



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE
INGENIERIA AMBIENTAL**



**ELABORACIÓN DE MAPAS DE PROPIEDADES HIDROGEOQUIMICAS DEL
ACUIFERO DEL MUNICIPIO SAN DIEGO DEL ESTADO CARABOBO
DURANTE EL AÑO 2015.
CASO DE ESTUDIO: SECTOR NORTE A**

Autores:

Br. Bernardo García

Br. Edinson Mendoza

Tutor:

Ing. Adriana Márquez

Bárbula, Febrero 2016



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE
INGENIERIA AMBIENTAL**



**ELABORACIÓN DE MAPAS DE PROPIEDADES HIDROGEOQUIMICAS DEL
ACUIFERO DEL MUNICIPIO SAN DIEGO DEL ESTADO CARABOBO
DURANTE EL AÑO 2015.
CASO DE ESTUDIO: SECTOR NORTE A**

Trabajo Especial de Grado presentado ante la ilustre Universidad de Carabobo para optar por el título de Ingeniero Civil.

Autores:

Br. Bernardo García

Br. Edinson Mendoza

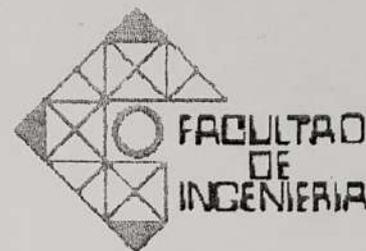
Tutor:

Ing. Adriana Márquez

Bárbula, Febrero 2016



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE
INGENIERIA AMBIENTAL



CERTIFICADO DE APROBACION

Los abajo firmantes, Miembros del Jurado designado para estudiar el Trabajo Especial de Grado titulado: " **ELABORACIÓN DE MAPAS DE PROPIEDADES HIDROGEOQUIMICAS DEL ACUIFERO DEL MUNICIPIO SAN DIEGO DEL ESTADO CARABOBO DURANTE EL AÑO 2015. CASO DE ESTUDIO: SECTOR NORTE A**"; realizado por los Bachilleres: Bernardo García y Edinson Mendoza, hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho trabajo.

Presidente del Jurado

Adriana Méndez
C.I. 126004007

Miembro del Jurado

8359094

Miembro del Jurado
4859589



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE
INGENIERIA AMBIENTAL**



CERTIFICADO DE APROBACION

Los abajo firmantes, Miembros del Jurado designado para estudiar el Trabajo Especial de Grado titulado: " **ELABORACIÓN DE MAPAS DE PROPIEDADES HIDROGEOQUIMICAS DEL ACUIFERO DEL MUNICIPIO SAN DIEGO DEL ESTADO CARABOBO DURANTE EL AÑO 2015. CASO DE ESTUDIO: SECTOR NORTE A**"; realizado por los Bachilleres: Bernardo García y Edinson Mendoza, hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho trabajo.

Presidente del Jurado

Miembro del Jurado

Miembro del Jurado

DEDICATORIA

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mi mama Isabel de García y a mi papa Bernardo García por darme la vida, por creer en mí y porque siempre me han apoyado. Gracias por darme una carrera para mi futuro, todo esto te lo debo a ustedes.

A mis hermanos, que siempre estuvieron ahí apoyándome en cada momento. En especial a mi hermana Angie, persona a la cual considero como mi segunda madre, que a pesar de estar lejos de mí siempre ha estado pendiente de mí, orando por mí cada noche y por mis éxitos. Los quiero hermanos.

Bernardo García

DEDICATORIA

A DIOS ANTE TODO, por permitirme crecer, por guiarme en mi vida por un sendero correcto y por darme la fuerza de superarme cada día de mi vida.

A mi mamá Mery Flores y a mi papá Oswaldo Mendoza por todos sus esfuerzos, su apoyo, su amor condicional que han hecho de mí lo que realmente soy y lo que estoy logrando en este momento.

A mis abuelos que me vieron crecer y me apoyaron en todo y que desde el cielo están viendo este gran logro.

A Ana Tapia y Nancy Morales por su apoyo incondicional, sus consejos en los días más difíciles y por enseñarme a nunca rendirme y seguir siempre adelante.

A la familia García por todas las cosas que hicieron por mí y que si no fuera por su apoyo no hubiera logrado este gran paso en mi vida.

A mis amigos, por apoyarnos mutuamente en nuestra formación profesional y que hasta ahora, seguimos siendo amigos: Alejandro Reyes, Mónica Hernández y Ángel Vera.

Edinson Mendoza

AGRADECIMIENTOS

A Dios Por habernos permitido llegar hasta este punto y habernos dado salud para lograr nuestros objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A nuestros padres por ser el pilar fundamental en todo lo que somos, en toda nuestra educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo. Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.

A nuestra tutora Adriana Márquez, por el apoyo brindado, por confiar en nosotros, por la dedicación y orientación durante el desarrollo de este trabajo.

Al Ing. Víctor Carrillo y al Técnico Juan de Farías como funcionarios del Ministerio para el Poder Popular de Ecosocialismo y agua, por brindarnos su ayuda, compañía durante la recolección de datos y por suministrarnos la información imperiosa para la culminación de este trabajo.

A la profesora Bettys Farías por haberse ofrecido a prestarnos su apoyo y ayuda durante en el desarrollo de este trabajo.

Finalmente a los profesores, aquellos que marcaron cada etapa de nuestro camino universitario, y que nos ayudaron en asesorías y dudas presentadas en la elaboración de la tesis.

Edinson Y Bernardo



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE
INGENIERIA AMBIENTAL



**ELABORACIÓN DE MAPAS DE PROPIEDADES HIDROGEOQUIMICAS DEL
ACUIFERO DEL MUNICIPIO SAN DIEGO DEL ESTADO CARABOBO
DURANTE EL AÑO 2015.
CASO DE ESTUDIO: SECTOR NORTE A**

Autores: Bernardo García

Edinson Mendoza

Tutor: Adriana Márquez

RESUMEN

Mediante el uso del software ArcGIS 10.0 se elaboraron mapas de propiedades hidrogeoquímicas del acuífero del municipio San Diego del Estado Carabobo durante el año 2015, específicamente en el Sector Norte A, para esto en el presente trabajo de investigación se desarrolló en 5 fases, la primera fase se recolectaron los datos de ubicación de 77 pozos, la segunda fase se realizó revisión de la información litológica suministrada por el Ministerio del Ecosocialismo y Agua, en la tercera fase los estudios fisicoquímicos de las aguas subterráneas y se realizaron pruebas de caudal variable, la cuarta fase se aplicó el método de Theis para conocer la transmisibilidad y el coeficiente de almacenamiento y en la quinta fase se realizaron mapas piezométricos de los pozos en estudio. De los datos litológicos junto con el coeficiente de almacenamiento obtenido en la fase 4 se dedujo que el acuífero estudiado es confinado y el valor de transmisividad es muy bajo, los mapas piezométricos indican que las líneas de flujo del acuífero en la zona de estudio apuntan hacia el río Cupira lo que indica que la relación entre el acuífero y el río mencionado es de recarga, esto es afín de crear una base de datos, representadas en mapas georreferenciados.

CONTENIDO

PAGINA

ELABORACIÓN DE MAPAS DE PROPIEDADES HIDROGEOQUIMICAS DEL ACUIFERO DEL MUNICIPIO SAN DIEGO DEL ESTADO CARABOBO, DURANTE EL AÑO 2015, CASO SECTOR NORTE A.....	i
DEDICATORIA.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
RESUMEN.....	vii
CONTENIDO.....	viii
LISTA DE TABLAS.....	xiii
LISTA DE FIGURAS.....	xiii
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I.....	3
EL PROBLEMA.....	3
Planteamiento del Problema.....	3
Formulación del Problema.....	6
Objetivos de la Investigación.....	6
Objetivo General.....	6
Objetivos Específicos.....	6
Justificación.....	7
Alcance y Limitaciones.....	8

CAPITULO II.....	10
MARCO TEORICO.....	10
Antecedentes de la Investigación.....	10
Bases Teóricas.....	12
Agua Subterránea.....	12
Ventajas del agua subterránea.....	12
Distribución vertical del agua subterránea.....	12
Acuífero.....	13
Clasificación de los acuíferos.....	13
En función a su estructura.....	14
En función a su porosidad.....	14
Parámetros hidráulicos.....	15
Porosidad.....	15
Permeabilidad.....	15
Transmisividad.....	16
Coeficiente de almacenamiento.....	16
Ensayos de bombeo.....	16
Tipos de ensayos de bombeo.....	17
A caudal constante.....	17
A caudal variable.....	18
Métodos de Análisis.....	18

Solución o Método de Theis.....	18
Elaboración de mapas piezométricos.....	20
Determinación de los niveles piezométricos.....	21
Trazado de las curvas isopiezas.....	21
Softwares para el trazado de curvas isopiezas.....	22
ArcGIS.....	22
ArcMAP.....	23
ArcCatalog.....	24
CAPITULO III.....	26
MARCO METODOLOGICO.....	26
Tipo de Investigación	26
Diseño de la Investigación	27
Población y Muestra.....	28
Descripción de la Metodología.....	29
Fase I.Recolección de datos.....	29
Importación de los datos obtenidos de los pozos a ArcCatalog	32
Fase II. Representaciones Geofísicas.....	41
Fase III. Representaciones Grafica.....	44
Fase IV. Procedimiento de Cálculos.....	44
Fase V. Resultados.....	48
Elaboración de mapas de redes de flujo.....	48
Técnica e Instrumentos de Recolección de Datos.....	53
Análisis de Datos.....	54
CAPITULO IV.....	55

RESULTADOS.....	55
Resultados de la Identificación de la ubicación geográfica de los pozos subterráneos en el Municipio San Diego durante el año 2015. Caso: Sector Norte A	55
Resultados de la determinación de las propiedades geofísicas de los pozos subterráneos en el Municipio San Diego durante el año 2015. Caso Sector Norte A.....	66
Descripción de las Características Hidrológicas en los Pozos del Municipio San Diego Durante el año 2015. Caso: Sector Zona Norte A.....	75
Aplicación de Modelos Matemáticos de Estimación de los Parámetros Hidráulicos de los Acuíferos del Municipio San Diego durante el año 2015. Caso: Zona Norte A.....	81
Elaboración de Mapas Piezométricos y Redes de Flujo del Acuífero del Municipio San Diego Durante el año 2015. Caso: Sector Norte A.....	83
Discusión de resultados.....	85
CAPITULO V	89
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	89
Recomendaciones.....	91
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	92
ANEXO A. RECOLECCIÓN DE DATOS E IDENTIFICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS POZOS.....	87
ANEXO B. DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DE LOS POZOS.....	96
ANEXO C. CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS DE LOS POZOS.....	113
ANEXO D. PRUEBA DE REGISTRO A CAUDAL VARIABLE.....	130
ANEXO E. MAPA PIEZOMETRICO DEL ACUIFERO DEL MUNICIPIO SAN DIEGO, ESTADO CARABOBO.....	132

LISTA DE TABLAS

	PAGINA
Tabla 1. Clasificación de los Acuíferos por Tipo de Ensayo y Método de Análisis	54
Tabla 2. Distribución de pozos de la Zona Norte del Municipio de San Diego, Estado Carabobo.....	55
Tabla 3. Aspectos identificativos de los pozos.....	ANEXOS
Tabla 4. Distribución de pozos según su uso en la Zona Norte Sector A.....	64
Tabla 5. Distribución de pozos según su estado operacional en la Zona Norte Sector A del Municipio de San Diego, Estado Carabobo.....	65
Tabla 6. Composición litológica de pozos.....	
Tabla 7. Prueba del Registro a Caudal Variable. Pozo la Cumaca, Municipio San Diego, Estado Carabobo. Coordenadas UTM 1.137.789N y 615.817E.....	76
Tabla 8 . Valores Físicoquímicos de los Pozos en estudio del Municipio San Diego, Estado Carabobo.....	80
Tabla 9. Punto de Ajuste para el Método de Theis. Pozo. la Cumaca Coordenadas UTM 1.137.789N y 615.817E. Municipio San Diego, Estado Carabobo.....	81
Tabla 10. Parámetros hidráulicos del acuífero del Municipio San Diego. Estado Carabobo. Pozo la Cumaca. Coordenadas UTM 1.137.789N y 615.817E.....	82
Tabla 11. Información de pozos para el trazado de isoclinas y red de flujo. Municipio San Diego. Estado Carabobo.....	83
Tabla 12. Valores Aceptables de calidad del Agua Potable para los valores de estudio físicoquímicos de los pozos disponibles.....	86
Tabla 13. Calificación del acuífero según su Transmisividad hidráulica.....	87

LISTA DE FIGURAS

	PAGINA
Figura 1. Medición de Niveles Estáticos en el pozo La Cumaca Coordenadas N1137789 y E615817. Municipio San Diego, Estado Carabobo. Fecha: 03/09/2015.....	30
Figura 2. Medición de Niveles Estáticos en el pozo Villas San Diego Country Club Coordenadas E615774 N1136949. Municipio San Diego, Estado Carabobo. Fecha: 03/09/2015.....	30
Figura 3. Pozo La Cumaca Coordenadas N1.137.789 y E615.817. Municipio San Diego, Estado Carabobo. Fecha: 03/09/2015.....	31
Figura 4. Medición de Niveles Estáticos en el pozo Urb. Rivera Country. Coordenadas E616373 N1138135. Municipio San Diego, Estado Carabobo. Fecha: 23/10/2015.....	31
Figura 5. Medición de Niveles Estáticos en el pozo Urb. Rivera Country. Coordenadas E615774 N1136949. Municipio San Diego, Estado Carabobo. Fecha: 27/10/2015.....	32
Figura 6. Sincronización de la carpeta de trabajo con ArcCatalog. Fuente: ArcGIS 10.0.....	33
Figura 7. Ejemplo de tabla en ArcCatalog. Fuente: ArcGIS 10.0.....	34
Figura 8. Muestra de pestaña para crear Feature Class en ArcCatalog. Fuente: ArcGIS 10.0.....	35
Figura 9. Muestra de ventana de propiedades de Feature Class en ArcCatalog. Fuente: ArcGIS 10.0.....	36
Figura 10. Múltiples ventanas para la selección del sistema de coordenadas espacial. Fuente: ArcGIS 10.0.....	37
Figura 11. Vista previa de la ubicación de los pozos sin las capas bases. Fuente: ArcGIS 10.0.....	38
Figura 12. Selección de Data en ArcMAP. Fuente: ArcGIS 10.0.....	39

Figura 13. Selección de la capas bases. Fuente: ArcGIS 10.0.....	40
Figura 14. Pestaña de las opciones de la capa “LITOLOGIA” en ArcMAP. Fuente: ArcGIS 10.0.....	42
Figura 15. Ventana de las propiedades de la capa, pestaña Symbology. Fuente: ArcGIS 10.0.....	43
Figura 16. Gráfica del Método de Theis. Fuente, Elaboración de los autores.....	45
Figura 17. Función del pozo La Cumaca, Municipio San Diego. Coordenadas 1137789N y 615817E. Fuente, Elaboración de los autores.....	46
Figura 18. Obtención del punto de ajuste a partir de la superposición de la curva de Theis con la grafica de la función Cumaca. Fuente, elaboración de los autores.....	47
Figura 19. Muestra de la ventana para la creación de TIN en ArcMAP. Fuente: ArcGIS 10.0.....	49
Figura 20. Vista previa de la superficie TIN creada en ArcMAP. Fuente: ArcGIS 10.0.....	50
Figura 21. Ventana de valores de entrada para la creación de las curvas de nivel en ArcMAP. Fuente: ArcGIS 10.0.....	51
Figura 22. Vista previa de las curvas de nivel de las elevaciones de los pozos en estudio de la zona. Fuente: ArcGIS 10.0.....	52
Figura 23. Distribución porcentual de los Pozos según su uso en la Zona Norte Sector A del Municipio de San Diego, Estado Carabobo. Nota. Elaboración de los Autores.....	59
Figura 24. Distribución porcentual de los Pozos según su estado operacional en la Zona Norte Sector A del Municipio de San Diego, Estado Carabobo. Nota. Elaboración de los Autores.....	66

Figura 25. Perfil Litológico 1 la Urbanización el Tulipán, ubicado en la Intercomunal Valencia-San Diego, al este del Distribuidor San Diego. Coordenadas UTM N1135440 y E614155. Nota. Fuente, ArcMAP 10.0.....68

Figura 26. Perfil Litológico 2 en la Urbanización el Tulipán ubicado en la intercomunal Valencia-San Diego, al este del distribuidos San Diego – Puerto Cabello. Coordenadas UTM N1135431,77 y E613903,96. Nota. Fuente, ArcMAP 10.0.....69

Figura 27. Perfil Litológico 3 en la Urbanización el Tulipán ubicado en la Intercomunal Valencia-San Diego al este del distribuidor San Diego - Puerto Cabello. Coordenadas UTM N1135886 y E614400. Nota. Fuente, ArcMap 10.0.....71

Figura 28. Perfil Litológico 4 en la Urbanización el Tulipán ubicado en la Intercomunal Valencia-San Diego, al este del Distribuidos San Diego – Puerto Cabello. Coordenadas UTM N1135960 y E614003. Nota. Fuente, ArcMap 10.0.....73

Figura 29. Perfil Litológico 5 en la Urbanización el Tulipán en la Intercomunal Valencia-San Diego al Este del Distribuidor de San Diego - Puerto Cabello. Coordenadas UTM N1136336,5 y E614147. Nota. Fuente, ArcMap 10.0.....75

Figura 30. Prueba a Caudal Variable. Caudal en función del tiempo. Pozo la Cumaca. Coordenadas UTM N1137789 y E615817. Fecha: 03 08 2015. Municipio San Diego Estado Carabobo. Nota. Fuente, Elaborado por Autores.....77

Figura 31. Prueba a Caudal Variable. Caudal en función del tiempo. Pozo la Cumaca coordenadas UTM N 1137789N y E615817E. Fecha: 03 08 2015. Municipio San Diego Estado Carabobo Nota. Fuente, Elaborado por Autores.....77

Figura 32. Niveles Estáticos del pozo Villa San Diego Country Club. Municipio San Diego. Estado Carabobo. Coordenadas UTM N1136949 y E615774. Nota. Fuente, Elaborado por Autores.....78

Figura 33. Niveles Estáticos del Pozo Urb. Villas de San Rafael. Municipio San Diego. Estado Carabobo. Coordenadas UTM N1135517 y E614342. Nota. Fuente, Elaborado por Autores.....79

Figura 34. Niveles Estáticos del Pozo Urb. Rivera Country. Municipio San Diego. Estado Carabobo. Coordenadas UTM N1138135 y E616373. Nota. Fuente, Elaborado por Autores.....79



INTRODUCCION

El agua se encuentra en el planeta en gran cantidad, lo cierto es que la mayor proporción no es apta para el consumo. Las tres cuartas partes de la superficie terrestre son ocupadas por agua y en efecto la mayor parte es salada y el agua dulce presenta una situación crítica hoy en día, desde hace varios años el mundo afronta su escasez debido a las siguientes causa : alta contaminación de las aguas dulces por diversos motivos y sobre explotación del recurso debido a las necesidades actuales de los seres humanos de conseguir tan preciado recurso, en algunos países los acuíferos resultan ser la única fuente de abastecimiento de agua dulce que disponen.

Debido a la calidad de agua y a la disponibilidad de la misma en el Municipio San Diego actualmente muchos propietarios del sector norte han excavado pozos subterráneos con la finalidad de dar solución a sus problemas de abastecimiento, no obstante pasan por alto las consecuencias que esto puede traer a largo plazo, uno de los problemas se origina cuando el caudal de agua extraído es mucho mayor al caudal de entrada del mismo.

El presente documento está estructurado por capítulos y cada uno incluye el siguiente contenido:

El capítulo I contiene el planteamiento del problema, la justificación de la de investigación, el objetivo general y los objetivos específicos, las limitaciones y el alcance o delimitaciones de la investigación.

En el capítulo II se presenta las bases teóricas y legales que orientan el desenvolvimiento de la investigación.

