalonionium tenuicostata Cushman y Bermúdez  
Florilus commune (d'Orbigny)  
F. scaphus (Fichtel y Moll)  
Chrysalonionium lamiscatum Cushman y Jarvis  
Gaudryina pseudocollini Cushman y Steinforth  
Darbyella sp.  
Plectrotrondicularia mexicana (Cushman)  
Brizalina conica (Cushman)  
B. marginata (Cushman)  
B. multicostrata (Cushman)  
B. sp.  
Cassidulinoides bradyi (Norman)

Globigerina marialuisae Bermúdez

- Gg. sp.
- Gg. globarotaloides Colom
- Gg. euanthitensis pseudociperoensis Bolli
- Gg. gavalae (Perconing)
- Globoquadrina venezuelana (Hedberg)

Mitogypsis sp.

- Lenticulina sp.
- L. vaughani (Cushman)
- Astaculus sp.
- Saracenaria arcuata (d'Orbigny)
- Florilus scaphus (Fichtel y Moll)
- F. hantkeni (Cushman y Applin)
- F. commune (d'Orbigny)
- Rectuvigerina curta (Cushman)
- Brizalina conica (Cushman)
- B. marginata (Cushman)
- Gaudryina pseudocollinsi Cushman y Jarvis
- Amphistegina lessonii bowdenensis Palmer
- A. sp.
- Ephidium sagrum (d'Orbigny)
- Chrysalogonium longiscatum Cushman y Jarvis

209 m. Fragmentos de moluscos, equinodermos, dientes, briozoarios, Ostracoda

- Globarotalia obesa Bolli
- Gr. mayeri Cushman y Ellisar
- Globigerinoides robleae Gómez Ponce MS
- Gg. praebulloides oclusa Blow y Bonner
- Globigerina tripartita Koch
- Gg. sp.
- Gg. gavalae (Perconing)
- Globoquadrina sellii Borsetti
- Hostigierina siphonifera (Brady)

Mitogypsis sp.

- Astaculus vaughani (Cushman)
- Fursenkoina pontoni (Cushman)
- Florilus scaphus (Fichtel y Moll)
- Lenticulina sp.
- Uvigerina pygmaea d'Orbigny
- U. peregrina Cushman
- Paraoponides cribrorepanda Asano y Uchio
- Brizalina conica (Cushman)
- Rectuvigerina curta (Cushman)
- Amphistegina lessonii bowdenensis Palmer
- A. sp.

Ephidium sagrum (d'Orbigny)

- E. discoidale (d'Orbigny)
- Saracenaria ampla (Cushman y Todd)

214 m. Fragmentos de moluscos, equinodermos. Ostracodos.

- Globarotalia sp.
- Globigerina marialuisae Bermúdez
- Gg. spp.
- Gg. woodi Jenkins
- Gg. ciperensis ciperensis Bolli
- Gg. saginata Jenkins
- Globigerinoides triloba inmatura LeRoy
- Gs. triloba triloba (Reuss)
- Gs. bollii Bermúdez
- Gs. robleae Gómez Ponce MS
- Gs. dinopolii Ognibén
- Gs. triloba altiapertura Bolli
- Gs. quadrilobata primordia Blow
- Globoquadrina sellii Borsetti
- Globoquadrina venezuelana (Hedberg)
- Globoquadrina baroemaensis LeRoy
- Globigerinita sp.
- Casigerinella chipolensis (Cushman y Ponton)

Lenticulina sp.

- Hanzawaia americana (Cushman)
- Rectuvigerina curta (Cushman)
- Uvigerina canariensis d'Orbigny
- U. pygmaea d'Orbigny
- Bulimina striata d'Orbigny
- Bulimina nella elegantissima d'Orbigny
- Margulinopsis gauriensis Beckery Dussenbury
- M. sp.
- Florilus scaphus (Fichtel y Moll)
- F. hantkeni (Fichtel y Moll)
- F. commune (d'Orbigny)
- Saracenaria arcuata (d'Orbigny)
- Discorinella floridensis (Cushman)
- Ephidium sagrum (d'Orbigny)
- Ammonia beccarii (Linné)
- Sigammina sp.
- Brizalina conica (Cushman)
- B. multicosata (Cushman)
- B. marginata (Cushman)

222 m

Fragmentos de moluscos, equinodermos, pocos Ostracodos.

- Globarotalia obesa Bolli
- Globigerinoides robleae Gómez Ponce MS
- Gs. sp.
- Gs. triloba inmatura (Reuss)
- Gs. dinopolii Ognibén
- Globarotaloides variabilis Bolli
- Globigerina gavalae (Perconing)
- Gg. tripartita Koch
- Gg. praebulloides pseudociperoensis Bolli
- Gg. praebulloides praebulloides Blow
- Globigerinita sp.
- Hostigierina siphonifera (d'Orbigny)

Astaculus sp.

- Lenticulina spp.
- Saracenaria ampla Cushman y Todd
- S. arcuata (d'Orbigny)
- Uvigerina canariensis (d'Orbigny)
- U. peregrina Cushman
- U. sp.
- U. pygmaea d'Orbigny
- Rectuvigerina curta (Cushman)
- Brizalina conica (Cushman)
- B. multicosata (Cushman)
- B. marginata (Cushman)
- Florilus scaphus (Fichtel y Moll)
- F. commune (d'Orbigny)
- Hanzawaia americana (Cushman)
- Quinqueloculina sp.

230 m

Fragmentos de moluscos, dientes. Ostracodos ornamentados.

- Globarotalia mayeri Cushman y Ellisar
- Globigerinoides robleae Gómez Ponce MS
- Globigerina ciperensis ciperensis Bolli
- Gg. tripartita Koch
- Gg. bollii Blow
- Gg. praebulloides pseudociperoensis Bolli
- Gg. sp.
- Globoquadrina venezuelana (Hedberg)
- Hostigierina cf. H. bermudezi Bolli
- H. aequilateralis (Brady)
- Casigerinella chipolensis (Cushman y Ponton)

Astaculus sp.

- Saracenaria arcuata (d'Orbigny)
- S. ampla Cushman y Todd
- S. sp.
- Hanzawaia americana (Cushman)
- Rectuvigerina curta (Cushman)
- Florilus commune (d'Orbigny)
- Uvigerina pygmaea d'Orbigny
- U. sp.
- Brizalina marginata (Cushman)
- B. conica (Cushman)
- B. multicosata (Cushman)
- Chrysalogonium longiscatum Cushman y Jarvis
- Fursenkoina pontoni (Cushman)
- Quinqueloculina sp.

231 m

Fragmentos de equinodermos, dientes, Ostracodos lisos.

- Globarotalia mayeri Cushman y Ellisar
- Globigerina bulloides Cushman
- Gg. marialuisae Bermúdez
- Globigerinoides triloba inmatura (Reuss)
- Gs. quadrilobata primordia Blow
- Globarotaloides variabilis Bolli

Chrysalogonium longiscatum (Cushman y Jarvis)

- Ephidium discoidale (d'Orbigny)
- Florilus scaphus (Fichtel y Moll)
- F. commune (d'Orbigny)
- Fursenkoina pontoni (Cushman)
- Lenticulina sp.
- Rectuvigerina curta (Cushman)
- Brizalina marginata (Cushman)
- Uvigerina pygmaea d'Orbigny
- U. sp.

238 m

Fragmentos de moluscos.

- Globarotalia obesa Bolli
- Gr. mayeri Cushman y Ellisar
- Globigerina gavalae (Perconing)
- Gg. bulloides Cushman
- Gg. marialuisae Bermúdez
- Gg. euanthitensis pseudociperoensis Bolli
- Globigerinoides dinopolii Ognibén
- Gs. robleae Gómez Ponce MS

Globoquadrina venezuelana (Hedberg)  
Hastigerina siphonifera (d'Orbigny)

Gypina vesicularis (Parker and Jones)  
Saracenaria ampla Cushman and Todd  
S. arcuata (d'Orbigny)  
Rectuvigerina curta (Cushman)  
Chrysalogonium longiscatum Cushman and Jarvis  
Lenticulina spp.  
Brizalina marginata (Cushman)  
Uvigerina pygmaea d'Orbigny  
Fusenkaina pontani (Cushman)  
Florilus commune (d'Orbigny)  
F. scaphus (Fichtel y Moll)

245 m.

Fragmentos de moluscos.  
Globorotalia obesa Bolli  
Globigerinoides robleae Gómez Ponce MS  
Gs. dinopolii Ogniben  
Gs. triloba imatura (Reuss)  
Globigerina tripartita Koch  
Gg. ouachitensis pseudociperoensis Bolli  
Gg. marialuisae Bermúdez  
Globoquadrina sellii Borsetti  
Globoquadrina venezuelana (Hedberg)  
Hastigerina siphonifera (d'Orbigny)  
H. cf. H. bermudezi Bolli  
Globigerinita sp.

Lenticulina spp.  
Saracenaria arcuata (d'Orbigny)  
S. ampla Cushman and Todd  
Chrysalogonium longiscatum Cushman and Jarvis  
Uvigerina pygmaea d'Orbigny  
Rectuvigerina curta (Cushman)  
Florilus commune (d'Orbigny)  
F. scaphus (Fichtel y Moll)  
Uvigerina sp.  
Brizalina marginata (Cushman)

246 m

Abundantes fragmentos de moluscos, equinodermos. Ostracodos lisos  
Globorotalia mayeri Cushman and Ellisor  
Gr. sp.