El capítulo III muestra el marco metodológico, la población y muestra, el tipo de investigación y las fases que definen las respuestas de a los objetivos planteados.

En el capítulo IV se plasma los resultados y su concerniente análisis.



En capítulo V se ven reflejadas las conclusiones y recomendaciones que fueron obtenidas producto de la investigación, la bibliografía seguida de los anexos que ilustraran la investigación.



CAPITULO I

EL PROBLEMA

Planteamiento del Problema

El hombre a través del tiempo se ha visto en la necesidad de conseguir los recursos para su subsistencia, extrayendo de la naturaleza los recursos necesarios para su supervivencia sin tomar en cuenta el impacto que pueden generar sus actividades. El agua siempre ha sido y será uno de estos recursos de vital importancia para su sustento.

Inicialmente se utilizaron los cuerpos de agua que se encontraban en la superficie para su consumo, pero al transcurrir los años el incremento de la población ha generado como consecuencia que la obtención de este recurso no solo provenga de las fuentes de agua superficial; ha surgido la necesidad de buscar otras fuentes de suministro, por ello se empezaron a utilizar los acuíferos como medio de abastecimiento de agua potable.

Se estiman que el planeta está constituido en su gran mayoría por agua, que se encuentra distribuida un 97,5% en los océanos y un 2,5% en aguas frescas: el agua fresca se divide en 68,7% en glaciales, 30,1% de aguas subterráneas, 0,8% de capa de hielo, 0,4% en aguas superficiales y atmosféricas.

Los principales problemas que presentan estos acuíferos son la contaminación y la explotación excesiva debido a las necesidades actuales



de los seres humanos de conseguir tan preciado recurso, por ejemplo, en algunos países los acuíferos resultan ser la única fuente de abastecimiento de agua dulce que disponen, como resulta ser en Malta, donde el 100% del agua dulce que consumen es proveniente de la explotación de los acuíferos, en Arabia Saudita es de un 99% y el 1% restante es agua desalinizada, en Túnez el 95% proviene de la explotación de los acuíferos y en Marruecos de un 75%. Escuer (2011).

Venezuela cuenta con una gran cantidad de recursos hídricos; grandes ríos, lagos y zonas pantanosas; el territorio es drenado por más de un millar de ríos, de los cuales 124 de ellos poseen cuencas mayores a 1.000 km², el escurrimiento superficial se puede dividir en 6 cuencas principales de captación que contribuyen a las vertientes marinas del Caribe y Atlántica: los ríos Orinoco y Cuyuní los cuales desembocan por la vertiente Atlántica al océano Atlántico, el río Negro drena las aguas del río Casiquiare por las vías fluviales de la vertiente amazónica hacia la cuenca del Amazonas, el Lago de Maracaibo y Mar Caribe, los cuales vierten sus aguas directamente al mar Caribe mediante la vertiente del Caribe y la cuenca endorreica del Lago Valencia. Aproximadamente un 85% del total de las aguas que se generan anualmente como escorrentía superficial, corresponde a la margen derecha del río Orinoco mientras que el 15% restante es generado por las otras cinco cuencas principales. Martínez (2011).

Las aguas subterráneas de Venezuela son menos conocidas, se estima que los acuíferos representan una superficie total de 829.000 km², los cuales, a través de estudios preliminares, se han estimado en ocho mil millones de metro cúbicos por año. Las regiones que presentan los acuíferos más relevantes del país se localizan en la costa occidental del Lago de Maracaibo, la mesa de Guanipa y la parte occidental del río Apure. Principalmente, la recarga de los acuíferos proviene de la infiltración directa y de las recargas de los cauces de agua superficiales, además de las recargas



subterráneas resultantes de las filtraciones de la cordillera de los Andes. Martínez (2011).

El Ministerio del Poder Popular para Ecosocialismo y Aguas ha logrado registrar 50.000 pozos en el territorio nacional, de un total estimado de 100.000 pozos, que abastecen el 40% a las actividades domésticas, agrícolas e industriales del país. De acuerdo con lo señalado por Cañizalez y otros (2006): “no existe una gestión eficiente de los recursos subterráneos, no tienen un uso controlado ni apropiado para un aprovechamiento sustentable. Además, no existe una base de datos nacional confiable que proporcione el número real de pozos, tipos de uso, características del acuífero, volumen, calidad, profundidad apropiada para su explotación, así como otros parámetros que proporcionen un detallado seguimiento a esta fuente tan importante”.

La falta de control de la calidad de agua y de la disponibilidad de la misma en el Municipio San Diego ha generado una sobreexplotación actual en la zona con la finalidad de satisfacer las demandas de la comunidad en general sin percatarse de las consecuencias que esto puede fundar a largo plazo.

Esta situación puede generar la creación de una superficie cónica alrededor del pozo de extracción, el descenso de la capa freática y del nivel del terreno, afectando negativamente a la comunidad; por esta razón es necesario identificar la ubicación de los pozos de extracción existentes y es justamente el objetivo de la presente investigación que propone la elaboración de mapas de propiedades hidrogeoquímicas del acuífero del Municipio San Diego durante el año 2015. Caso: Sector Norte A.



Formulación del Problema

La presente investigación busca realizar una base de datos digitalizada que contenga datos importantes del acuífero de San Diego con los datos de estudios hidrogeofísicos de los pozos del sector Norte del Municipio San Diego; de las inquietudes planteadas surgen las siguientes interrogantes:

1. ¿Cuál es la ubicación geográfica de los pozos construidos en el Municipio San Diego?
2. ¿Cómo se puede estudiar la situación actual de los pozos del Municipio San Diego?
3. ¿Cuáles son las condiciones de los pozos subterráneos del Municipio San Diego?
4. ¿Cómo se podrán estimar los caudales, volúmenes y propiedades de los pozos de la zona?
5. ¿Cómo difundir la información obtenida acerca de los pozos?

Objetivos de la Investigación

Objetivo General

Elaborar mapas de propiedades hidrogeoquímicas del acuífero del Municipio San Diego durante el año 2015. Caso: Sector Norte A.

Objetivos Específicos

1. Identificar la ubicación geográfica de los pozos subterráneos en el Municipio San Diego durante el año 2015. Caso: Sector Norte A.
2. Determinar las propiedades geofísicas de los pozos subterráneos en el Municipio San Diego durante el 2015. Caso: Sector Norte A.



3. Describir las características hidrológicas en los pozos del Municipio San Diego durante el año 2015. Caso: Sector Norte A.
4. Aplicar modelos matemáticos de estimación de los parámetros hidráulicos de los acuíferos del Municipio San Diego durante el año 2015. Caso: Sector Norte A.
5. Realizar mapas piezométricos de las redes de flujo del acuífero del Municipio San Diego durante el año 2015. Caso: Sector Norte A.

Justificación

El Municipio San Diego es uno de los 14 municipios autónomos que integran el Estado Carabobo, ubicado al centro-este del Estado, ocupa una superficie de 106 km², con una población que supera los 200.000 habitantes, y es el municipio que ha presentado el mayor crecimiento inmobiliario y económico, y por supuesto esto ha generado una alta tasa de crecimiento poblacional, quienes han provocado un aumento considerable en la demanda del preciado recurso hídrico en la zona, y donde ha crecido notablemente la explotación de los recursos subterráneos en busca de satisfacer la creciente demanda.

Esta investigación permitirá la ubicación geográfica de los mismos, para hacerles seguimiento a su funcionamiento, al cumplimiento de la normativa establecida para su uso y explotación como lo establece el Plan de Desarrollo Municipal del Municipio San Diego, así como la realización de los análisis respectivos para la determinación de la calidad de las aguas que se están extrayendo de ellos, también es necesario controlar los volúmenes de extracción.

Esta investigación representa un aporte importante para los habitantes del Municipio San Diego, la cual permitirá conocer la situación actual que presentan los pozos ubicados en la zona de estudio de esta investigación,



así como la calidad de este vital líquido, pudiendo contar con una información que bien administrada por los entes gubernamentales del Municipio podrán hacer mejor uso futuro de estos recursos hídricos subterráneos.

En el aspecto técnico a través de esta investigación se pretende lograr un banco de información útil no solo para los habitantes sino también para los proyectistas y constructoras para las cuales esta información será de utilidad para la ubicación de nuevas zonas de urbanismos, y por último desde el punto de vista académico esta investigación le servirá a todas los estudiantes o personas interesadas en la investigación de acuíferos en cualquier parte del país.

Alcances y limitaciones

Esta investigación está basada en generar la información necesaria para la elaboración de los mapas de propiedades hidrogeoquímicas del acuífero del Municipio San Diego en la zona Norte para esto será necesario tomar en cuenta los siguientes aspectos:

1. La presente investigación se realizará durante el año 2015 en el Municipio San Diego sector Norte A.
2. Dentro de las características hidrológicas de la presente investigación se abarcará la variación de los caudales y los niveles de los pozos subterráneos.
3. La estimación de los parámetros hidráulicos transmisividad y coeficiente de almacenamiento se realizará mediante la aplicación de modelos matemáticos.
4. En los mapas se podrán observar los niveles piezométricos, composición química y las redes de flujo de los acuíferos del Municipio San Diego.

Unas de las limitaciones que pueden presentarse durante la investigación será la ubicación de la totalidad de los pozos construidos



por la comunidad ya que muchos de ellos no son reportados, y más aún hay un porcentaje de zona rural en el municipio donde es posible que existan varios pozos .

Los análisis para la determinación de la calidad del agua no podrán ser realizados por falta de insumos, la Universidad de Carabobo en estos momentos no cuenta con los recursos ni financieros ni técnicos para realizarlos.

Sin embargo este objetivo se puede lograr con el apoyo de otros organismos que puedan prestar el apoyo necesario.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

Antecedentes de la Investigación

Toda investigación, toma en cuenta los aportes teóricos realizados por autores y especialistas en el tema a objeto de estudio, de esta manera se podrá tener una visión amplia sobre el tema de estudio y el investigador tendrá conocimiento de los adelantos científicos en ese aspecto. Según Fideas Arias (2004), "Los antecedentes reflejan los avances y el Estado actual del conocimiento en un área determinada y sirven de modelo o ejemplo para futuras investigaciones" refiriéndose a todos los trabajos de investigación que anteceden al nuestro, es decir, aquellos trabajos donde se hayan manejado las mismas variables o se hallan propuestos objetivos similares; además sirven de guía al investigador permitiéndole hacer comparaciones y tener ideas sobre cómo se trata el problema en esa oportunidad.

Contreras, T. y otros. (2012). Propiedades Hidrogeoquímicas e Isotópicas del Agua Subterránea en la Parte Media de la Cuenca del Rio Tulian, Puerto Cortes, Honduras. Tesis de grado no publicada, Universidad de Costa Rica. Esta investigación permitió identificar las propiedades hidroquímicas e isotópicas del agua subterránea en once (11) manantiales, uno de ellos termal, en la parte media de la cuenca del rio Tulian de la ciudad de Puerto Cortes, Honduras. A partir de valores isotopos estables, deuterio (2H) y oxigeno – 18 (^{18}O), se deduce que el origen del agua subterránea es meteórico. De la misma manera, las características hidrogeoquímicas indican que los manantiales antes mencionados pertenecen a un mismo sistema

hidrológico y el agua de los manantiales es principalmente bicarbonatada sódica y calcada.

Secretaria del Ambiente del Paraguay y el Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales alemán (2003). Caracterización Hidrogeológica e Hidrogeoquímica del Sistema Acuífero Guaraní (SAG) en la Región Oriental del Paraguay al Sur de la Latitud 25°30'. Autores: Farina, S.; Vassolo, S.; Cabral, N.; Vera, S. & Jara, S. Desarrollaron dicha investigación para ampliar los conocimientos sobre el comportamiento hidrogeológico del Sistema Acuífero Guaraní en el Paraguay siendo la zona de estudio elegida correspondiente al sur de la Latitud 25° 30' de la Región Oriental. Se recolectaron y analizaron la situación geográfica, geológica, hidrogeológica de la zona de estudio, para converger en un primer modelo conceptual del funcionamiento del sistema acuífero del área de estudio. El modelo conceptual explica el comportamiento del acuífero que se presenta como libre en algunas regiones y confinado en otras.

Departamento de Geodinámica e IAGM, Universidad de Granada. Departamento de Química Analítica, CU de Almería. (1990). Principales Características Hidrogeoquímicas del Acuífero de Balerma-Las Marinas, Almería. Autores: Pulido, A.; Navarrete, F.; Molina, L.; Martínez, J. El objetivo de esta investigación fue desarrollar ampliamente los elementos que permiten la caracterización de la unidad hidrogeológica desde el punto de vista hidrogeoquímico. El acuífero de Balerma-Las Marinas esta esencialmente integrado por calcarenitas pliocenas, constituye una unidad hidrogeológica de las tres diferenciadas en el campo de Dalías, el cual se sitúa próximo al extremo oriental de la costa mediterránea andaluza y al Oeste de la Bahía de Almería. Sobre la base de ciento ocho análisis químicos de muestras de agua recogidas en otros puntos acuíferos se

consiguió establecer la hidrogeoquímica del acuífero entre otras cosas. La escasa explotación a que está sometido el acuífero y la baja continuidad hidráulica existente entre el acuífero y el mar descartan los procesos de intrusión marina como responsables del alto contenido salino de las aguas.

Bases Teóricas

Agua subterránea

Es el agua que se aloja y circula en el subsuelo, conformando los acuíferos. La fuente de aporte principal es el agua de lluvia, mediante el proceso de infiltración. Otras fuentes de alimentación localizada pueden ser los ríos, arroyos, lagos y lagunas.

El agua subterránea se sitúa por debajo del nivel freático y está saturando completamente los poros y/o fisuras del terreno y fluye a la superficie de forma natural a través de vertientes o manantiales o cauces fluviales.

Ventajas del agua subterránea:

- Puede ser extraídas en puntos estratégicos como los núcleos urbanos para así surtir a toda la comunidad.
- Se puede acceder fácilmente a esta para el uso de la misma.
- El costo para la extracción de esta es económico.
- En general es de buena calidad debido a las formaciones geológicas en las que se encuentran los acuíferos, tienden a no presentar agentes patógenos y poseer variedades minerales.

Distribución vertical del agua Subterránea

En un perfil de subsuelo, normalmente se presentan dos zonas con caracteres hidráulicos diferentes, integradas por varias franjas o fajas.

La zona más superficial se denomina de aireación o zona no saturada y la más profunda de saturación o zona saturada.

- Zona Saturada: Está situada debajo de la superficie freática y donde todos los poros existentes en el terreno están llenos de agua.
- Zona No Saturada: Es aquella zona que se encuentra situada entre la superficie del terreno y la superficie freática y sus poros y/o fisuras están ocupados por agua y aire. A su vez, esta zona se divide en tres grandes zonas:
 - Zona de evapotranspiración o zona edáfica: Se extiende hasta donde llegan las raíces de la vegetación existente; por lo tanto tiene espesor variable y se caracteriza por ser la sección donde los procesos fisicoquímicos y biológicos, son más intensos y variados.
 - Zona intermedia: Está comprendida entre el límite de ascenso capilar del agua y el límite de alcance de las raíces de las plantas.
 - Zona Capilar: Se encuentra desde la superficie freática hasta el límite de ascenso capilar del agua.

Acuífero

Cualquier formación geológica capaz de almacenar y transmitir el agua subterránea a través de ella, pudiendo extraerse en cantidades significativas mediante obras de captación (ej. pozos).

Los acuíferos se clasifican, en función de su estructura y el tipo de porosidad derivada de los materiales que conforman el acuífero.

- En función a su estructura:

- Acuíferos libres, no confinados o freáticos: Son aquellos acuíferos cuyo piso es impermeable y su techo está a presión atmosférica. La recarga de este tipo de acuífero es directa y se realiza por infiltración del agua de lluvia.
- Acuíferos confinados, cautivos o a presión: Son aquellos acuíferos que se encuentran limitados en su parte superior por una formación de baja a muy baja permeabilidad. La presión hidrostática a nivel del techo del acuífero es superior a la atmosférica y la recarga es lateral.
- Acuíferos semiconfinados o semicautivos: Son mucho más frecuentes en la naturaleza que los cautivos. En estos, el techo, el piso o ambos, están formados por capas de baja permeabilidad que si bien dificultan no impiden la circulación vertical del agua. Los acuíferos semiconfinados se recargan y descargan a través de las unidades de baja permeabilidad denominada semiconfinante, filtrante o acuitardos.
- En función a su porosidad:
 - Acuíferos de porosidad primaria o poroso: Constituidos por formaciones geológicas sedimentarias. Los materiales suelen ser gravas y principalmente arenas, que varían su composición y tamaño en función de su origen geológico (fluvial, eólico, lacustre, glacial, entre otros).

- Acuíferos de porosidad secundaria o fisurado: Formados por rocas “duras” de origen ígneo o metamórfico. La porosidad en estos acuíferos viene dada por la presencia de zonas de alteración, fracturas o fallas.
- Acuíferos kársticos por disolución: Compuestos por rocas de origen carbonático (calizas, margas, dolomías), donde la porosidad se desarrolla en forma secundaria por disolución del carbonato.

Parámetros hidráulicos

Los parámetros hidráulicos son imprescindibles para conocer la capacidad de almacenar y transmitir agua, y así poder establecer un modelo real de comportamiento del agua subterránea. Algunos de ellos son los siguientes a mencionar:

- Porosidad: Es la capacidad de una roca de tener poros, entendiendo por poro cualquier espacio de una masa rocosa que no esté ocupado por un material sólido, sino por un fluido. Cuantitativamente, la porosidad se define como el espacio total ocupado por poros en un volumen determinado de roca.
- Permeabilidad: Se refiere a la facilidad que tiene un acuífero en dejar pasar el agua a su través. Es por lo tanto el principal parámetro que caracteriza las propiedades hídricas de los materiales y el que registra mayor variación en función del material.

- Transmisividad: Se refiere a la cantidad de agua que puede ser transmitida horizontalmente por el espesor saturado del acuífero.
- Coeficiente de almacenamiento: Representa el volumen capaz de liberar un acuífero, al descender en una unidad el nivel piezométrico. Es adimensional.

Ensayos de bombeo

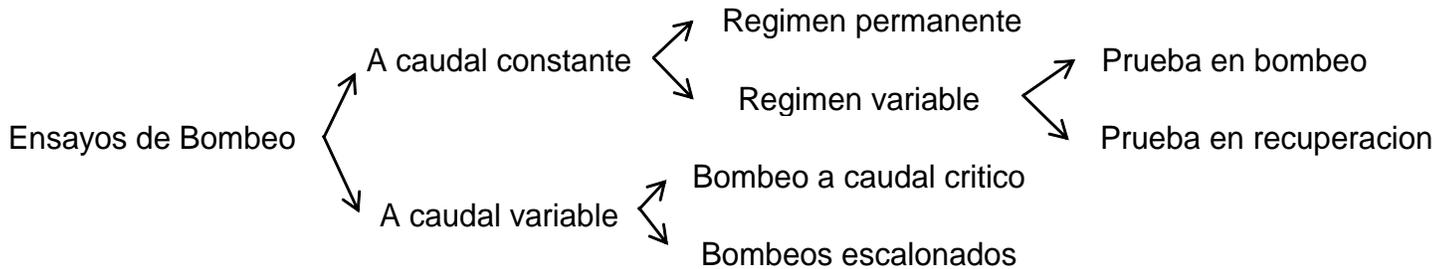
Se considera en un método de análisis de los pozos de captación de aguas subterráneas y del acuífero en que se encuentran. Consiste en bombear los pozos y sondeos, bien a un caudal constante o bien a un caudal variable, siguiendo la evolución del nivel del agua, debida al bombeo. Adicionalmente, consiste en estudiar las variaciones de los niveles, permitiendo obtener información acerca del pozo en si como las características y circunstancias del acuífero.

Las pruebas de un ensayo de bombeo referente a los pozos, permiten suministrar información sobre la calidad de construcción, pérdidas de carga por rozamiento del agua en las inmediaciones del mismo e incluso sobre el caudal de bombeo más aconsejable y lugar donde debe colocarse la bomba para un caudal determinado de explotación.