Globigerina bullaoides Cushman  
Gg. marialuisae Bermúdez  
Gg. gavalae (Perconing)  
Gg. sp.  
Gg. tripartita Koch  
Globigerinoides robleae Gómez Ponce MS  
Globoquadrina venezuelana (Hedberg)  
Globoquadrina sellii Borsetti  
Globigerinita sp.  
Hastigerina cf. H. bermudezi Bolli  
H. siphonifera (d'Orbigny)

Gypina globularis (Parker and Jones)  
Quinqueloculina sp.  
Saracenaria arcuata (d'Orbigny)  
S. ampla Cushman and Todd  
Lenticulina spp.  
Chrysalogonium longiscatum Cushman and Jarvis  
Uvigerina pygmaea d'Orbigny  
Florilus scaphus (d'Orbigny)  
Brizalina marginata (Cushman)  
Rectuvigerina curta (Cushman)  
Florilus commune (d'Orbigny)

247 m

Fragmentos de moluscos y equinodermos.  
Globorotalia obesa Bolli  
Gr. mayeri Cushman and Ellisor  
Globigerina tripartita Koch  
Gg. gavalae (Perconing)  
Gg. marialuisae Bermúdez  
Gg. turritina turritina Blow and Banner  
Gg. sp.  
Gg. ouachitensis pseudociperoensis Bolli  
Globoquadrina sellii Borsetti  
Globoquadrina venezuelana (Hedberg)  
Globigerinoides dinopolii Ogniben  
Gs. robleae Gómez Ponce MS  
Gs. triloba triloba (Reuss)  
Hastigerina siphonifera (d'Orbigny)

Gypina vesicularis (Parker and Jones)  
Chrysalogonium longiscatum Cushman and Jarvis  
Saracenaria arcuata (d'Orbigny)  
S. ampla Cushman and Todd  
Quinqueloculina spp.

Lenticulina spp.  
Rectuvigerina curta (Cushman)  
Archais aduncus (Fichtel y Moll)  
Florilus commune (d'Orbigny)  
F. scaphus (Fichtel y Moll)  
Uvigerina pygmaea d'Orbigny  
U. peregrina Cushman  
Brizalina marginata (Cushman)  
B. multicastrata (Cushman)

251 m

Globorotalia mayeri Cushman and Ellisor  
Gr. obesa Bolli  
Globigerinoides robleae Gómez Ponce MS  
Gs. quadrilobata primordia Blow  
Gs. triloba albiapertura Bolli  
Gs. triloba triloba (Reuss)  
Gs. triloba imatura LeRoy  
Globigerina sp.  
Gg. gavalae (Perconing)  
Gg. marialuisae Bermúdez  
Gg. parva Bolli  
Globoquadrina venezuelana (Hedberg)  
Globorotaloides variabilis Bolli  
Globigerinita sp.  
Hastigerina siphonifera (d'Orbigny)  
Cassigerinella chipolensis (Cushman y Ponton)

Mectrofrondicularia alazanensis Cushman  
Brizalina marginata (Cushman)  
Bulminella elegantissima (d'Orbigny)  
Saracenaria ampla Cushman and Todd  
S. arcuata (d'Orbigny)  
S. sp.  
Canaris auricula (Fichtel y Moll)  
Canaris sp.  
Florilus sp.  
Fusenkaina pontani (Cushman)  
Uvigerina pygmaea d'Orbigny  
U. peregrina Cushman  
U. sp.  
Chrysalogonium longiscatum Cushman and Jarvis  
Spirolectomina mississippiensis (Cushman)  
Gyroidinoides venezuelana Renz  
Rectuvigerina curta (Cushman)  
Planulina sp.

254 m

Fragmentos de moluscos, equinodermos. Ostracodos lisos.  
Globorotalia mayeri Cushman and Ellisor  
Gr. obesa Bolli  
Globigerinoides robleae Gómez Ponce MS  
Globigerina tripartita Koch  
Gg. bullaoides Cushman  
Gg. praebullaoides pseudociperoensis Bolli  
Gg. parva Bolli  
Gg. ciperoensis ciperoensis Bolli  
Globoquadrina venezuelana (Hedberg)  
Globigerinita sp.  
Hastigerina cf. H. bermudezi Bolli

Lenticulina spp.  
Saracenaria ampla Cushman and Todd  
S. arcuata (d'Orbigny)  
Quinqueloculina sp.  
Canaris sp.  
Amphistegina lessonii bowdenensis Palmer  
Uvigerina pygmaea d'Orbigny  
U. sp.  
U. canariensis d'Orbigny  
Harzawaia americana (Cushman)  
Rectuvigerina curta (Cushman)  
Brizalina marginata (Cushman)  
B. multicastrata (Cushman)  
Florilus scaphus (Fichtel y Moll)  
F. hantkeni (Fichtel y Moll)  
Chrysalogonium longiscatum Cushman and Jarvis

259 m

Fragmentos escasos de equinodermos.  
Globorotalia obesa Bolli  
Globoquadrina venezuelana (Hedberg)  
Globoquadrina sellii Borsetti  
Globigerina tripartita Koch  
Globorotalia mayeri Cushman and Ellisor  
Globigerina praebullaoides praebullaoides Blow  
Gg. ciperoensis ciperoensis Bolli  
Globigerinoides robleae Gómez Ponce MS  
Gs. dinopolii Ogniben  
Globigerinita sp.  
Hastigerina siphonifera (Brady)  
Cassigerinella chipolensis (Cushman y Ponton)

Lenticulina spp.  
Canaris auricula (Fichtel y Moll)

Saracenaria arcuata (d'Orbigny)  
S. ampla Cushman y Todd  
S. sp.  
Rectuvigerina curta (Cushman)  
Uvigerina pyramica d'Orbigny  
Quinqueloculina sp.  
Florilus scaphus (Fichtel y Moll)  
F. commune (d'Orbigny)  
Fursenkoina pontoni (Cushman)  
Gyroidinoides venezuelana Renz  
Brizalina marginata (Cushman)  
B. conica (Cushman)  
B. multicostrata (Cushman)  
Buliminella sp.  
Cassidulinoides bradyi (Norman)  
Chrysalogonium longiscatum Cushman y Jarvis  
Plectofrondicularia alazanensis Cushman

262 m

Globorotalia obesa Bolli  
Gr. mayeri Cushman y Ellisor  
Globoquadrina venezuelana (Hedberg)  
Globoquadrina sellii Borsetti  
Globigerinoides quadrilobata primordia Blow  
Gs. triloba triloba (Reuss)  
Gs. triloba altiapertura Bolli  
Globigerina tripartita Koch  
Gg. bulloides Cushman  
Gg. sp.  
Gg. parva Bolli  
Globigerinita sp.  
Hastigerina siphonifera (Brady)

Gypsinia vesicularis Parker y Jones  
Saracenaria ampla Cushman y Todd  
S. arcuata (d'Orbigny)  
Saracenaria sp.  
Lenticulina spp.  
Florilus scaphus (Fichtel y Moll)  
Rectuvigerina curta (Cushman)  
Quinqueloculina sp.  
Discorbis araucana (d'Orbigny)  
Fursenkoina pontoni (Cushman)

Uvigerina sp.  
Brizalina marginata (Cushman)  
B. multicostrata (Cushman)  
B. conica (Cushman)  
B. cf. B. nobilis (Hantken)  
Valvulineria sp.

  
ING. J. C. DE SANORES.