Respecto al acuífero, pueden suministrar datos sobre su transmisividad, coeficiente de almacenamiento, grado de comunicación entre la zona acuífera inmediata al pozo y otras más lejanas; existencia de barreras o bordes impermeables cercanos, zonas de recarga, entre otras. Incluso, en determinadas circunstancias, es posible calcular con los ensayos de bombeo el área de embalse subterráneo.

Tipos de ensayos de bombeo.

Los ensayos de bombeo se pueden clasificar de la siguiente manera:



Definiendo cada uno de ellos pero tomando en consideración que hay que tomar en cuenta que antes de empezar el ensayo se deben tomar las mediciones de la profundidad del nivel del agua en el pozo de bombeo y en el pozo de observación, si los hubiese.

- A caudal constante: Se presenta cuando a lo largo de todo el ensayo el caudal se mantiene sin ninguna variación.
 - Régimen permanente: Es aquel en el cual los niveles no varían con el tiempo. Transcurrido un tiempo, los niveles se estabilizaran o varían tan poco que pueden considerarse como estables.
 - Régimen variable: Es aquel en el cual los niveles varían con el tiempo.
 - A prueba en bombeo: Ocurre como consecuencia de un bombeo a caudal constante lo cual produce que los niveles descenderán un cierto tiempo.
 - A prueba en recuperación: Sucede cuando se detiene el bombeo, comienzan a ascender los niveles, tratando de alcanzar la cota inicial en reposo.

- A caudal variable: Se presenta cuando ocurren variaciones del caudal en cualquier momento de todo el ensayo.
 - Bombeo a caudal crítico: Consiste en mantener la depresión fija al nivel de la bomba y medir como varía el caudal con el tiempo. Se utiliza únicamente para ensayos en acuíferos colgados que cumplan ciertas características.
 - Bombeos escalonados: Se fijan distintos caudales a voluntad propia, midiéndose la depresión producida por cada uno de ellos. Permite determinar las pérdidas de carga en el pozo, debido a una construcción defectuosa.

Métodos de Análisis para acuíferos confinados.

Existen distintos modelos que permiten confirmar los datos observados luego de un ensayo. Dependiendo de los factores que se consideren notables se elige un modelo a seguir. Casi todas las soluciones de pruebas de bombeo están basadas en la Solución de Theis, la cual está construida con las asunciones más simples. A continuación se explica el método establecido por Theis.

Solución de Theis

Fue adoptada por Charles Theis, quien trabajaba para el Servicio Geológico de los Estados Unidos en 1935), para un flujo radial 2D hacia un punto, en un acuífero simple, homogéneo e infinito. Theis expreso que:

$$s = \frac{Q}{4\pi r} W(u)$$

$$u = \frac{r^2 S}{4Tt}$$

Donde se define que:

- s es el descenso, el cambio en la presión hidráulica en un punto desde el comienzo de la prueba.
- Q es la tasa de bombeo del pozo
- T la transmisividad
- S el coeficiente de almacenamiento del acuífero.
- t es el tiempo que ha transcurrido desde que comenzó el bombeo
- r es la distancia al pozo de bombeo, donde se observa el descenso.
- U es un parámetro adimensional.
- $W(u)$ es la función de pozo, también conocida como la integral exponencial.

El método establecido por Charles Theis se utiliza principalmente para conocer los parámetros hidráulicos del acuífero (T y S promedio), cerca del pozo de bombeo, a partir de los datos de descenso obtenidos durante la prueba de bombeo.

Los requerimientos a cumplir para aplicar la solución de Theis son los siguientes:

- Acuífero homogéneo, isotrópico y confinado.
- Pozo completamente penetrante.
- El pozo posea un radio “cero”, de esta forma no ocurre almacenamiento de agua en el pozo y el bombeo es 100% eficiente.
- El ensayo de bombeo debe ser a caudal constante Q .
- El acuífero es infinito radialmente.
- Los límites (superior e inferior) del acuífero son impermeables, planos y horizontales.

- El flujo de agua es horizontal.
- No hay otros pozos o cambios de largo plazo en los niveles de agua regionales.

A pesar de que estos requisitos son raramente cumplidos a la medida, dependiendo del grado de similitud a las condiciones ideales, la solución de Theis puede seguir siendo útil.

Elaboración de mapas piezométricos.

Representan el lugar geométrico de los puntos que señalan la altura piezométrica de cada una de las porciones de un acuífero referidas a una determinada profundidad. El lugar geométrico también llamado superficies piezométricas, se representan mediante líneas de igual altura piezométrica, llamadas líneas isopiezas.

En los acuíferos libres, la superficie piezométrica coincide, a grandes rasgos, con la superficie freática, es decir, con el límite de saturación.

En los acuíferos confinados, la superficie piezométrica es más elevada que el techo de los mismos.

En los acuíferos permeables por fisuración y/o karstificación y, en general, en acuíferos muy heterogéneos, puede ser una superficie discontinua.

En acuíferos detríticos, pueden existir niveles más o menos aislados por lechos semiconfinantes, un caso particular sería el de acuíferos afectados por intrusión marina en lo que la piezometría está directamente afectada por la densidad del agua, que varía en función de la salinidad.

Determinación de los niveles piezométricos.

Para obtener el nivel piezométrico de un acuífero es mediante la perforación que permita el acceso directo a este. La profundidad del nivel piezométrico se mide desde una determinada referencia; para conocer el nivel piezométrico es preciso conocer la cota de referencia respecto a un cierto punto fijo tal como el nivel del mar. Esto supone una nivelación topográfica de las distintas referencias.

Las medidas piezométricas pueden ser:

- Instantáneas.
- Continúas registradas.
- Continúas no registradas.

Las medidas piezométricas instantáneas son aquellas que se realizan mediante una sonda de nivel, que se basan en la observación de la profundidad del agua mediante el cierre de un circuito eléctrico cuando el elemento detector entra en contacto con el agua.

Las medidas piezométricas continuas registradas se efectúan mediante limnigrafos que, además de medir continuamente el nivel mediante flotador y contrapeso, poseen un sistema de registro gráfico en un papel enrollado a un cilindro que gira uniformemente accionado por un mecanismo.

Las medidas continuas no registradas son aquellas que se llevan a cabo mediante limnímetros que se instalan en los pozos de observación.

Trazado de las curvas isopiezas.

El trazado de las curvas isopiezas se puede realizar mediante distintos métodos:

- Interpolación interpretativa.

- Interpolación triangular.
- Mediante softwares.

El fundamento del método es interpolar valores entre puntos cercanos y trazar líneas que unan puntos de igual altura piezométrica. En cada una de estas líneas debe estar señalado su valor.

El sentido del flujo del agua, se conocerá ya que va desde las líneas de mayor altura piezométrica hacia líneas de menor altura piezométrica, en la dirección de la máxima pendiente, es decir, perpendicularmente a las mismas.

Las líneas isopiezas, a su vez líneas equipotenciales permiten:

- Conocer el sentido del flujo.
- Diferenciar áreas de recarga y descarga.
- Manifiestar relaciones río-acuífero.
- Mostrar diferencias de parámetros hidrodinámicos.
- Identificar divisorias hidrogeológicas.

Softwares para el trazado de curvas isopiezas.

ArcGIS

Es un sistema para trabajar con mapas e información geográfica. Se utiliza para:

- Crear y utilizar mapas.
- Compilar datos geográficos.
- Analizar la información de los mapas.
- Compartir y detectar información geográfica.
- Utilizar mapas e información geográfica para diversas aplicaciones.
- Administrar la información geográfica de una base de datos.

El sistema proporciona una infraestructura para que los mapas y la información geográfica estén disponibles en toda una organización, comunidad y abiertamente en Internet.

ArcMAP

Es el componente principal de ESRI 's ArcGIS, conjunto de programas de procesamiento geoespaciales, y se utiliza sobre todo para ver, editar, crear y analizar datos geoespaciales. ArcMap permite al usuario explorar los datos dentro de un conjunto de datos, simbolizan características en consecuencia, y crear mapas.

Usuarios de ArcMap pueden crear y manipular conjuntos de datos para incluir una variedad de información. Por ejemplo, los mapas producidos en ArcMap generalmente incluyen características tales como flechas norte, barras de escala, títulos, leyendas, etc. El paquete de software incluye un estilo conjunto de estas características.

La suite ArcGIS está disponible en tres niveles de licencia: Basic, Standard o Advanced (antes ArcView, ArcEditor, o ArcInfo). Cada paso en la licencia proporciona al usuario más extensiones que permiten una variedad de la consulta a realizar sobre un conjunto de datos. ArcInfo es el más alto nivel de la concesión de licencias, y permite al usuario utilizar tales extensiones como 3D Analyst, SpatialAnalyst y el Analista geoestadístico.

Mapas creados y guardados dentro de ArcMap crearán un archivo en el disco duro con una extensión .mxd. Una vez que un archivo con extensión .mxd se abre en ArcMap, el usuario puede mostrar una variedad de información, con tal de que exista dentro del conjunto de datos. En este momento el usuario podrá crear una nueva salida de mapa y utilizar las funciones de personalización y diseño para crear un producto único. Una vez finalizado el mapa, ArcMap tiene la capacidad de guardar, imprimir y exportar

archivos a PDF. La información geográfica que se carga en ArcMap se puede ver de dos maneras: ver datos y ver su diseño.

En vista de datos, el usuario puede interactuar con la información geográfica presentada, y los elementos del mapa se ocultan a la vista. La mayoría de los proyectos se inician en este punto de vista, y continúan a la vista de diseño para la edición final y la producción. Mientras que en la vista de diseño, el usuario puede incorporar un número de características útiles, tales como barras de escala y leyendas. Estos elementos son cruciales para mapear de decisiones, y proporcionar a los clientes con información de referencia apropiada.

ArcCatalog

La aplicación ArcCatalog proporciona una ventana con un catálogo que se utiliza para organizar y administrar varios tipos de información geográfica de ArcGIS Desktop. Entre los tipos de información que se pueden organizar y administrar en ArcCatalog se incluyen:

- Geodatabases.
- Archivos ráster.
- Documentos de mapa, documentos de globo, documentos de escena 3D y archivos de capa.
- Cajas de herramienta de geoprocésamiento, modelos y secuencias de comandos Python.
- Servicios SIG publicados usando ArcGIS Server.
- Metadatos basados en estándares para estos elementos de información SIG.

ArcCatalog organiza este contenido en una vista de árbol con la que puede trabajar para organizar los datasets SIG y documentos de ArcGIS, así como buscar elementos de información y administrarlos.

ArcCatalog presenta esta información en una vista de árbol, y le permite seleccionar un elemento SIG, ver sus propiedades y acceder a las herramientas con las que realizar operaciones en los elementos seleccionados. ArcCatalog se utiliza para:

- Organizar el contenido SIG.
- Administrar esquemas de geodatabase.
- Buscar y agregar contenido a aplicaciones de ArcGIS.
- Documentar contenidos.
- Administrar servidores SIG.
- Administrar metadatos basados en estándares.

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

El marco metodológico consiste en desarrollar de manera detallada cada uno de los pasos para el desenvolvimiento de la investigación, a través de procedimientos específicos como lo son la observación y la recolección de datos, según Tamayo y Tamayo (2003, p. 37) define al marco metodológico como: “Un proceso que, mediante el método científico, procura obtener información relevante para entender, verificar, corregir o aplicar el conocimiento”, dicho conocimiento se adquiere para relacionarlo con las hipótesis presentadas ante los problemas planteados.

Así mismo expresa Arias (2006, p. 16) al marco metodológico como el “Conjunto de pasos, técnicas y procedimientos que se emplean para formular y resolver problemas”.

Tipode Investigación

El presente trabajo es una investigación descriptiva que tiene por objeto dar a conocer por medio de la elaboración de mapas las propiedades hidrogeoquímicas de los acuíferos del Municipio San Diego en el Sector Norte A; aportando así una guía que sirve de apoyo a las instituciones como la Alcaldía del Municipio San Diego, Ministerio para Ecosocialismo y Agua, a quien pueda interesar, el conocimiento de las condiciones hidrológicas en la que se encuentran los pozos.

Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis (Dankhe, 1986). miden o evalúan diversos

aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno o fenómenos a investigar. Desde el punto de vista científico, describir es medir. En un estudio descriptivo se selección a una serie de cuestiones y se mide cada una de ellas independientemente, para así describir lo que se investiga. (Sampieri, R. y otros, 1997)

Diseño de la Investigación

Este trabajo de investigación se considera no experimental de tipo mixta, de campo y documental, es decir ya que una parte de la información será suministrada de la data que poseen las instituciones de la Alcaldía del Municipio San Diego, del Ministerio para Ecosocialismo y agua e HIDROCENTRO, por otro lado la recolección de información mediante la ubicación de los posos, niveles piezométricos en estado estático y dinámico.

Según el autor Fidas G. Arias (2012 p 27), define: la investigación documental es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas. Como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos.

Los autores Santa Palella y Feliberto Martins (2010. P 90), define: La investigación documental se concreta exclusivamente en la recopilación de información en diversas fuentes. Indaga sobre un tema en documentos- escritos u orales- uno de, los ejemplos más típicos de esta investigación son las obras de historia.

Los autores Santa Palella y Feliberto Martins (2010. P 87), define: El diseño no experimental es el que se realiza sin manipular en forma deliberada ninguna variable. El investigador no sustituye intencionalmente las

variables independientes. Se observan los hechos tal y como se presentan en su contexto real y en un tiempo determinado o no, para luego analizarlos. Por lo tanto en este diseño no se construye una situación específica si no que se observa las que existen.

Población y Muestra

La población es un conjunto de individuos de la misma clase, limitada por el estudio según; Tamayo y Tamayo (1997 p. 114) “la población se define como la totalidad del fenómeno a estudiar donde las unidades de población poseen una característica común la cual se estudia y da origen a los datos de la investigación”. Para la presente investigación la población está definida por 77 pozos subterráneos de la zona Norte del Municipio San Diego del Estado Carabobo.

Según Arias (2006, p.141) la define como “Un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes, para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda limitada por el Problema y por los objetivos del estudio”.

La muestra es la que puede establecer la problemática ya que les es capaz de concebir los datos con los cuales se captan las fallas dentro del proceso de la investigación. Según Tamayo y Tamayo (1997 p. 38), afirma que la muestra “es el grupo de individuos que se toma de la población, para estudiar un fenómeno estadístico”; de los 77 pozos se tomó una muestra repetitiva de 4 pozos de estudio.

Para Balestrini (2006 p. 141) “La muestra es, en esencia, un subgrupo de la población. Digamos que es un Subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población”.

Para efecto de esta investigación la población es igual a la muestra, por lo tanto no es necesario diferenciarlas, nuestra Población se encuentra delimitada en el Municipio de San Diego, en la Zona Norte A. Según “PLAN MUNICIPAL DE DESARROLLO SAN DIEGO 2014-2017”, la distribución de la Zona Norte A es la siguiente: Conformado por las vecindades de; Josefina I, Josefina II, casco de San Diego, Las Mercedes, Emmanuel I y II, Sabana del Medio, El Polvero, Hacienda Tamarindos, El Manantial, La Ponderosa, Santa Eduvigis, Mini Granja Colonial, Mini Granja San Diego, El Llanito, El Polvero, El Otro Lado, Las Morochas I,II;III,IV, Valle Fresco Norte, Hacienda La Caracara, El Mirador, Montecarmelo, San Francisco de Cúpira, Los Pinos, Pueblo Nuevo, Guarda Tinaja, Villa del Valle 2001-2002.

DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

Fase I. Recolección de Datos

1.- Identificar la ubicación geográfica de los pozos subterráneos en el Municipio San Diego durante el año 2015. Caso: Sector Norte A.

Para dar respuesta a este objetivo, se capturara la posición geográfica de los pozos con el Sistema de Posicionamiento Global GPS. Los datos obtenidos se usaran para ser cargados en el programa ArcGIS 10.0 y así poder representar con exactitud cada uno de los pozos del sector norte A del Municipio San Diego (Desde la Figura 1 hasta la Figura 4)



Figura 1. Medición de Niveles Estáticos en el pozo La Cumaca
Coordenadas N1137789 y E615817. Municipio San Diego, Estado
Carabobo. Fecha: 03/09/2015



Figura 2. Medición de Niveles Estáticos en el pozo Villas San
Diego Country Club Coordenadas E615774 N1136949. Municipio San
Diego, Estado Carabobo. Fecha: 03/09/2015



Figura 3. Pozo La Cumaca Coordenadas N1.137.789 y E615.817. Municipio San Diego, Estado Carabobo. Fecha: 03/09/2015



Figura4. Medición de Niveles Estáticos en el pozo Urb. Rivera Country. Coordenadas E616373 N1138135. Municipio San Diego, Estado Carabobo. Fecha: 23/10/2015



Figura 5. Medición de Niveles Estáticos en el pozo Urb. Rivera Country. Coordenadas E615774 N1136949. Municipio San Diego, Estado Carabobo. Fecha: 27/10/2015

Importación de los datos obtenidos de los pozos en campo a ArcCatalog.

Para importar los datos obtenidos de cada pozo encontrado, primeramente se realizó una tabla en Excel que contenía dicha información, la cual corresponden a las coordenadas de cada uno de los pozos en la zona en estudio de manera que permitan georeferenciarlas en un sistema de proyecciones planas Universal Transversal de Mercator (UTM) Elipsoide Internacional WGS84, uso 19 Zona Norte, hemisferio en el que se encuentra Venezuela. Para lograrlo se deberán realizar los siguientes pasos:

1. Ingresar a ArcCatalog → Folder Conections, hacer clic derecho en Folder Conections, se desplegara una lista de opciones. (Figura 5).

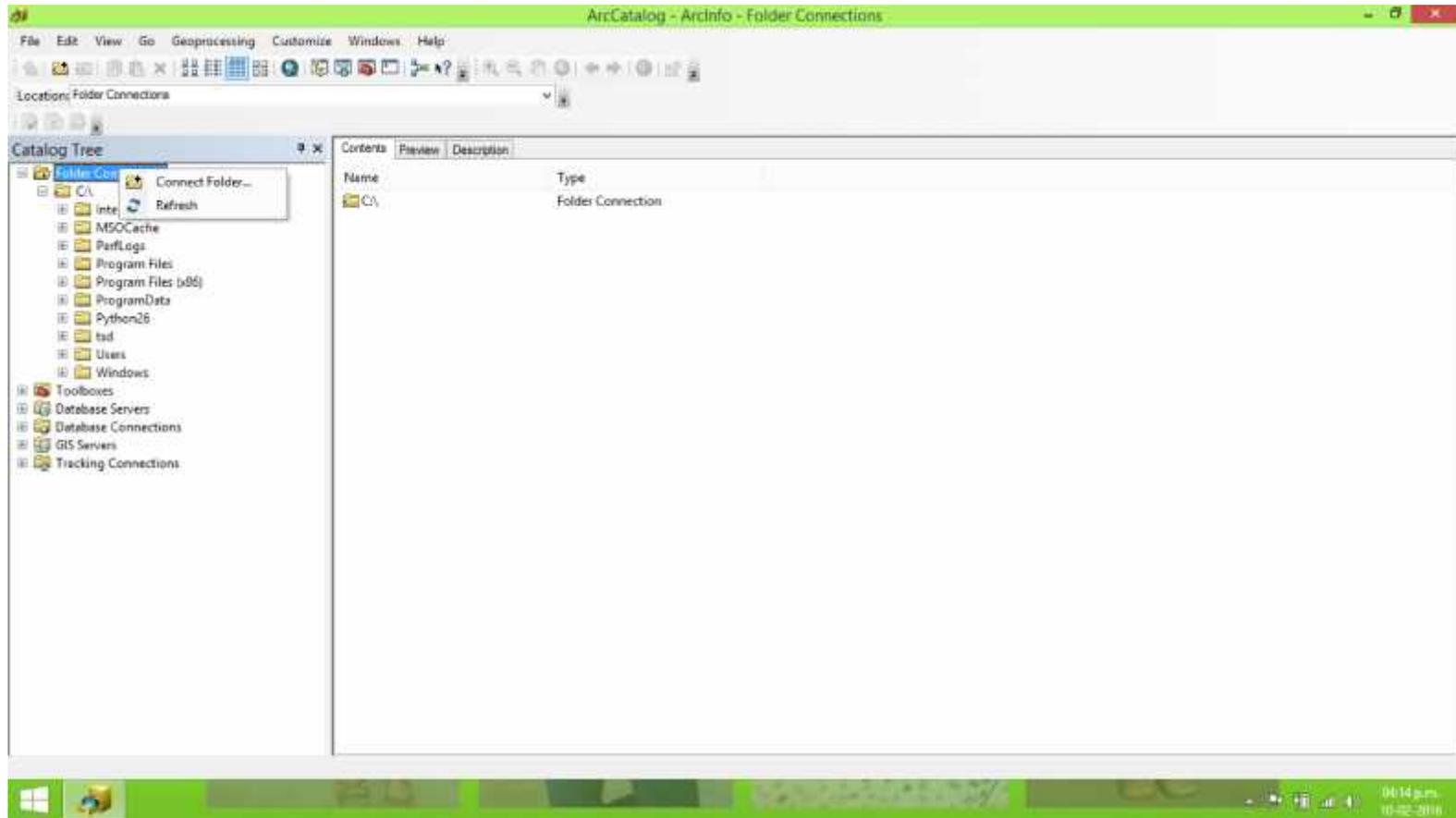


Figura6. Sincronización de la carpeta de trabajo con ArcCatalog. Fuente: ArcGIS 10.0

2. Una vez al observar la lista de opciones se seleccionara la opción Connect Folder, la cual permite conectar el ArcCatalog con la carpeta que contiene toda la información acerca de los pozos y así disponer de cualquier información para trabajar en ArcCatalog (Figura 6).