SARTA DE PERFORACION TIPO CON-COR

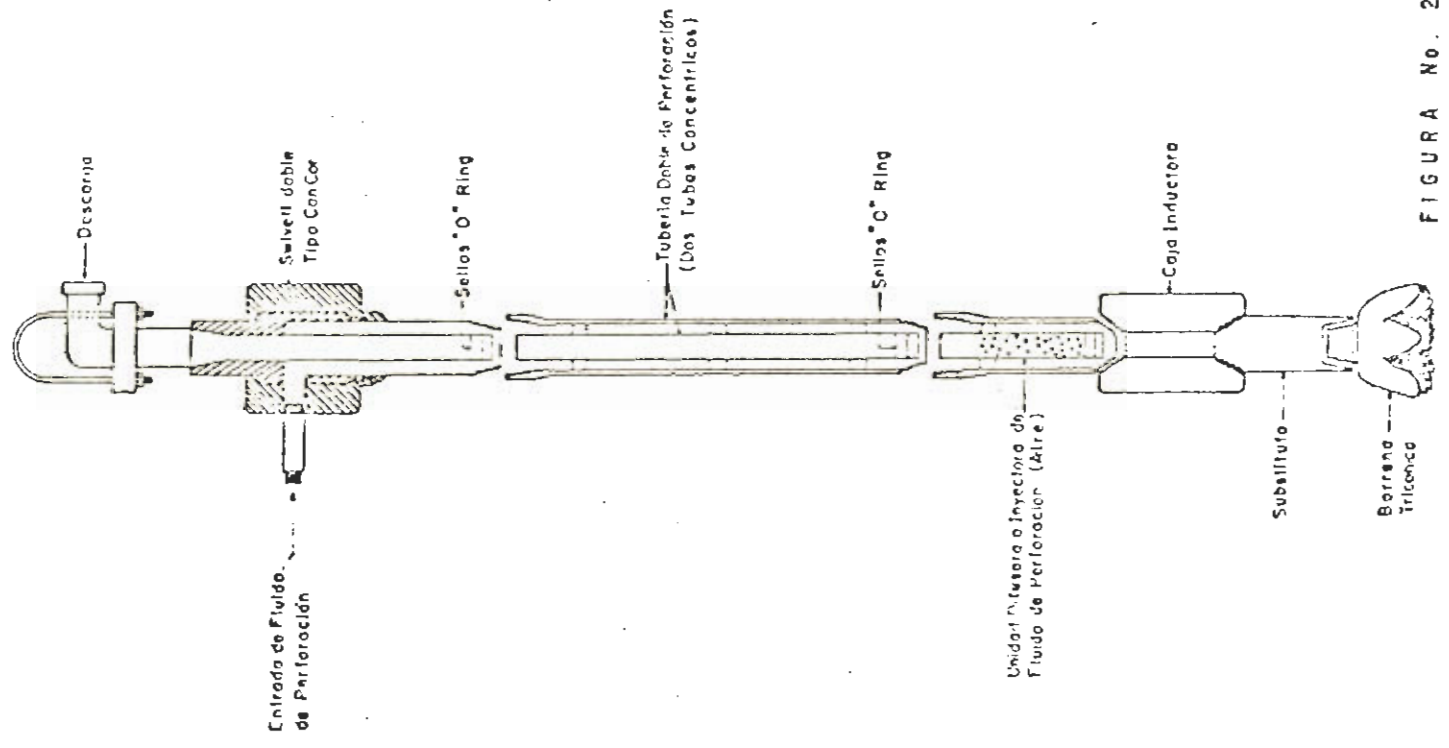


FIGURA No. 2

METODO CON-COR DE PERFORACION

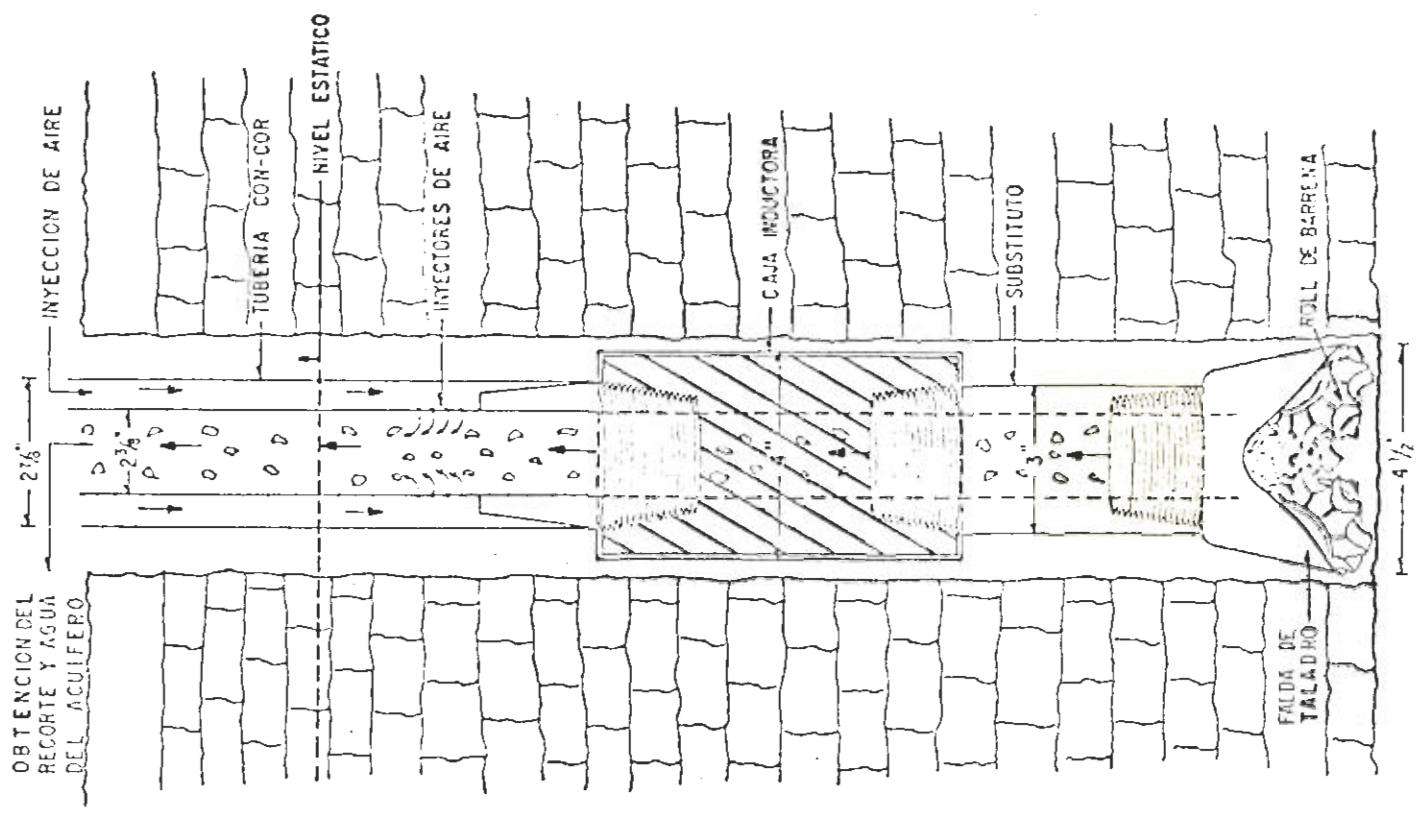


FIG. No.



PLANO DE LOCALIZACION

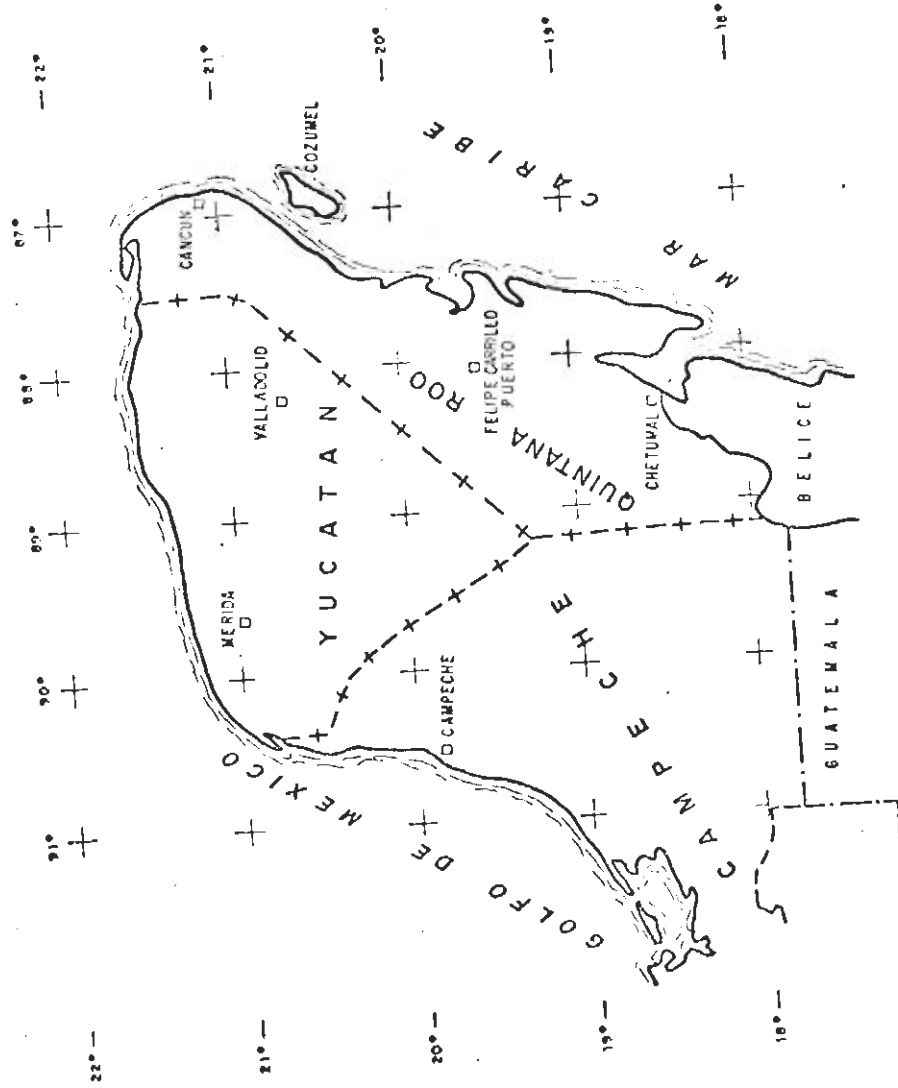


FIGURA No.1

LOCALIZACION DE POZOS EXPLORATORIOS  
CIUDAD DE MERIDA

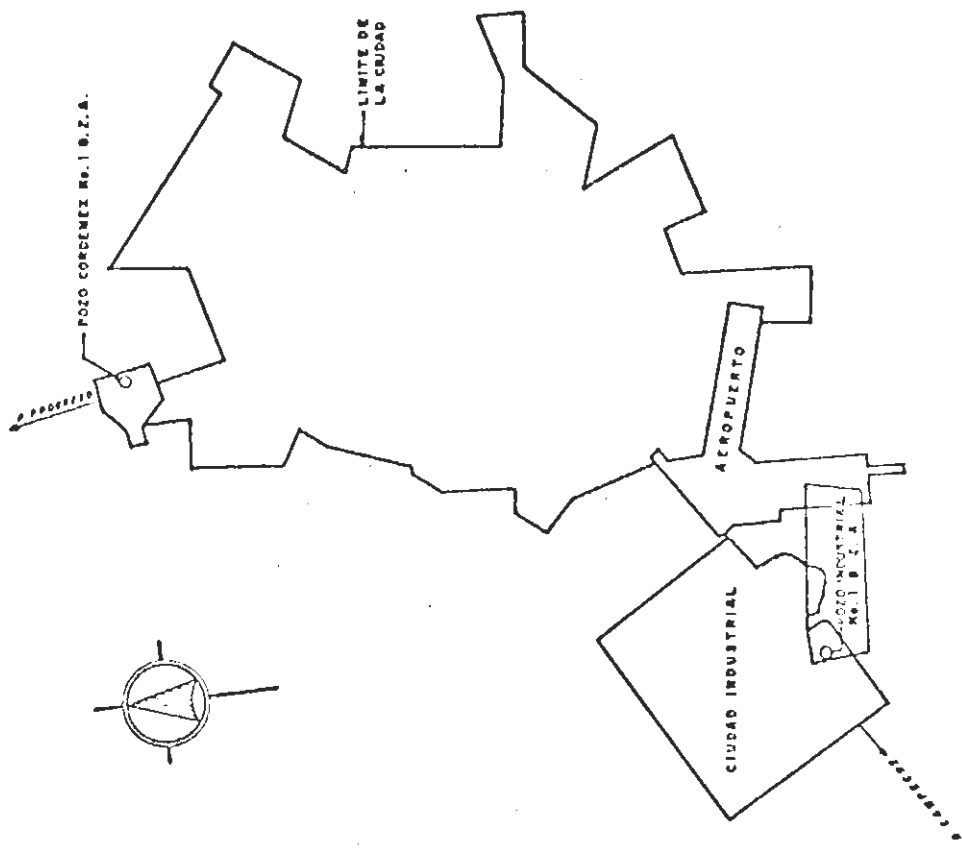