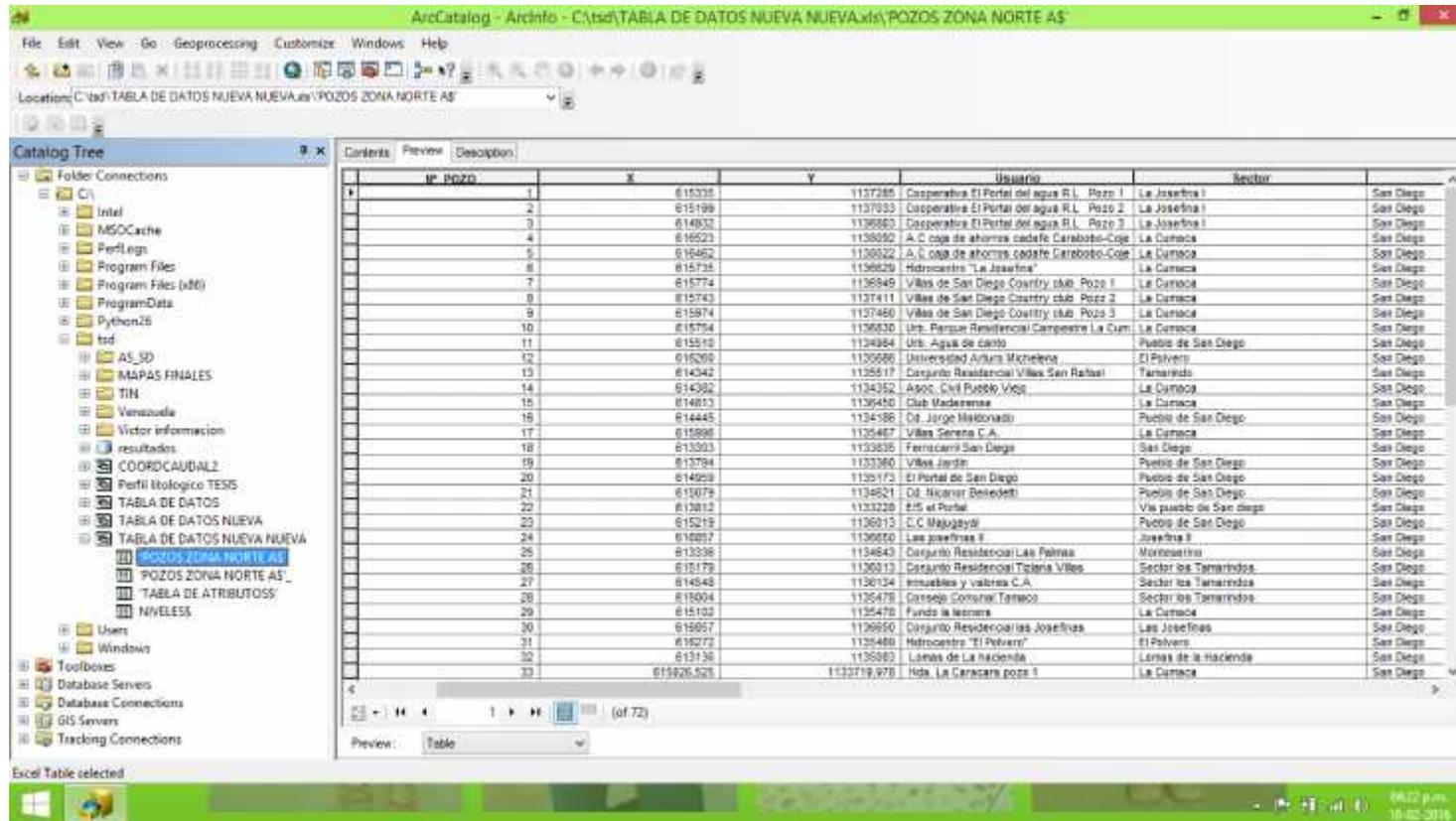


Figura7. Ejemplo de tabla en ArcCatalog. Fuente: ArcGIS 10.0

- Una vez sincronizado el ArcCatalog con la carpeta de trabajo, se podrá dar inicio a la elaboración de dichos mapas. Se comenzará a construir un FeatureClass de las coordenadas de los pozos a partir de una tabla XY (Figura 7). Para la creación de esta se deberán seguir los siguientes pasos:

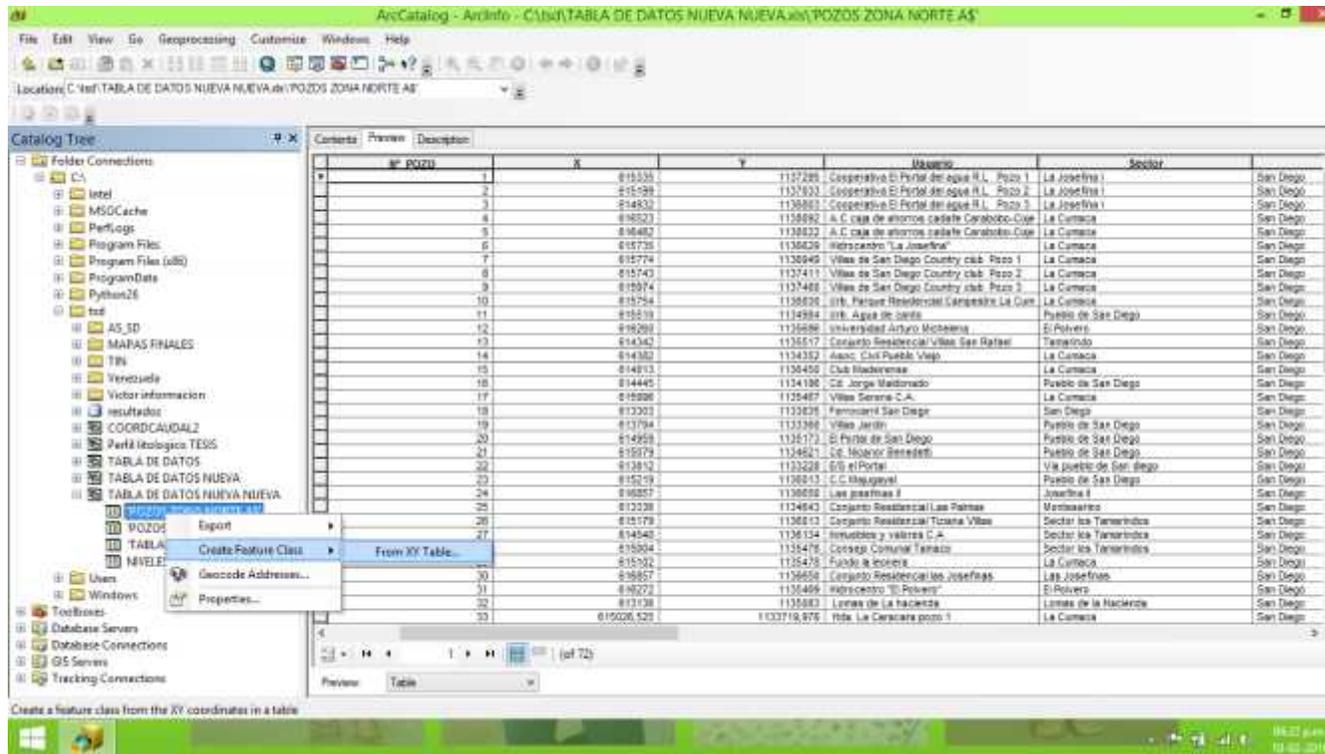


Figura 8. Muestra de pestaña para crear FeatureClass en ArcCatalog. Fuente: ArcGIS 10.0

1. Se comenzara a dar valores a las propiedades del FeatureClass (Figura 8).

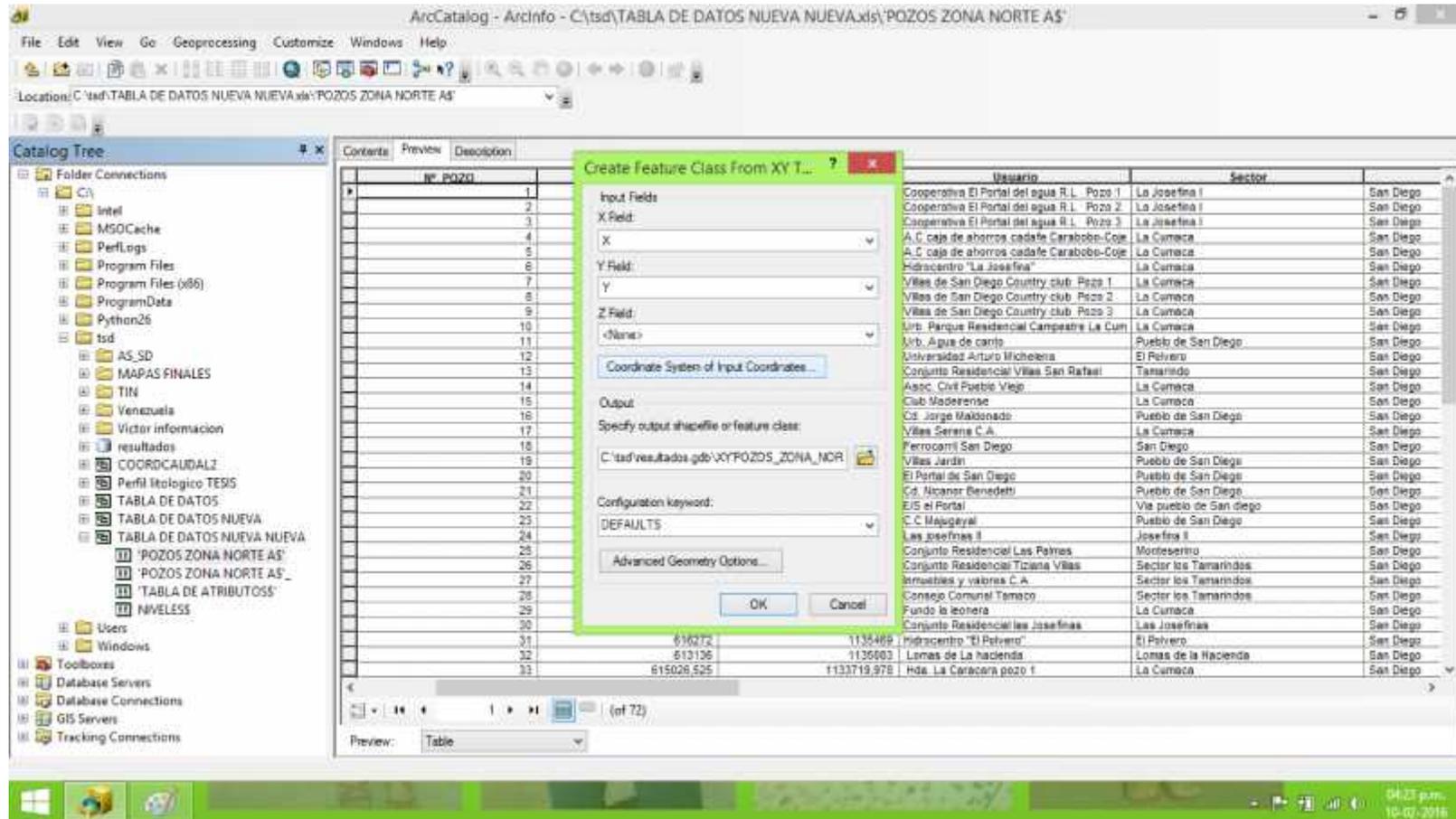


Figura9. Muestra de ventana de propiedades de FeatureClass en ArcCatalog. Fuente: ArcGIS 10.0

- Se deberá seleccionar un sistema de coordenadas espacial. Se selecciona la opción SELECT → ProjectedCoordinateSystems → UTM → WGS 1984 → Northern Hemisphere → WGS 1984 UTM Zone 19 (Figura 9).

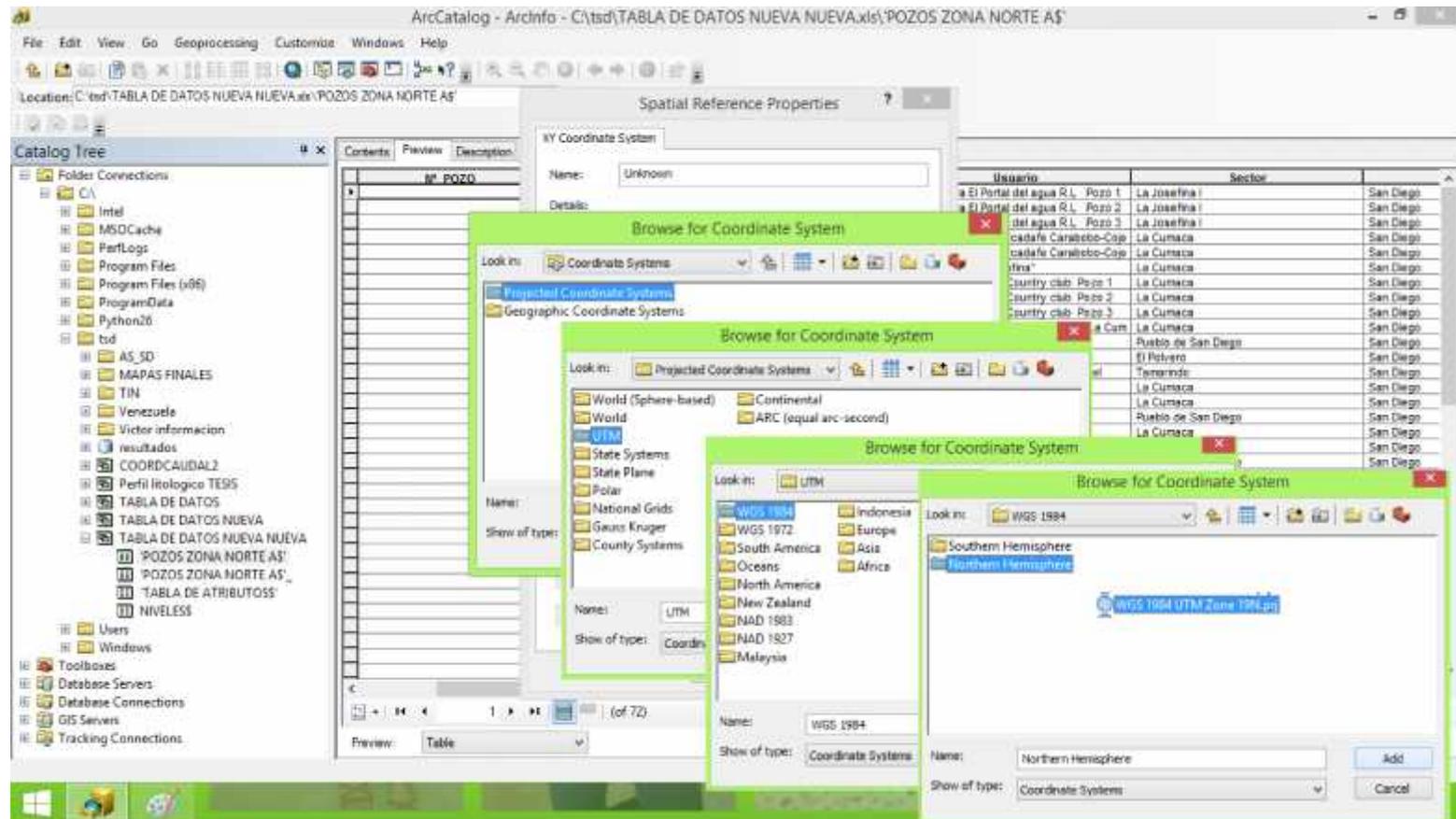


Figura 10.Múltiples ventanas para la selección del sistema de coordenadas. Fuente: ArcGIS 10.0

3. Click en aceptar y se creara el FeatureClass con todas las coordenadas de los pozos, encontrándose en la carpeta RESULTADOS (Figura 10)

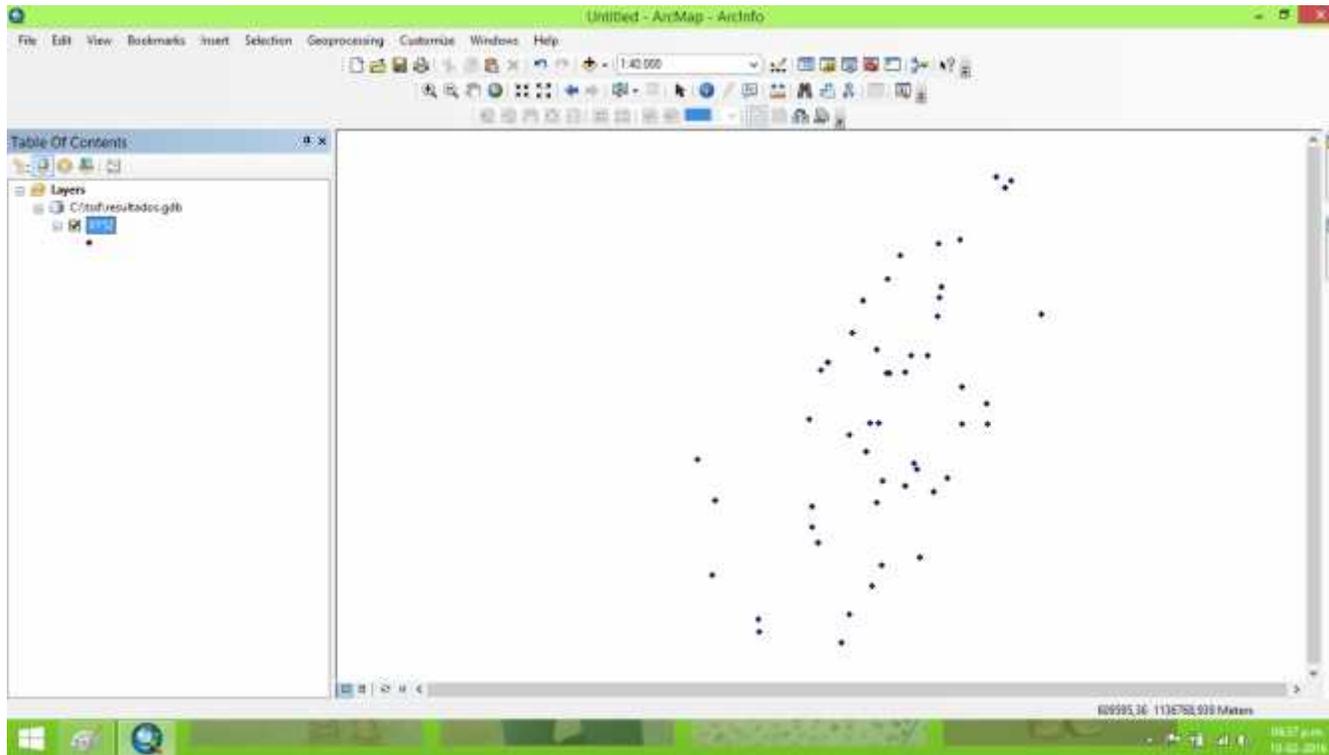


Figura11. Vista previa de la ubicación de los pozos sin las capas bases. Fuente: ArcGIS 10.0

4. Una vez creado el FeatureClass, se comenzara a trabajar en la elaboración de los mapas a partir del programa ArcMAP.

5. Ejecutar el programa ArcMAP, se añadirá la data anteriormente creada correspondiente a la FeatureClass mediante la opción ADD DATA (Figura 11).