FIGURA No.4





# POZO INDUSTRIAL No. 1 G.Z.A. GRAFICA DE SALINIDAD

CORTE DE TERMINACION

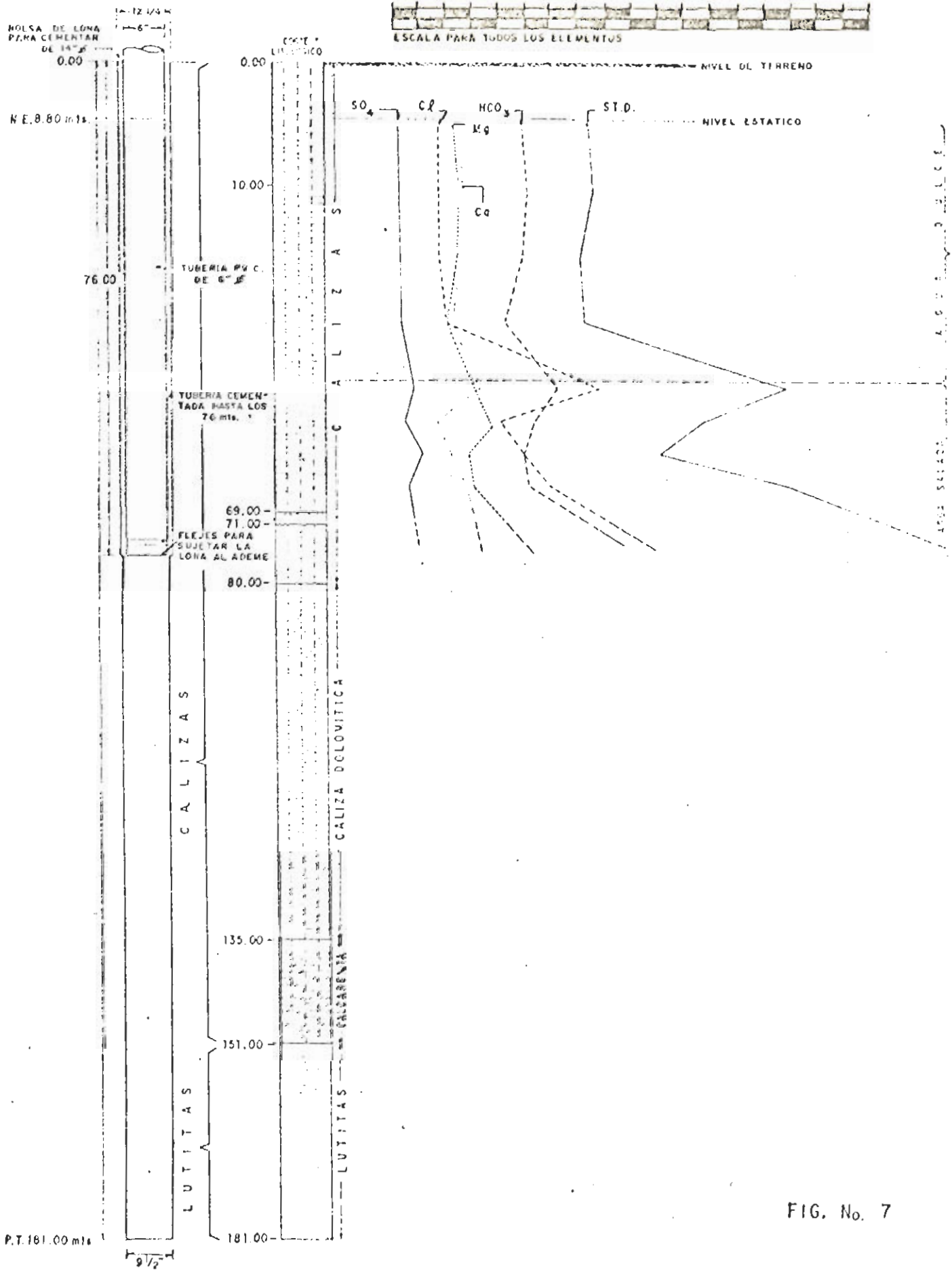
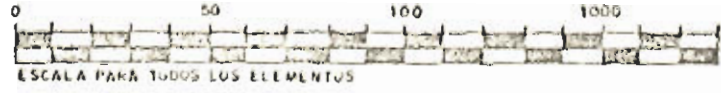