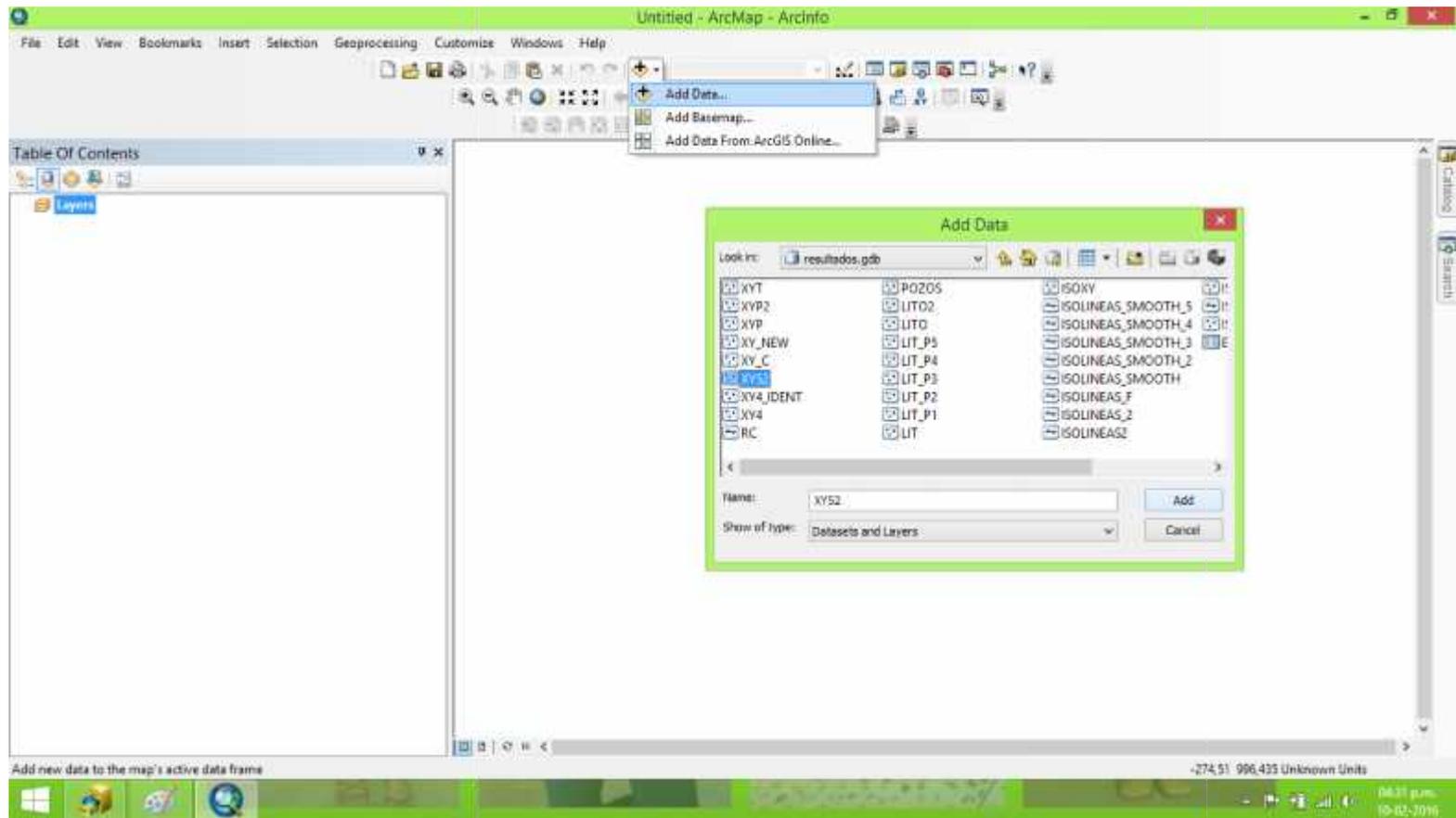


Figura12. Selección de Data en ArcMAP. Fuente: ArcGIS 10.0

6. Se repetirá el mismo procedimiento para las capas bases tanto superficie del terreno como los cuerpos de aguas cercanos (Figura 12) y así obteniendo los mapas con la ubicación exacta de cada pozo.

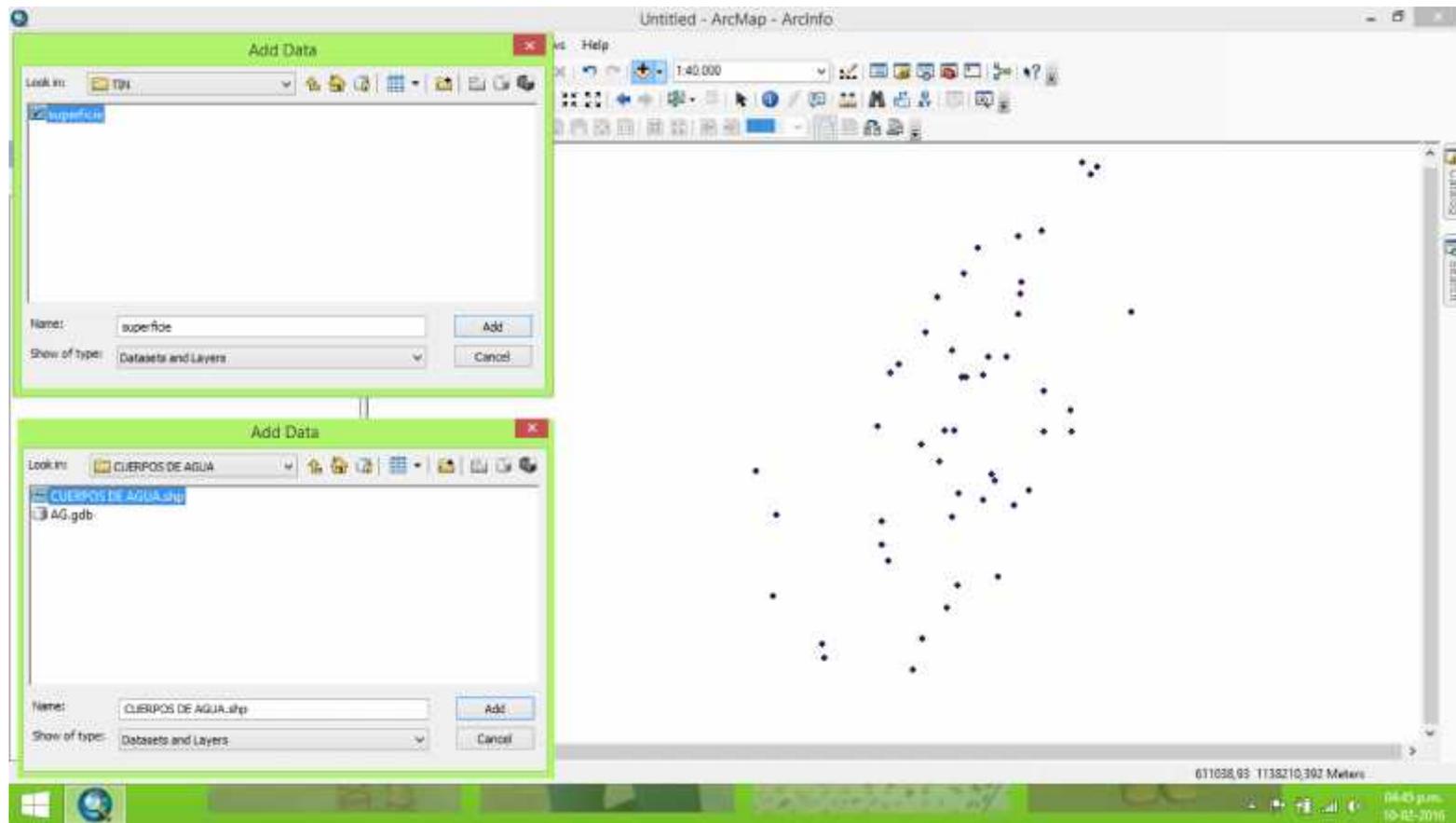


Figura13. Selección de la capas bases. Fuente: ArcGIS 10.0

Fase II. Representaciones Geofísicas.

2.- Expresar las propiedades geofísicas de los pozos subterráneos en el Municipio San Diego durante el año 2015. Caso: Sector Norte A.

Serán expresadas a través de su representación en una leyenda donde se refleje el rango de variación de cada propiedad mediante símbolos y colores.

Elaboración de los mapas de la litología y representación de las propiedades fisicoquímicas de los pozos.

Para la elaboración de estos mapas, se realizara el mismo procedimiento anteriormente explicado a diferencia que luego de añadir la data en el programa ArcMAP, se seleccionaran las propiedades de dicha capa, en este caso de la capa "LITOLOGIA" (Figura 13).

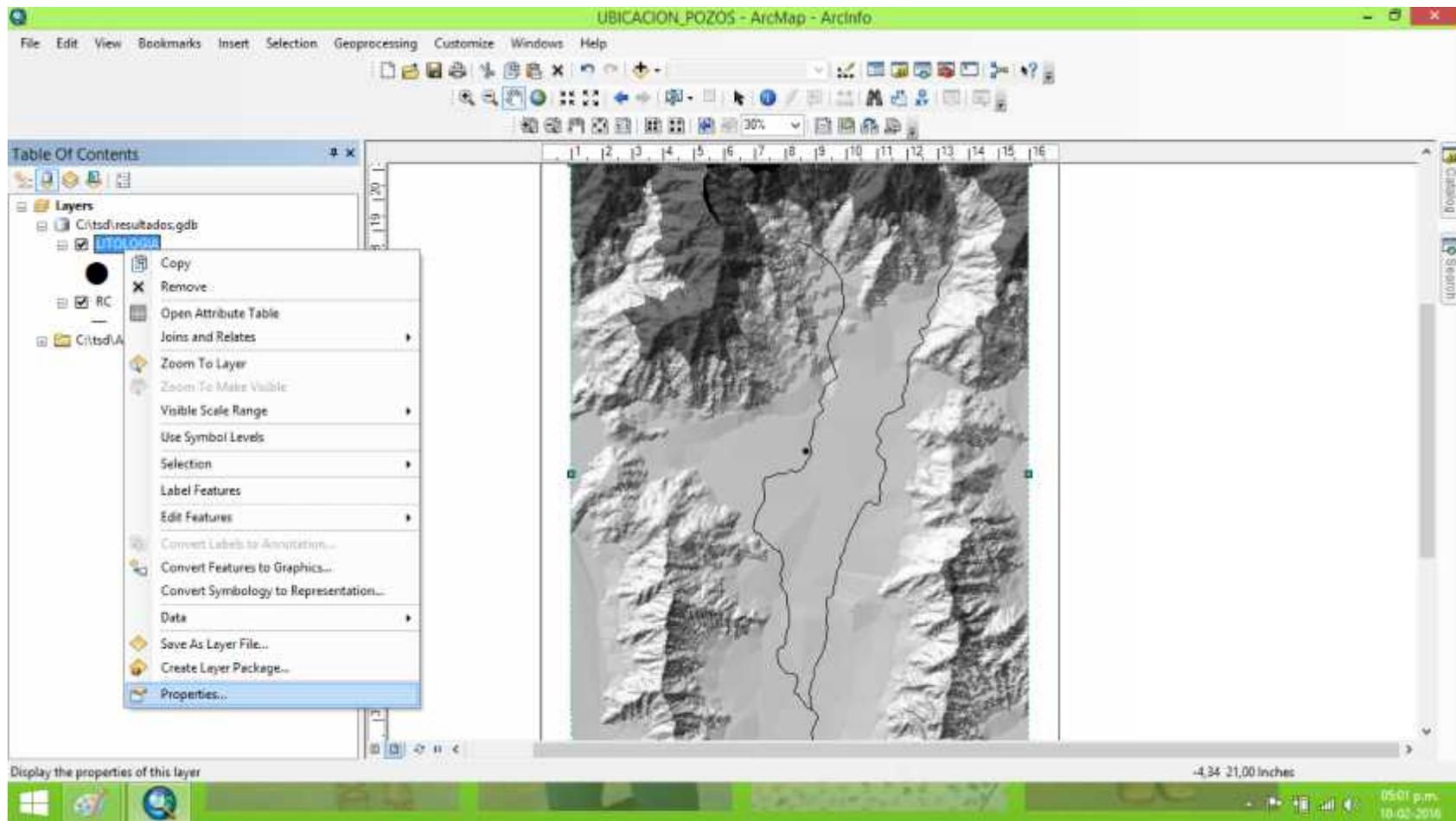


Figura 14. Pestaña de las opciones de la capa “LITOLOGIA” en ArcMAP. Fuente: ArcGIS 10.0

Una vez en las propiedades de la capa, seleccionamos la pestaña Symbology. En esta ventana desplegamos las opciones de la pestaña Charts, en donde se podrá realizar un diagrama en forma de Barra acumulada con todas las variables que se deseen representar (Figura 14).

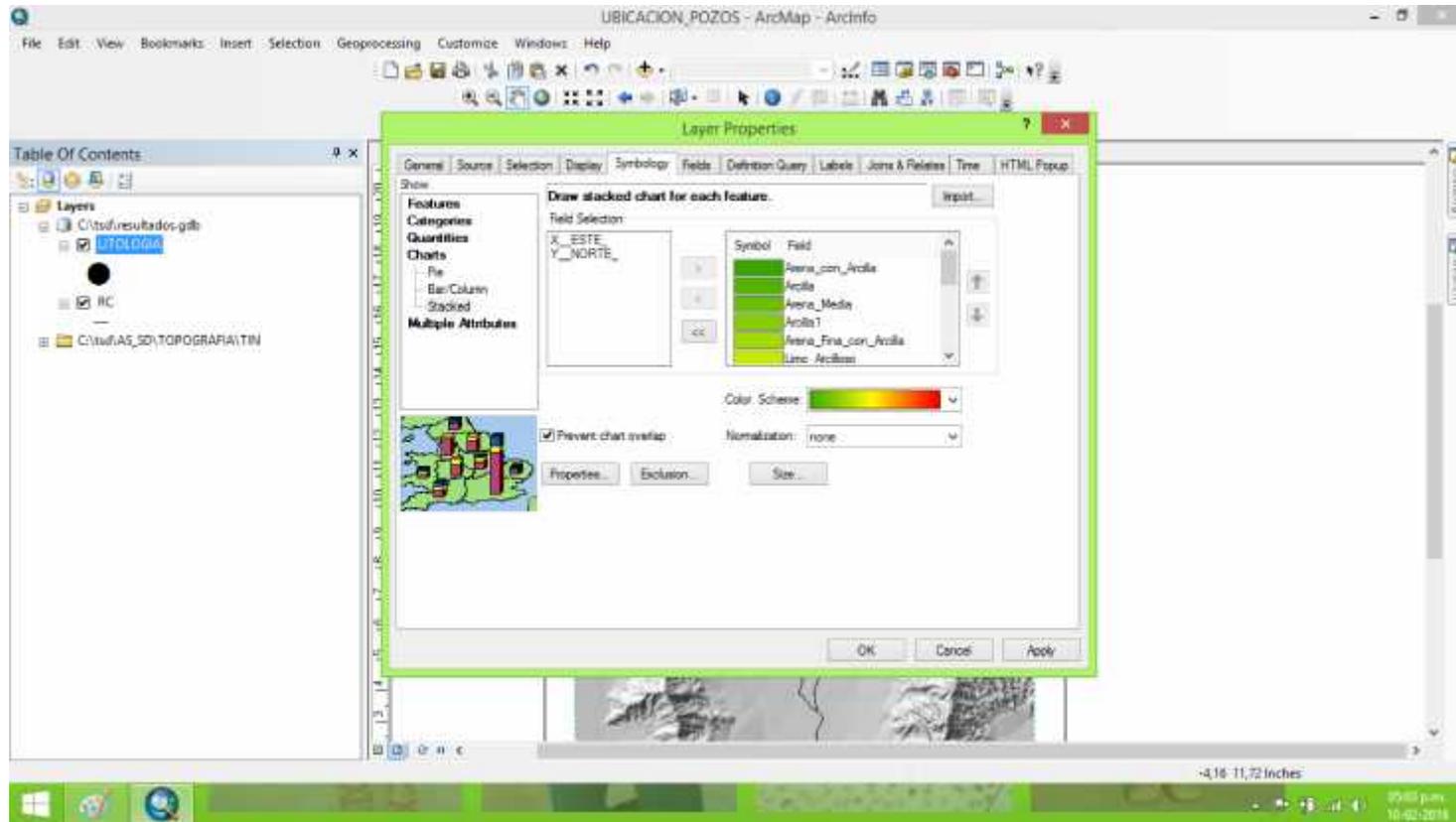


Figura 15. Ventana de las propiedades de la capa, pestaña Symbology. Fuente: ArcGIS 10.0

Una vez seleccionadas las variables a representar, se selecciona la escala de colores que identificara cada variable y así obteniendo finalmente el mapa de las propiedades geofísicas de los pozos en estudio.

Para la elaboración de los mapas donde se verán representadas las propiedades fisicoquímicas de los pozos siendo las variables a estudiar el pH, Sólidos disueltos, Dureza total, carbonatos; alcalinidad total y cloruros.

Fase III. Representaciones Graficas

3.- Describir las características hidrológicas en los pozos del Municipio San Diego durante el año 2015. Caso: Sector Norte A.

Se dará respuesta a este objetivo mediante la descripción de las características hidrológicas que serán expresadas mediante representaciones graficas donde se observara caudal vs tiempo, nivel de agua vs tiempo, generados a partir de mediciones en sitio por cada día de muestreo.

La prueba de registro a caudal variable, consiste en la toma de los niveles estáticos y dinámicos, utilizando la sonda de nivel freático. Para esto se debe medir el nivel del agua en un pozo de bombeo y en un pozo de observación ambos apagados. Luego se enciende el pozo de bombeo, y se varía el caudal, cada cierto tiempo a la vez que se toma el nivel estático del pozo de observación, a manera de observar su respuesta

Fase IV. Procedimiento de cálculo

4.- Aplicar modelos matemáticos de estimación de los parámetros hidráulicos de los acuíferos del Municipio San Diego durante el año 2015. Caso: Sector Norte A.

En base a los modelos matemáticos para la estimación de los parámetros hidráulicos que se verán vinculados a los tipos de acuíferos y del tipo de régimen que presenten (Tabla 1). Para estimar los parámetros hidráulicos de Transmisividad y el coeficiente de almacenamiento se aplicará el método gráfico de Theis (Figura 15).