FIG. No. 7

**CORTE GEOLOGICO Y CALIDAD DEL AGUA**  
**POZOS PROFUNDOS DE LA CIUDAD DE MERIDA, YUC.**

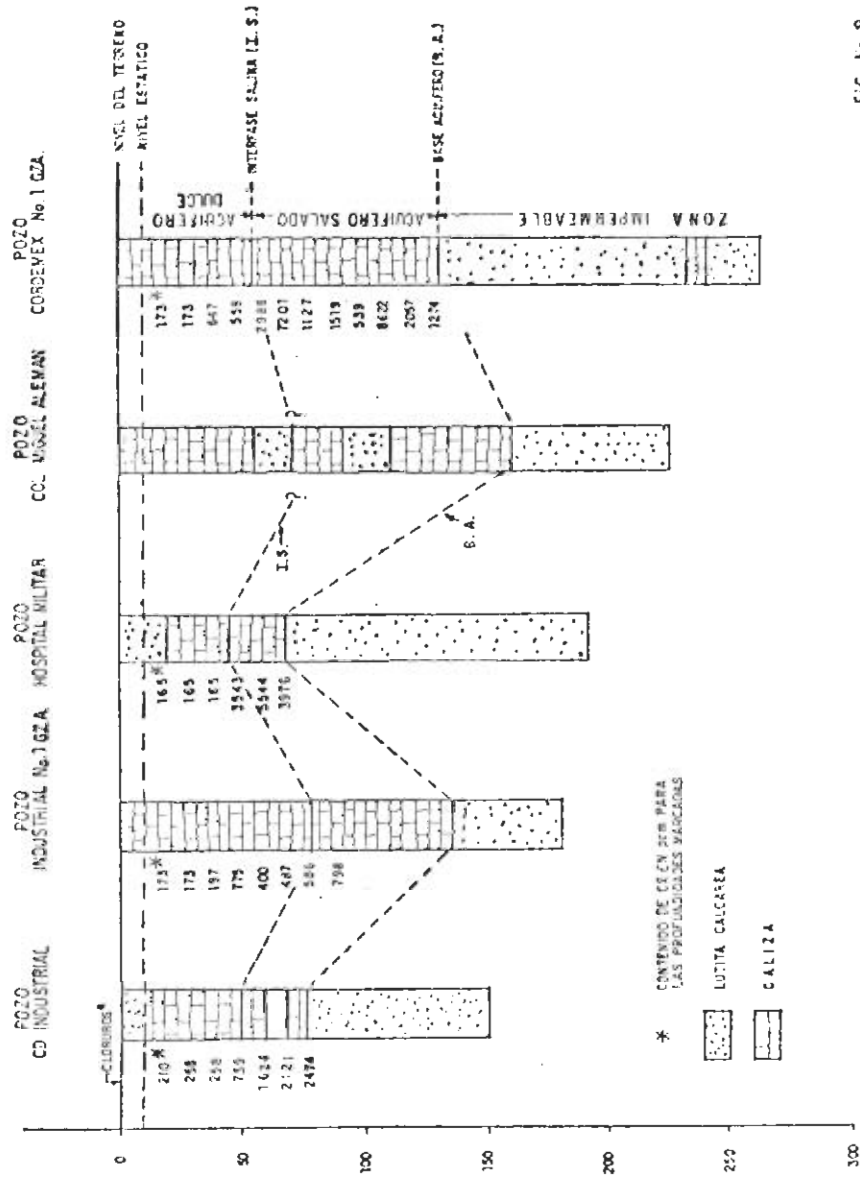


FIG. No. 9

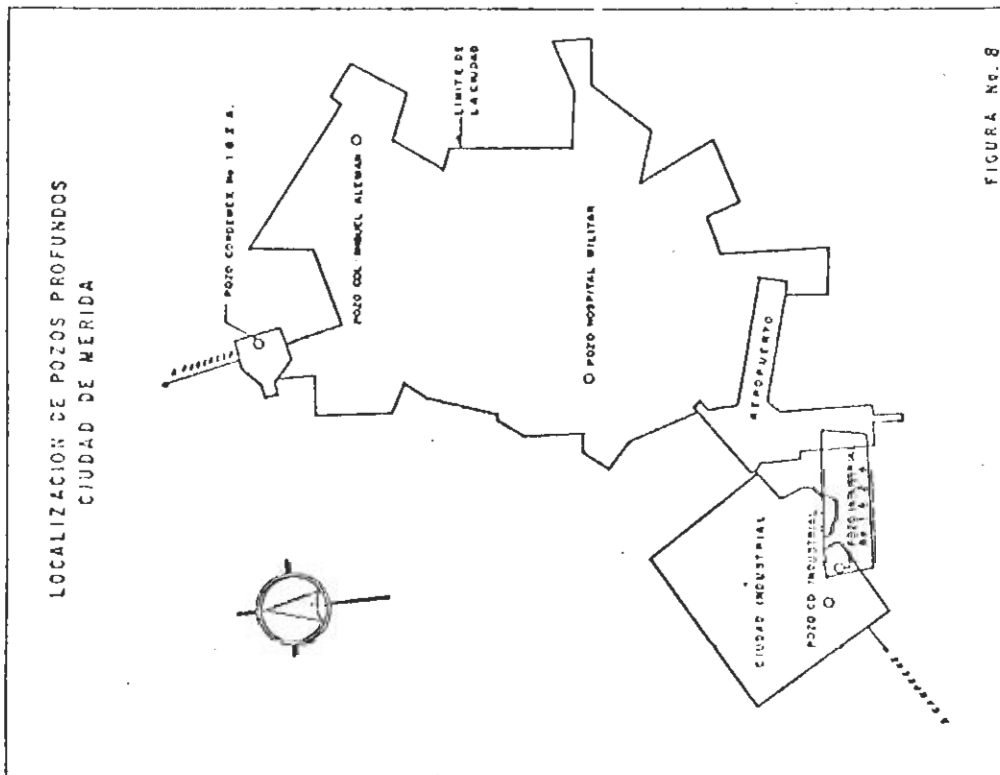


FIGURA No. 8