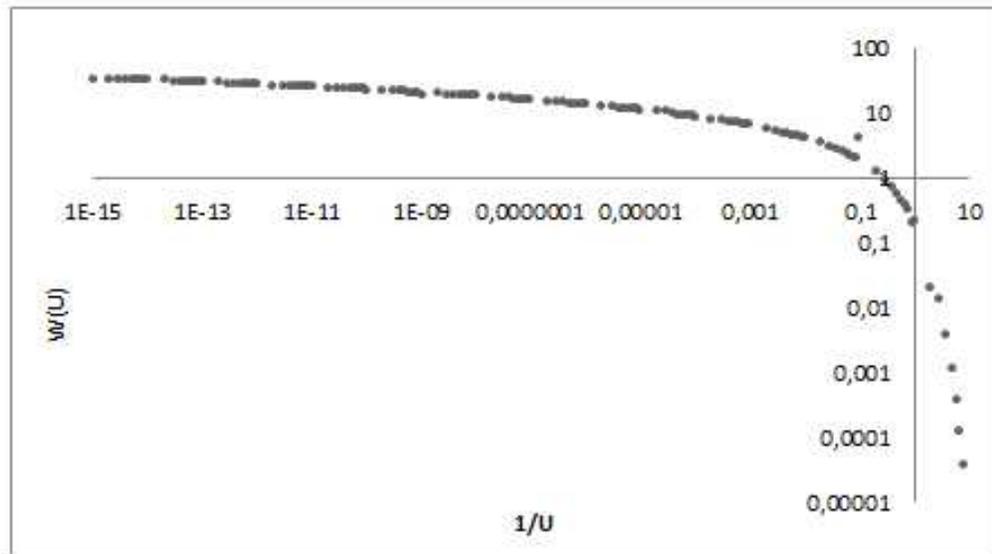


Figura16. Gráfica del Método de Theis. Fuente,Elaboración de los autores.

Para aplicar este método se harán uso de los datos tabulados en la fase 3 (Describir las características hidrológicas en los pozos del Municipio San Diego durante el año 2015. Caso: Sector Norte A), a partir de dichos datos se elaborará una tabla donde se vean reflejados los intervalos de tiempos en los que se realizó el ensayo y el descenso del nivel dinámico que sufrió el pozo para cada intervalo, las distancias entre pozo en estudio y el pozo de observación. A continuación se deberán realizar una serie de pasos:

1. Una vez obtenidos los valores de descensos, tiempos y la distancia entre pozo de observación y pozo de estudio se comenzara a determinar el coeficiente r^2/t y así al representar dichos valores, obtener la función del pozo en observación (Figura 16)

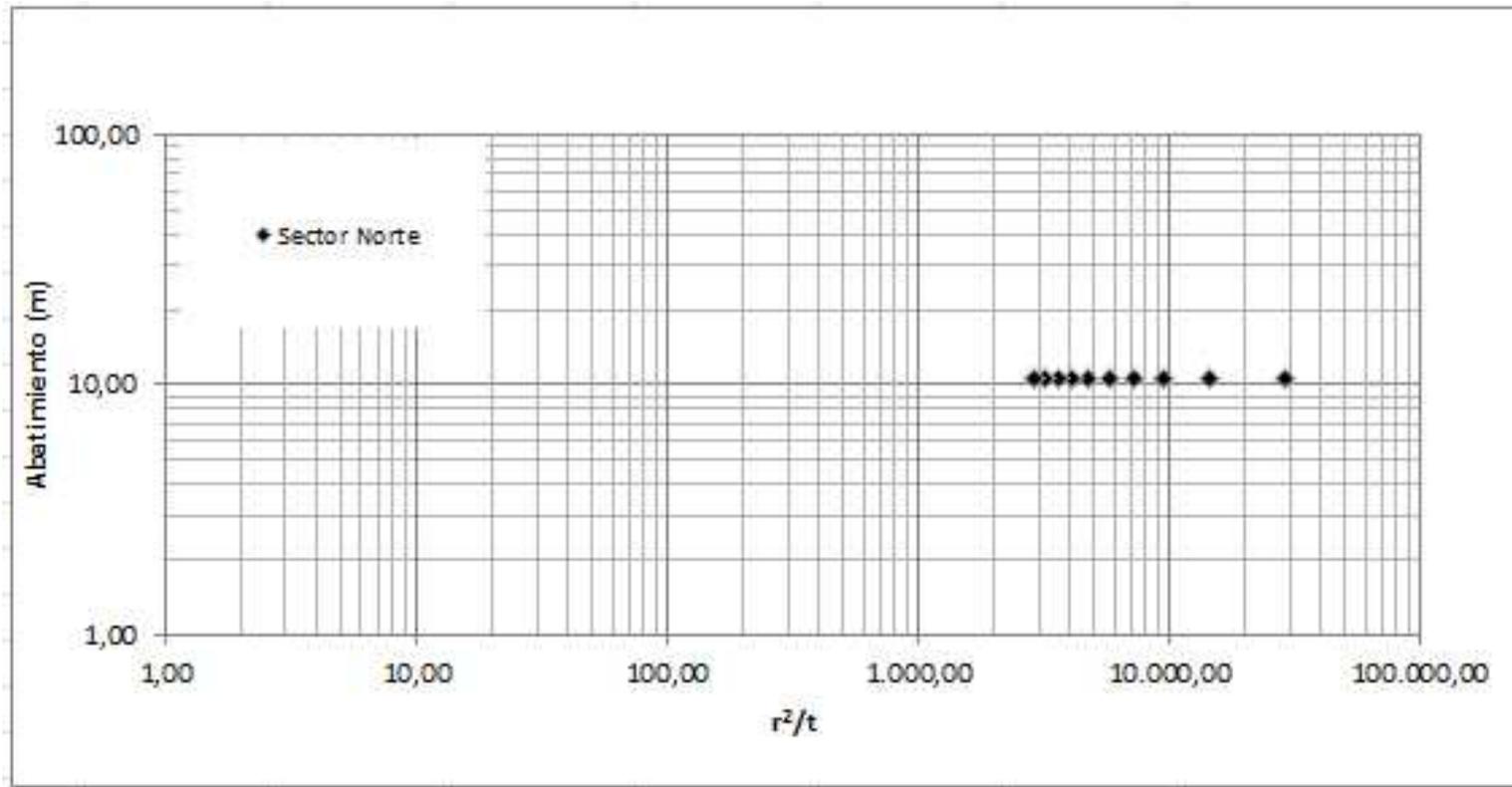


Figura 17. Función del pozo La Cumaca, Municipio San Diego. Coordenadas 1137789N y 615817E. Fuente, Elaboración de los autores.

2. Al obtener la función del pozo en estudio se deberá superponer sobre la gráfica del método de Theis, siendo el punto fuera de la curva el punto de ajuste (Figura 17)

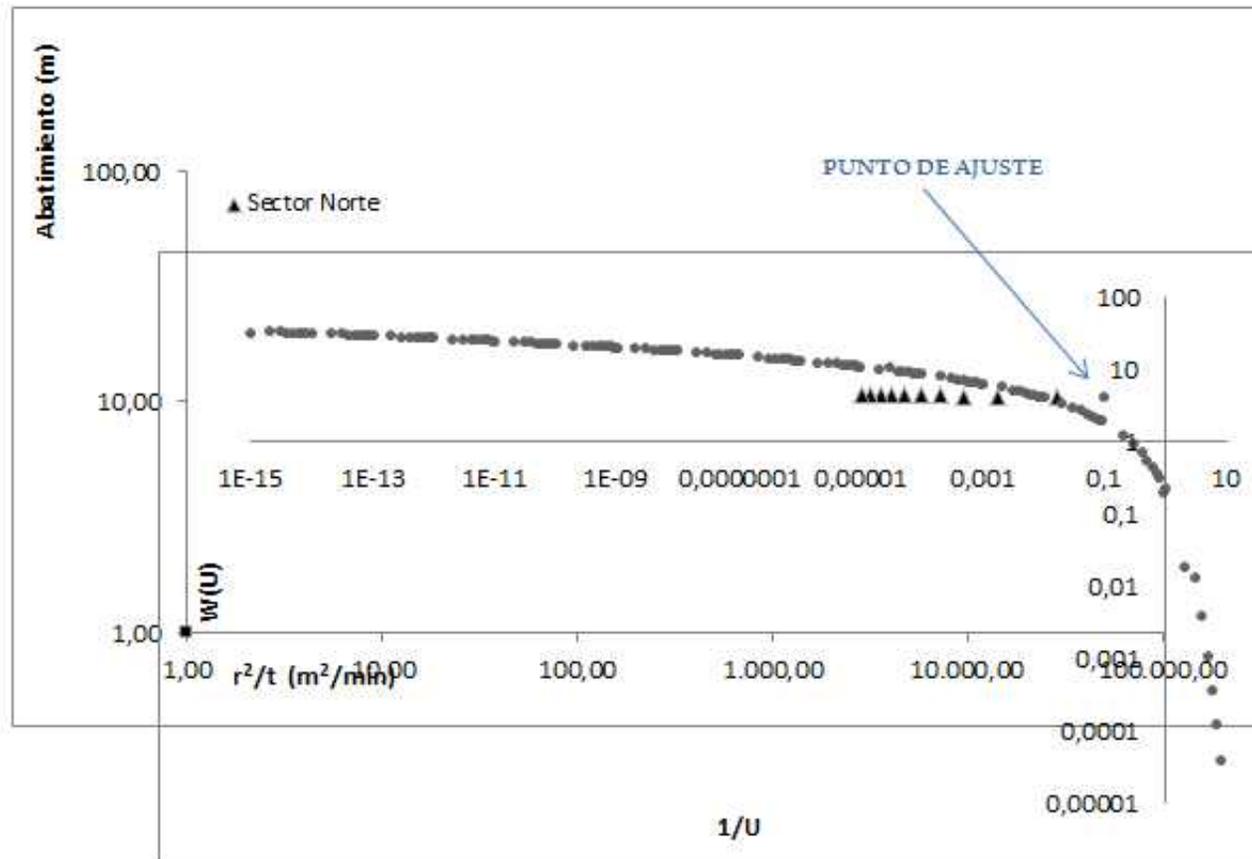


Figura 18. Obtención del punto de ajuste a partir de la superposición de la curva de Theis con la gráfica de la función Cumaca. Fuente, elaboración de los autores.

3. Una vez obtenido el punto de ajuste se obtienen los valores de $W(U)$ y el valor de la función auxiliar $1/U$ para así mediante ecuaciones matemáticas conseguir los valores de las propiedades hidráulicas del pozo en observación.

Fase V. Resultados

5.- Realizar mapas piezométricos de las redes de flujo del acuífero del Municipio San Diego durante el año 2015. Caso: Sector Norte A.

Los mapas piezométricos se realizaran a partir de las elevaciones de los pozos que se encuentran en dicha zona.

Elaboración de mapas de redes de flujo.

Para la elaboración de estos mapas inicialmente se añadirán las capas bases de dichos mapas como lo son la superficie y los cuerpos de agua cercanos. Una vez cargadas dichas capas se procede a los siguientes pasos:

1. Se abrirán las herramientas de ArcMAP, para así crear una superficie (TIN) a partir de los datos de los pozos. Solicitará la carpeta de salida en la cual se guardara el TIN, el sistema de coordenadas espacial el cual corresponderá WGS-1984 UTM Zona 19 y la variable de estudio (Figura 18).

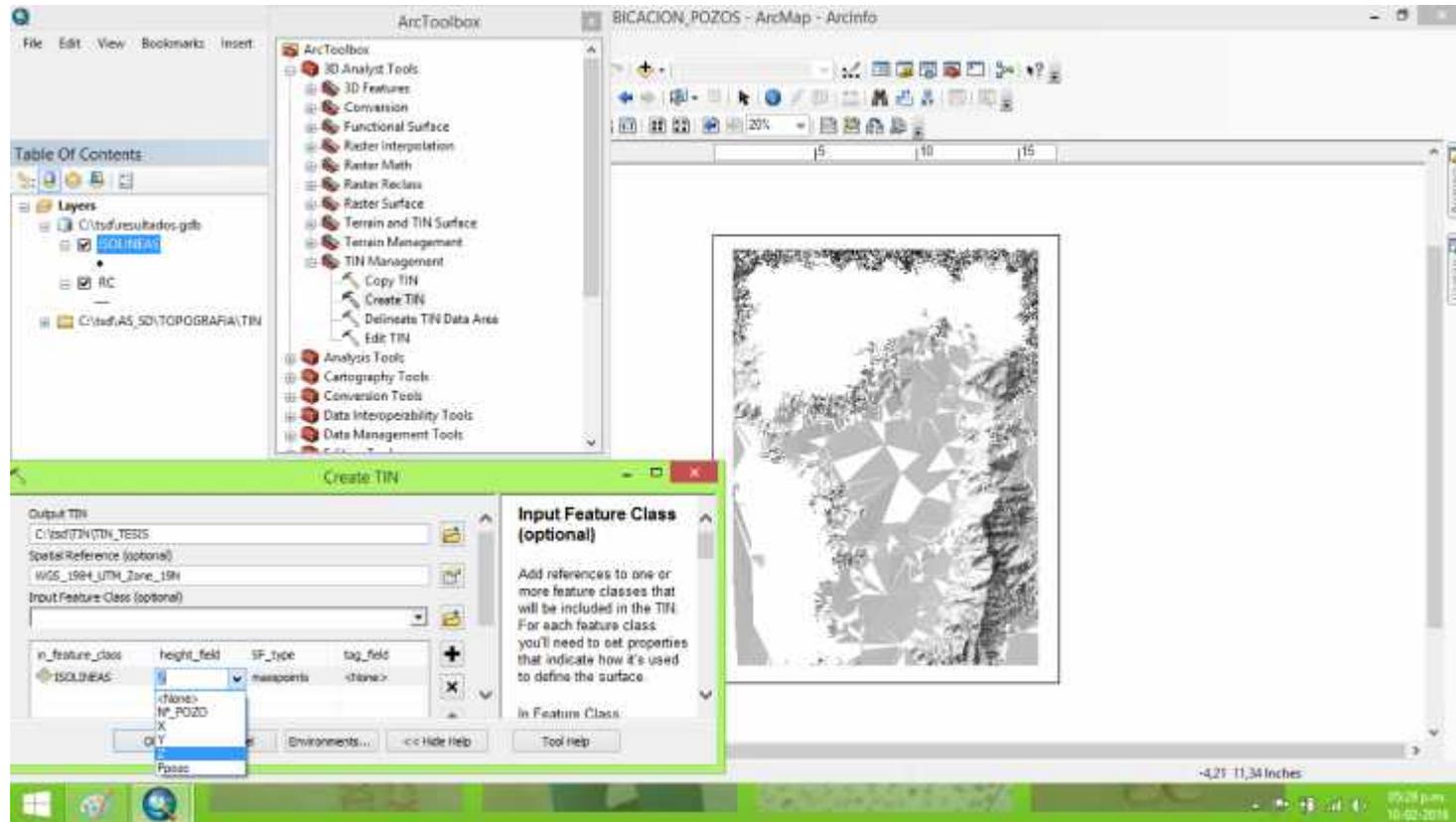


Figura 19. Muestra de la ventana para la creación de TIN en ArcMAP. Fuente: ArcGIS 10.0

2. Una vez al aceptar, se representara la superficie creada (Figura 19).

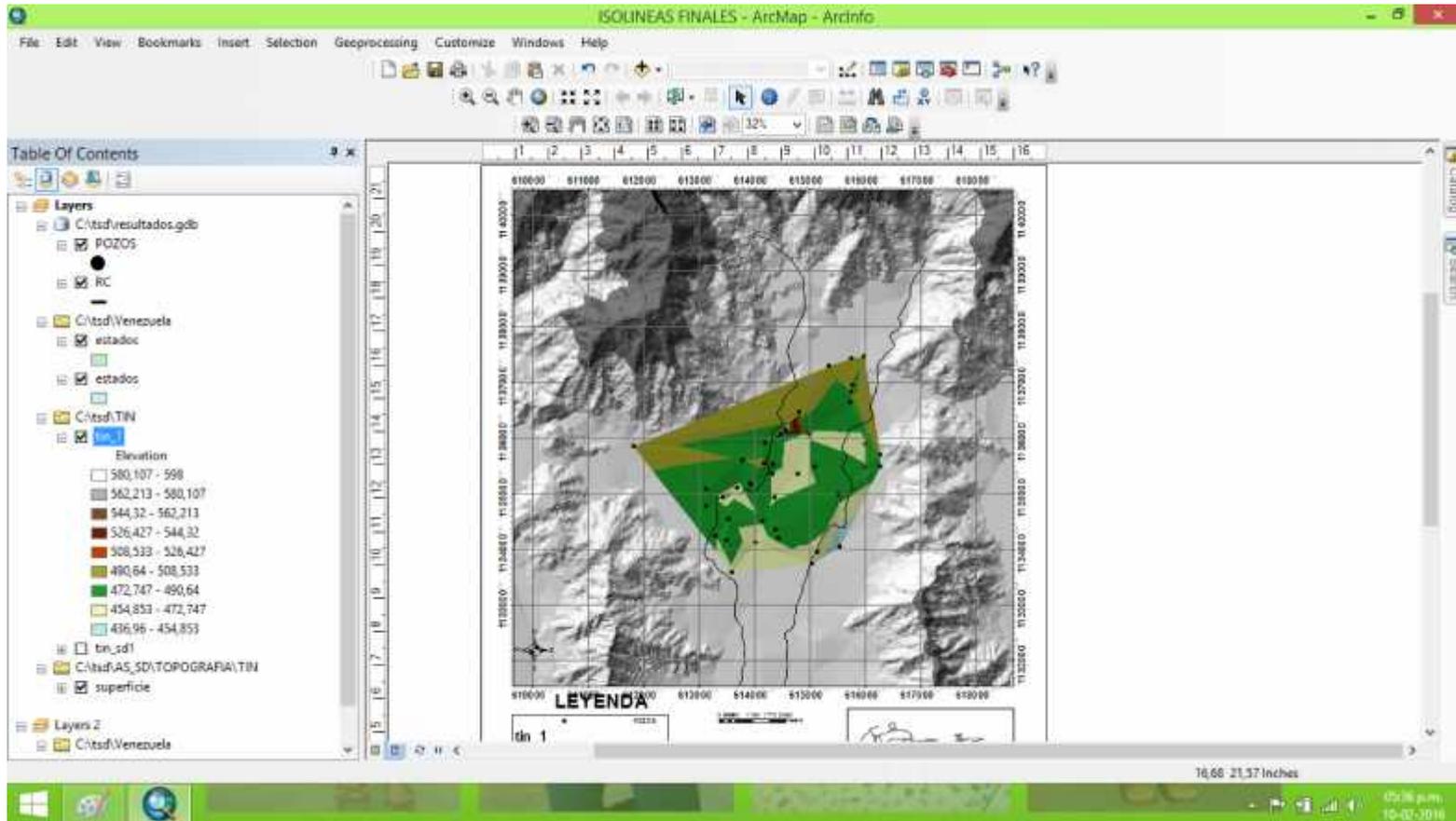


Figura 20.Vista previa de la superficie TIN creada en ArcMAP. Fuente: ArcGIS 10.0

3. A continuación toca crear las curvas de nivel de dicha superficie. Para esto se entraran en las herramientas de ArcMAP → 3D Analyst Tools → Terrain and TIN Surface → SurfaceContour. Al presionar SurfaceContour se abrirá una mini ventana donde nos pedirá ingresar la superficie de entrada, la carpeta donde se guardara dichas curvas de nivel y el intervalo de las curvas de nivel (Figura 20)

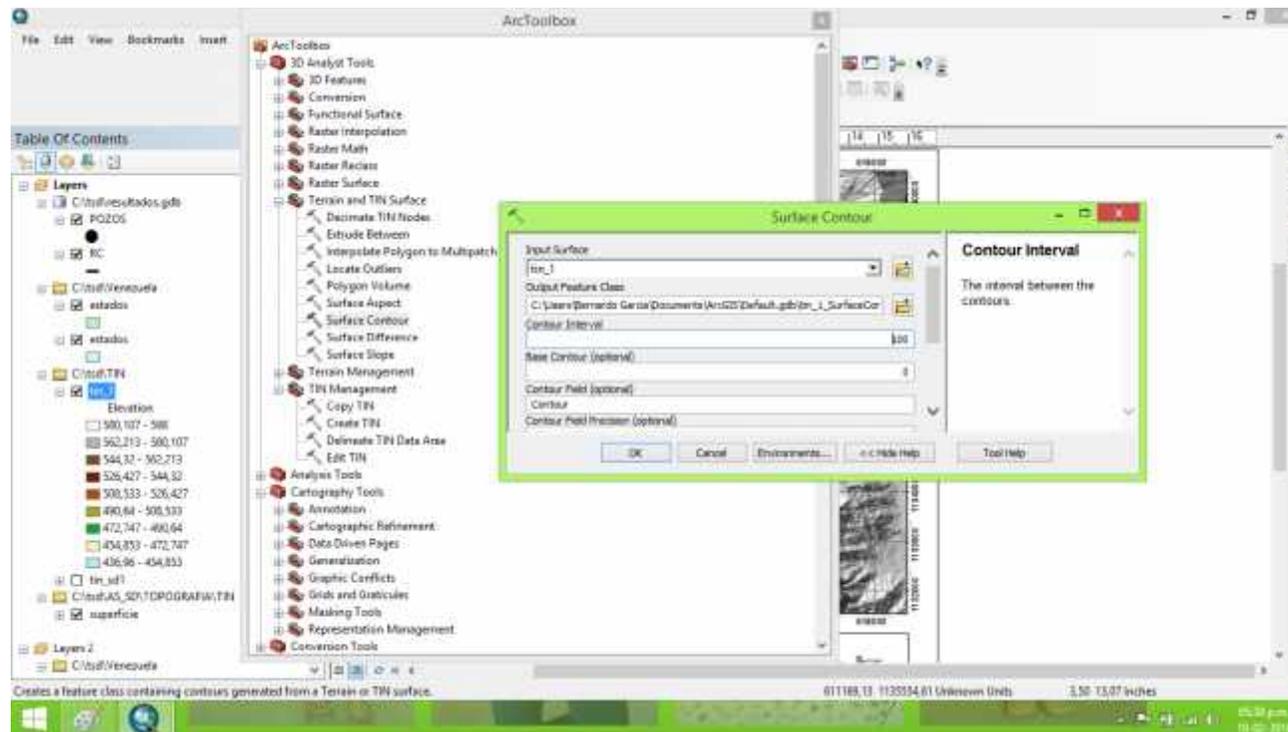


Figura 21. Ventana de valores de entrada para la creación de las curvas de nivel en ArcMAP. Fuente: ArcGIS 10.0

4. Una vez aceptar, se crearan las curvas de nivel de la superficie creada a partir de todas las elevaciones de los pozos, permitiendo observar el sentido del flujo del acuífero de la zona (Figura 21).

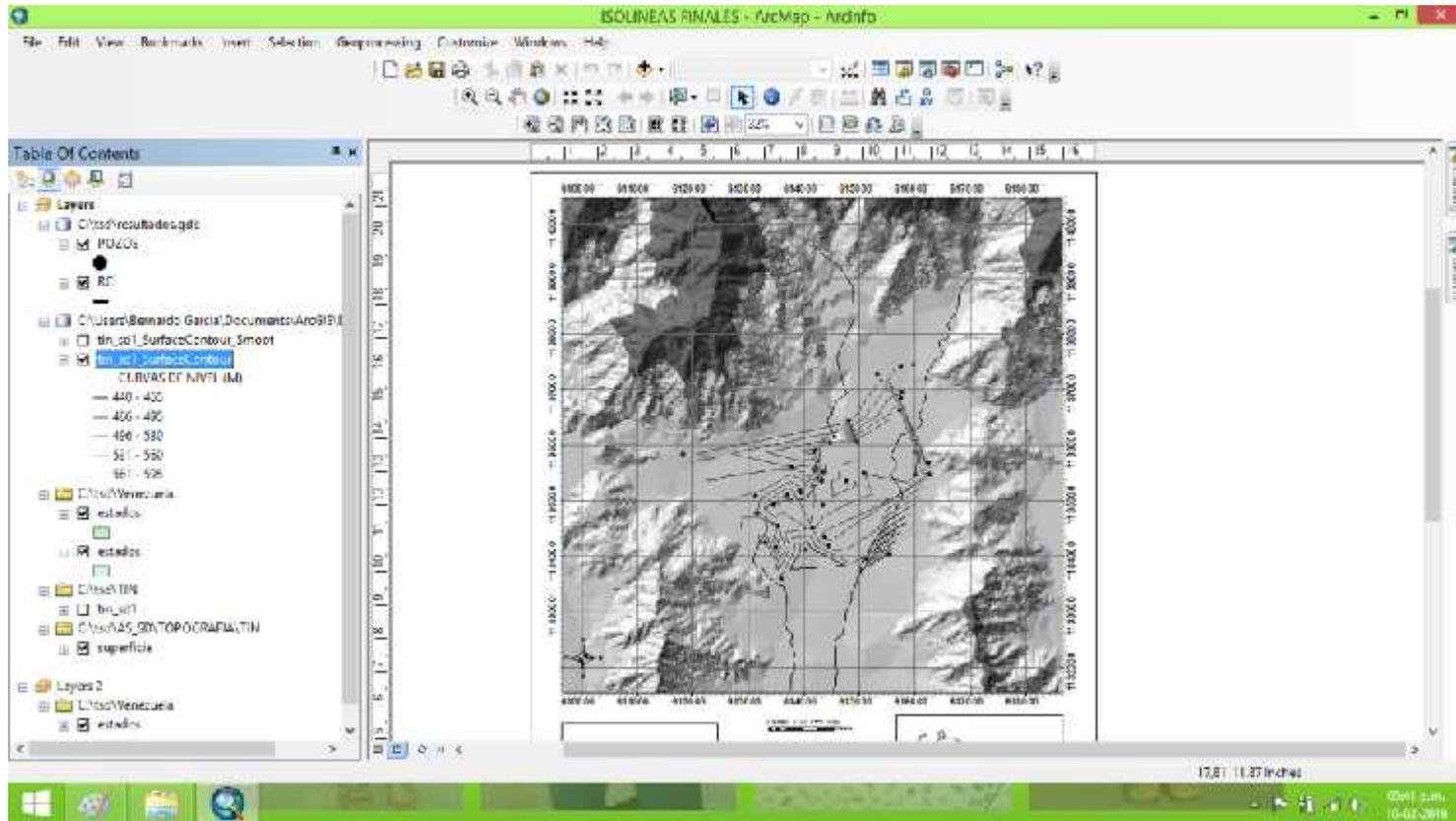


Figura 22. Vista previa de las curvas de nivel de las elevaciones de los pozos en estudio de la zona. Fuente: ArcGIS 10.0

TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La técnica de recolección de datos es la forma como se obtendrán los datos de forma detallada.

La observación es la acción de observar, de mirar detenidamente, en el sentido del investigador es la experiencia, es el proceso de mirar detenidamente, en un sentido amplio al experimento en el proceso de someter conductas de algunas cosas o condicione manipuladas de acuerdo a ciertos principios para llevar a cabo la observación.

Sabino (1992 pag 111-113), la define como una técnica antiquísimas, cuyos primeros aportes sería imposible rastrear. A través de sus sentidos, el hombre capta la realidad que lo rodea, que luego organiza intelectualmente y agrega: La observación puede definirse, como el uso sistemático de nuestros sentidos en la búsqueda de los datos que necesitamos para resolver un problema de investigación. La observación es directa cuando el investigador forma parte activa del grupo observador y asume sus comportamientos, recibe el nombre de observación participante. Cuando el observador no pertenece al grupo y solo se hace presente con el propósito de obtener la información como este caso, la observación recibe el nombre de no participante o simple.

En conclusión la observación permite conocer la realidad mediante la percepción directa de los objetos y fenómenos.

La presente investigación tiene como técnica de recolección de datos a la observación participante ya que los investigadores serán los que tome los datos de forma directa en las mediciones en sitio por cada día de muestreo.

Los instrumentos para la recolección de datos son los medios con los cuales se podrán obtener lecturas pertinentes que permitirán la aplicación de modelos matemáticos que darán respuesta a las variables en la investigación.

Los equipos necesarios para la obtención de datos en la presente investigación son los siguientes:

- Sonda para medir el nivel del agua.
- Cronómetro.
- Caudalímetro o balde para aforo.
- Planilla suministrada por el Ministerio para Ecosocialismo y Agua para la recolección de datos(Figura A-1 y A-2 del Anexo A).

Análisis de Datos

Los datos obtenidos mediante la recolección de la información se analizaran bajo la comparación de tesis que se han desarrollado antes de esta investigación.

El análisis de datos se basara en las ecuaciones dependiendo del tipo de acuífero que se expresa en la siguiente tabla:

Tabla 1. Clasificación de los Acuíferos por Tipo de Ensayo y Método de Análisis.

TIPO DE ACUIFERO	TIPO DE ENSAYO		METODO DE ANALISIS
Confinado	Regimen Permanente		Formula de Thiem
	Regimen Variable	Prueba en descenso	Solución de Theis
		Recuperación	Aprox. Logarit. De Jacob
			Formula de Recup. De Theis
Semiconfinado	Regimen Permanente		Formula de Glee
	Regimen Variable	Prueba en descenso	Formula de Hantush
		Recuperación	Estudio de ascensos Teóricos
Libre	Regimen Permanente		Form. de Thiem y correc. De Jacob
	Regimen Variable	Prueba en descenso	Formula de Dupuit
			Solución de Theis
			Aprox. Logarit. De Jacob
			Corrección de Dupuit
			Formula de Boulton
			Formula de Neuman
Recuperación	Formula de Recup. De Theis		

Fuente; Nociones Básicas de Hidrología Subterránea (II) Paula Collazo.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El desarrollo de este capítulo se presentara los resultados obtenidos, para cada uno de los objetivos de la investigación.

1.-Resultados de la Identificación de la Ubicación Geográfica de los Pozos Subterráneos en el Municipio San Diego Durante el año 2015. Caso: Sector Norte A.

Los resultados de la identificación de la ubicación geográfica de los pozos subterráneos en el Municipio San Diego Durante el año 2015. Caso: Sector Norte A, se obtuvieron a partir de la de información suministrada tanto del Ministerio de Ecosocialismo y Agua como del trabajo de campo realizado durante el periodo de la elaboración de esta investigación. Se encuentran 77 pozos subterráneos en la Zona Norte del Municipio San Diego; cuya zonificación se muestra en el “PLAN MUNICIPAL DE DESARROLLO SAN DIEGO 2014-2017”(Figura A-3 del Anexo A). Se puede conocer la distribución de los pozos en sus casos A, B y C del Municipio San Diego como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Distribución de pozos de la Zona Norte del Municipio de San Diego, Estado Carabobo.

ZONA	CANTIDAD DE POZOS	DISTRIBUCION (%)
A	52	67,53
B Y C	25	22,47
TOTAL	77	100

Nota. Elaboración de los Autores.

En la Tabla 3 del Anexo A, se indican aspectos identificativos de los pozos de la Zona Norte A del Municipio San Diego, Estado Carabobo; donde se observan el administrador, la zona donde se encuentra ubicado, las coordenadas UTM de cada pozo, el uso, el estado operacional en el que se encuentran tal como se describen a continuación:

El pozo número 1 corresponde a la Cooperativa el Portal del Agua R.I. Pozo 1 se encuentra ubicado en el Sector La Josefina I del Municipio San Diego con coordenadas 615.335 al este 1.137.285 al norte su uso es agrícola y se encuentra actualmente activo.

El pozo número 2 corresponde a la Cooperativa el Portal del Agua R.I. Pozo 2 se encuentra ubicado en el Sector La Josefina I del Municipio San Diego con coordenadas 615.199 al este 1.137.033 al norte su uso es agrícola y se encuentra actualmente inactivo.

El pozo número 3 corresponde a la Cooperativa el Portal del Agua R.I. Pozo 3 se encuentra ubicado en el Sector La Josefina I del Municipio San Diego con coordenadas 614.932 al este 1.136.803 al norte su uso es agrícola y se encuentra actualmente inactivo.

El pozo número 4 corresponde al A.C. Cajas de Ahorros CADAPE Carabobo-Cojedes Pozo 1 se encuentra ubicado en el Sector La Cumaca del Municipio San Diego con coordenadas 616.523 al este 1.138.092 al norte su uso es Comercial y se encuentra actualmente activo.

El pozo número 5 corresponde al A.C. Cajas de Ahorros CADAPE Carabobo-Cojedes Pozo 2 se encuentra ubicado en el Sector La Cumaca del Municipio San Diego con coordenadas 616.462 al este 1.138.022 al norte su uso es Comercial y se encuentra actualmente activo.

El pozo número 6 corresponde a HIDROCENTRO “La Josefina” se encuentra ubicado en el Sector La Cumaca del Municipio San Diego con coordenadas 615.735 al este 1.136.629 al norte su uso es Residencial y se encuentra actualmente activo.

El pozo número 7 corresponde a Villas de San Diego Country Club Pozo 1 se encuentra ubicado en el Sector La Cumaca del Municipio San Diego con coordenadas 615.774 al este 1.136.949 al norte su uso es Residencial y se encuentra actualmente activo.

El pozo número 8 corresponde a Villas de San Diego Country Club Pozo 2 se encuentra ubicado en el Sector La Cumaca del Municipio San Diego con coordenadas 615.743 al este 1.137.411 al norte su uso es Residencial y se encuentra actualmente inactivo.

El pozo número 9 corresponde a Villas de San Diego Country Club Pozo 3 se encuentra ubicado en el Sector La Cumaca del Municipio San Diego con coordenadas 615.974 al este 1.137.460 al norte su uso es Residencial y se encuentra actualmente inactivo.

El pozo número 10 corresponde a la Urb. Parque Residencial Campestre La Cumaca se encuentra ubicado en el Sector La Cumaca del Municipio San Diego con coordenadas 615.754 al este 1.136.830 al norte su uso es Residencial y se encuentra actualmente activo.

El pozo número 11 corresponde a la Urb. Agua de canto se encuentra ubicado en el Sector Pueblo de San Diego del Municipio San Diego con coordenadas 615.510 al este 1.134.984 al norte su uso es Abastecimiento Poblacional y se encuentra actualmente activo.

El pozo número 12 corresponde a la Universidad Arturo Michelena se encuentra ubicado en el Sector El Polvero del Municipio San Diego con

coordenadas 616.260 al este 1.135.686 al norte su uso es Abastecimiento Comercial y se encuentra actualmente activo.

El pozo número 13 corresponde a la Conjunto Residencial Villas San Rafael se encuentra ubicado en el Sector Tamarindo del Municipio San Diego con coordenadas 614.342 al este 1.135.517 al norte su uso es Residencial y se encuentra actualmente activo.

El pozo número 14 corresponde a la Asociación Civil Pueblo Viejo se encuentra ubicado en el Sector La Cumaca del Municipio San Diego con coordenadas 614.382 al este 1.134.352 al norte su uso es Comercial y se encuentra actualmente activo.

El pozo número 15 corresponde al Club Madeirense se encuentra ubicado en el Sector La Cumaca del Municipio San Diego con coordenadas 614.813 al este 1.136.450 al norte su uso es Abastecimiento Comercial y se encuentra actualmente activo.

El pozo número 16 corresponde al Ciudadano Jorge Maldonado se encuentra ubicado en el Sector Pueblo de San Diego del Municipio San Diego con coordenadas 614.445 al este 1.134.186 al norte su uso es Residencial y se encuentra actualmente activo.

El pozo número 17 corresponde a las Villas Serena C.A se encuentra ubicado en el Sector La Cumaca del Municipio San Diego con coordenadas 615.996 al este 1.135.467 al norte su uso es Residencial y se encuentra actualmente activo.

El pozo número 18 corresponde al Ferrocarril San Diego se encuentra ubicado en el Sector San Diego del Municipio San Diego con coordenadas 613.303 al este 1.133.835 al norte su uso es Comercial y se encuentra actualmente activo.

El pozo número 19 corresponde a las Villas Jardín se encuentra ubicado en el Sector Pueblo de San Diego del Municipio San Diego con coordenadas 613.794 al este 1.133.360 al norte su uso es Residencial y se encuentra actualmente activo.

El pozo número 20 corresponde a El Portal de San Diego se encuentra ubicado en el Sector Pueblo de San Diego del Municipio San Diego con coordenadas 614.959 al este 1.135.173 al norte su uso es Residencial y se encuentra actualmente activo.

El pozo número 21 corresponde al Ciudadano Nicanor Benedetti se encuentra ubicado en el Sector Pueblo de San Diego del Municipio San Diego con coordenadas 615.079 al este 1.134.621 al norte su uso es Residencial y se encuentra actualmente activo.

El pozo número 22 corresponde a la Estación de Servicios el Portal se encuentra ubicado en la Vía al Pueblo de San Diego del Municipio San Diego con coordenadas 613.812 al este 1.133.228 al norte su uso es Abastecimiento Comercial y se encuentra actualmente activo.

El pozo número 23 corresponde al C.C Majugayal se encuentra ubicado en el Sector Pueblo de San Diego del Municipio San Diego con coordenadas 615.219 al este 1.136.013 al norte su uso es Abastecimiento Comercial y se encuentra actualmente activo.

El pozo número 24 corresponde a Las Josefinas II se encuentra ubicado en el Sector Las josefinas II del Municipio San Diego con coordenadas 616.857 al este 1.136.650 al norte su uso es Residencial y se encuentra actualmente activo.

El pozo número 25 corresponde al Conjunto Residencial Las Palmas se encuentra ubicado en el Sector Montaserino del Municipio San Diego con

coordenadas 613.336 al este 1.134.643 al norte su uso es Residencial y se encuentra actualmente activo.

El pozo número 26 corresponde al Conjunto Residencial Tiziana Villas se encuentra ubicado en el Sector los Tamarindos del Municipio San Diego con coordenadas 615.179 al este 1.136.013 al norte su uso es Residencial y se encuentra actualmente inactivo.

El pozo número 27 corresponde a los Inmuebles y valores C.A se encuentra ubicado en el Sector los Tamarindos del Municipio San Diego con coordenadas 614.548 al este 1.136.134 al norte su uso es Abastecimiento Comercial y se encuentra actualmente activo.

El pozo número 28 corresponde al Consejo Comunal Tamaco se encuentra ubicado en el Sector los Tamarindos del Municipio San Diego con coordenadas 615.004 al este 1.135.478 al norte su uso es Residencial y se encuentra actualmente inactivo.

El pozo número 29 corresponde al Fundo la leonera se encuentra ubicado en el Sector La Cumaca del Municipio San Diego con coordenadas 615.102 al este 1.135.478 al norte su uso es Residencial y se encuentra actualmente activo.

El pozo número 30 corresponde al Conjunto Residencial las Josefinas se encuentra ubicado en el Sector Las Josefinas del Municipio San Diego con coordenadas 616.857 al este 1.136.650 al norte su uso es Residencial y se encuentra actualmente activo.

El pozo número 31 corresponde a HIDROCENTRO "El Polvero" se encuentra ubicado en el Sector El Polvero del Municipio San Diego con coordenadas 616.272 al este 1.135.469 al norte su uso es Residencial y se encuentra actualmente activo.

El pozo número 32 corresponde a Lomas de La Hacienda se encuentra ubicado en el Sector Lomas de la Hacienda del Municipio San Diego con coordenadas 613.136 al este 1.135.083 al norte su uso es Residencial y se encuentra actualmente inactivo.

El pozo número 33 corresponde a la Hacienda La Caracara Pozo 1 se encuentra ubicado en el Sector La Cumaca del Municipio San Diego con coordenadas 615.026,525 al este 1.133.719,978 al norte su uso es Agrícola y se encuentra actualmente activo.

El pozo número 34 corresponde a la Lopera se encuentra ubicado en el Sector La Cumaca del Municipio San Diego con coordenadas 615.079,023 al este 1.136.269,752 al norte su uso es Residencial y se encuentra actualmente activo.

El pozo número 35 corresponde a la Granja Hermanos Díaz se encuentra ubicado en el Sector La Cumaca del Municipio San Diego con coordenadas 615.478,563 al este 1.135.042,345 al norte su uso es Residencial y se encuentra actualmente activo.

El pozo número 36 corresponde a la Hacienda Higuerote se encuentra ubicado en el Sector Pueblo de San Diego del Municipio San Diego con coordenadas 615.844,152 al este 1.134.889,956 al norte su uso es Residencial y se encuentra actualmente activo.

El pozo número 37 corresponde a San Diego se encuentra ubicado en el Sector Pueblo de San Diego del Municipio San Diego con coordenadas 615.388,103 al este 1.134.796,296 al norte su uso es Residencial y se encuentra actualmente activo.

El pozo número 38 corresponde a la Hacienda Higuerote se encuentra ubicado en el Sector Pueblo de San Diego del Municipio San Diego con

coordenadas 615.144,504 al este 1.134.856,935 al norte su uso es Residencial y se encuentra actualmente activo.

El pozo número 39 corresponde a la Hacienda San Antonio Pozo 1 se encuentra ubicado en el Sector La Cumaca del Municipio San Diego con coordenadas 615.384 al este 1.136.025 al norte su uso es Residencial y se encuentra actualmente activo.

El pozo número 40 corresponde a la Hacienda San Antonio Pozo 2 se encuentra ubicado en el Sector La Cumaca del Municipio San Diego con coordenadas 615.444 al este 1.136.209 al norte su uso es Residencial y se encuentra actualmente activo.

El pozo número 41 corresponde a la Hacienda San Antonio Pozo 3 se encuentra ubicado en el Sector La Cumaca del Municipio San Diego con coordenadas 615.626 al este 1.136.210 al norte su uso es Residencial y se encuentra actualmente activo.

El pozo número 42 corresponde a la Hacienda La Caracara Pozo 2 se encuentra ubicado en el Sector La Cumaca del Municipio San Diego con coordenadas 614.693 al este 1.133.104 al norte su uso es Agrícola y se encuentra actualmente activo.

El pozo número 43 corresponde a la Hacienda La Caracara POZO 3 se encuentra ubicado en el Sector La Cumaca del Municipio San Diego con coordenadas 614.784 al este 1.133.412 al norte su uso es Residencial y se encuentra actualmente activo.

El pozo número 44 corresponde al Pozo pueblo de san diego se encuentra ubicado en el Sector Pueblo de San Diego del Municipio San Diego con coordenadas 614.384 al este 1.134.578 al norte su uso es Residencial y se encuentra actualmente activo.

El pozo número 45 corresponde a la Residencias Villa la Encantada pozo 1 se encuentra ubicado en el Sector Los Tamarindos del Municipio San Diego con coordenadas 614.777 al este 1.135.347 al norte su uso es Residencial y se encuentra actualmente activo.

El pozo número 46 corresponde a la URB Las Morochas I se encuentra ubicado en el Sector Las Morochas del Municipio San Diego con coordenadas 615.542 al este 1.134.028 al norte su uso es Residencial y se encuentra actualmente activo.

El pozo número 47 corresponde a la Residencias Villa la Encantada pozo 2 se encuentra ubicado en el Sector Los Tamarindos del Municipio San Diego con coordenadas 614.777 al este 1.135.347 al norte su uso es Residencial y se encuentra actualmente activo.

El pozo número 48 corresponde a la Hacienda LaMiguelera se encuentra ubicado en el Sector Pueblo de San Diego del Municipio San Diego con coordenadas 615.993 al este 1.135.873 al norte su uso es Residencial y se encuentra actualmente activo.

El pozo número 49 corresponde a la Hacienda San Rafael se encuentra ubicado en el Sector La Cumaca del Municipio San Diego con coordenadas 614.471 al este 1.136.052 al norte su uso es Residencial y se encuentra actualmente activo.

El pozo número 50 corresponde a la Fundo Validar se encuentra ubicado en el Sector Pueblo de San Diego del Municipio San Diego con coordenadas 615.692 al este 1.134.735 al norte su uso es Residencial y se encuentra actualmente activo.

El pozo número 51 corresponde a HIDROCENTRO se encuentra ubicado en el Sector El Otro lado del Municipio San Diego con

coordenadas 615.133 al este 1.133.941 al norte su uso es Residencial y se encuentra actualmente activo.

El pozo número 51 corresponde a HIDROCENTRO se encuentra ubicado en el Sector El Otro lado del Municipio San Diego con coordenadas 615.133 al este 1.133.941 al norte su uso es Residencial y se encuentra actualmente activo.

El pozo número 52 corresponde a Urb. Rivera Country se encuentra ubicado en el Sector La Cumaca del Municipio San Diego con coordenadas 616.373 al este 1.138.135 al norte su uso es Residencial y se encuentra actualmente activo.

En la Figura A-4 del Anexo A, se observó el mapa que refleja la ubicación de los 52 pozos que pertenecen a la Zona Norte A del Municipio San Diego Estado Carabobo.

En la Figura A-5 del Anexo A se puede ver el mapa de la distribución de los pozos en función de su uso; De los 52 pozos pertenecientes al Sector A de la Zona Norte del Municipio San Diego, Estado Carabobo 9 son de uso Comercial, 5 de uso Agrícola y 38 de abastecimiento residencial.(Tabla 4 y Figura 22).

Tabla 4. Distribución de pozos según su uso en la Zona Norte Sector A del Municipio de San Diego, Estado Carabobo.

CANTIDAD	USO
9	Comercial
5	Agrícola
38	Residencial

Nota. Elaboración de los Autores

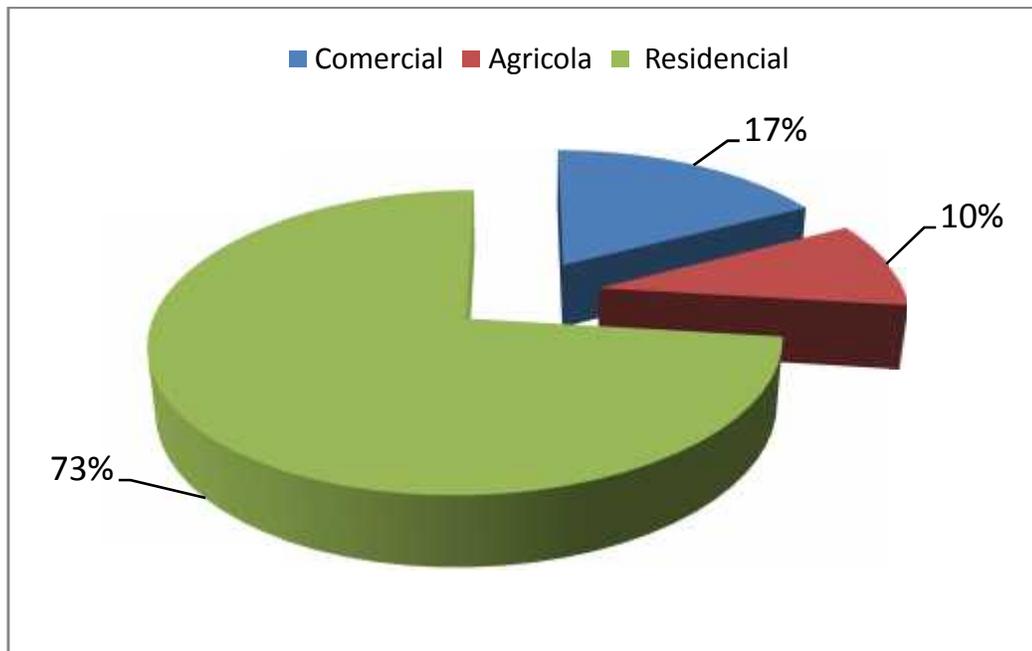


Figura 23. Distribución porcentual de los Pozos según su uso en la Zona Norte Sector A del Municipio de San Diego, Estado Carabobo. Nota. Elaboración de los Autores

De los 52 pozos de la Zona Norte Sector A, 45 se encuentran en funcionamiento y 7 inactivos (Ver tabla 5 y figura 20).

Tabla 5. Distribución de pozos según su estado operacional en la Zona Norte Sector A del Municipio de San Diego, Estado Carabobo.

CANTIDAD	ESTADO
45	Activos
7	Inactivos

Nota. Elaboración de los Autores



Figura 24. Distribución porcentual de los Pozos según su estado operacional en la Zona Norte Sector A del Municipio de San Diego, Estado Carabobo. Nota. Elaboración de los Autores

En la Figura A-6 del Anexo A se observa el mapa de la Distribución de los Pozos según su estado operacional. Zona Norte Sector A del Municipio de San Diego.

2.-Resultados de la determinación de las propiedades geofísicas de los pozos subterráneos en el Municipio San Diego durante el año 2015. Caso: Sector Zona Norte A.

Los resultados de la determinación de las propiedades geofísicas de los pozos subterráneos en el Municipio San Diego se muestran en la Tabla 6 del Anexo B; donde se observa cinco perfiles litológicos de los 77 pozos ubicados en la Zona Norte. Estos se basan en las pruebas realizadas por el Ministerio de Ecosocialismo y Aguas a partir de un informe litológico realizado por la empresa C.A PARKO (Figuras desde B-1 Hasta B-10 del Anexo B).

En La Figura 24 se muestra el perfil litológico 1 correspondiente al Pozo 1 en la Urbanización el Tulipán, mostrado en el mapa de la Figura B-11 del Anexo B. Está localizado dentro del parcelamiento en coordenadas UTM1135440N y 614155E a una profundidad de perforación de 141mts con un diámetro de 17” con niveles estático de 29m, dinámico de 65m y un caudal de 3 L/s. Los primeros 5m de perforación se encuentra una Arena con Arcilla, de 5 a 7m una capa de arcilla de 2m, de los 7 a 12m de profundidad una Arena Media, de los 12 a 20 m una Arcilla, en los 6m siguiente de 20 a 26m se consiguió una Arena Fina entre Arcilla, de los 26 a los 53m se apreció un Limo Arcilloso, a los 53 hasta 65m una Arcilla Media Intercalada, de los 65ba 81m una Arcilla Limosa, en los 2m siguientes a los 83m una Arena Media, entre 83m a los 110 se consiguió una capa de Arena Media a fina con Arcilla, a los 119m una Arena Media con Arcilla, de los 119 a lo 123m una Arcilla Limosa, de 123 a 139m una capa de Arena Media a Gruesa con Arcilla y a los 141m se encontró una arcilla alta permeabilidad.

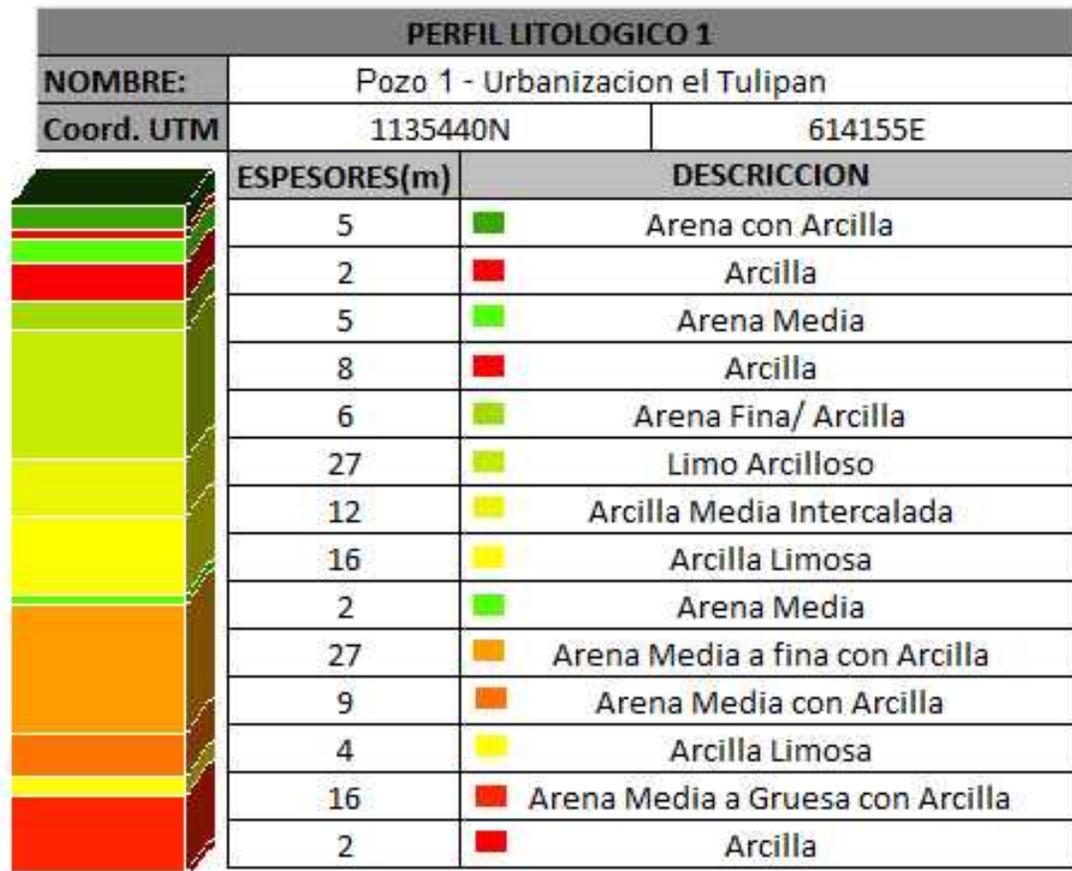


Figura 25.Perfil Litológico 1 la Urbanización el Tulipán, ubicado en la Intercomunal Valencia-San Diego, al este del Distribuidor San Diego. Coordenadas UTM N1135440 y E614155. Nota. Fuente, ArcMAP 10.0

En La Figura 25 se muestra el perfil litológico 2 correspondiente al Pozo 2 en la Urbanización el Tulipán, mostrado en el mapa de la Figura B-12 del Anexo B. Ubicado en el centro del parcelamiento en coordenadas UTM1135431,77Ny 613903,96E con una profundidad de 150 m, con un diámetro de 17,5” con niveles estático de 13m, dinámico 110 m y un caudal de 2,5lps en los primero 50cm se encontró una capa Vegetal y en los 4,5m siguientes una Arena Fina con Arcilla, de 5 a 7m una Arena Fina con Arcilla y en los 13 m siguientes una Arena Fina con Arcilla, de 20 a 25m de profundidad una Arena Fina a Media, entre los 25 a 56m se encontró un Limo Arcilloso, de 56 a 64m una Arena Fina con Arcilla, en los 10 metros

siguientes a los 75m de profundidad una capa de Arcilla, de 75 a los 83m una Arena Media, de los 83 hasta 108 una Arcilla Limosa, de 108 a los 115m un estrato de Arena Media con Intercalaciones de Arcilla, de los 115 hasta 127m una capa de Arena Arcillosa, a los 133m una Arena Media, de los 133 a los 138m una capa de Arcilla Limosa, a los 146m una Arena Media y de los 146 hasta 150m se consiguió un materia arcilloso.

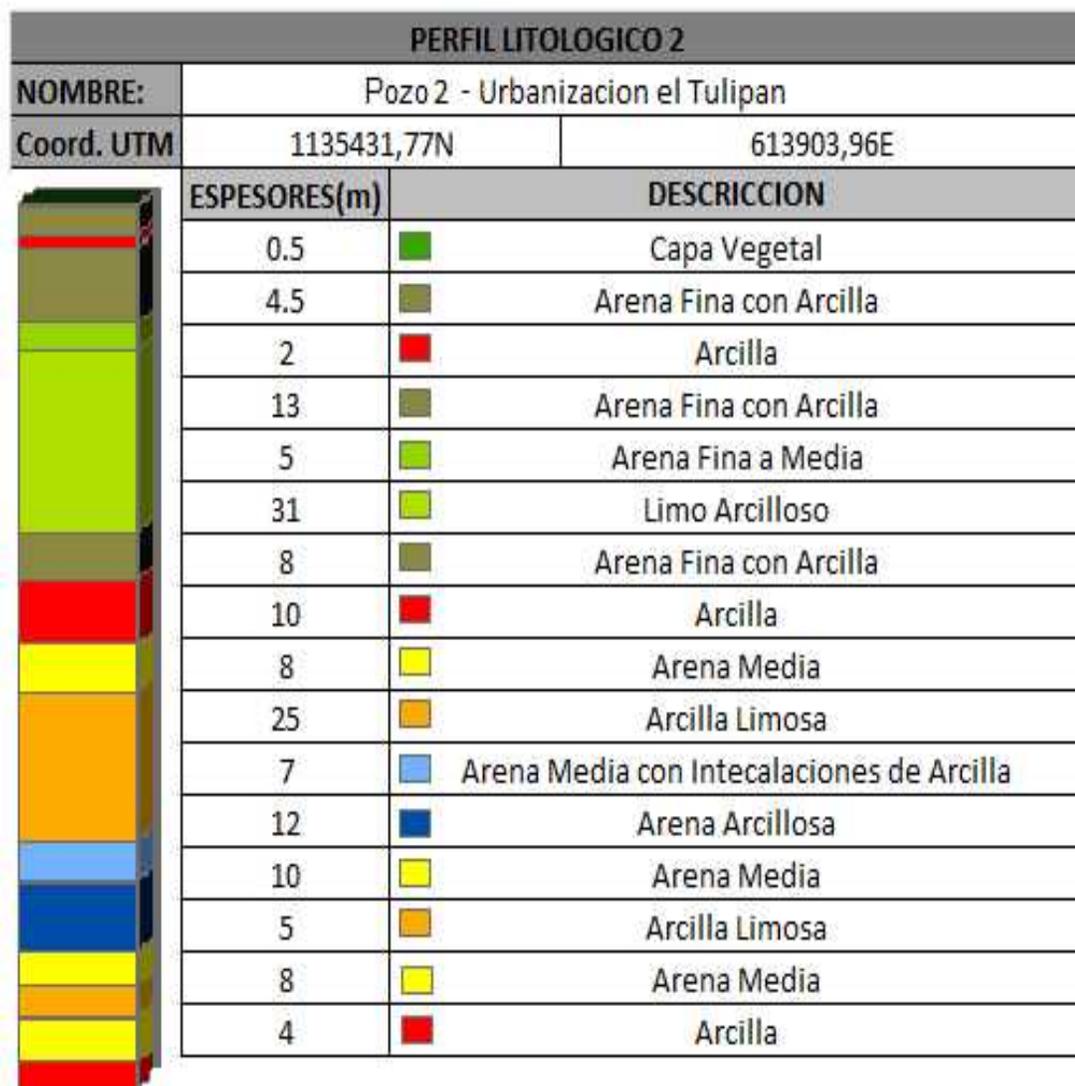


Figura 26. Perfil Litológico 2 en la Urbanización el Tulipán ubicado en la intercomunal Valencia-San Diego, al este del distribuidos San Diego – Puerto Cabello. Coordenadas UTM N1135431,77 y E613903,96. Nota. Fuente, ArcMAP 10.0

En La Figura 26 se muestra el perfil litológico 3 correspondiente al Pozo 3 en la Urbanización el Tulipán, mostrado en el mapa de la Figura B-13 del Anexo B. Ubicación del pozo dentro del parcelamiento coordenadas UTM 1135886N y 614400E a una profundidad de 160m con un diámetro de 17,5” con niveles estático de 13m, dinámico de 120m y un caudal de 3lps. Con una Capa Vegetal de 50cm a los 5 metros una capa de Arena Fina con Arcilla, de 5 a 7m una Arcilla, de 7 hasta los 18m Arena Fina a Media y en los 3 metros siguientes una Arcilla, de 21 a los 42m un estrato con Arena Fina con Limo, a los 44m una Arena Gruesa, de los 44 hasta los 93m una capa de Arena Fina Con lentes de Arcilla y en los siguientes 3 m una Arcilla, de los 96 hasta los 102m una capa de Grava Fina y en los 3m siguientes otra capa de Arcilla, a los 108m una Grava Fina, de 108 a los 110 una Arcilla, a los 119m un estrato de Grava Fina con lentes de Arcilla, de 119 a los 128m una capa de Arcilla Limosa, a los 139m una Grava Fina con lentes de Arcilla y en los siguientes 3m una Arcilla, de los 142 hasta 150m se consiguió una capa Grava fina Cuarzosa que es un material impermeable, a los 153m una capa de Arena Media Gruesa y de los 153 hasta los 160 que el profundidad de la perforación tenemos un estrato de material arcilloso.

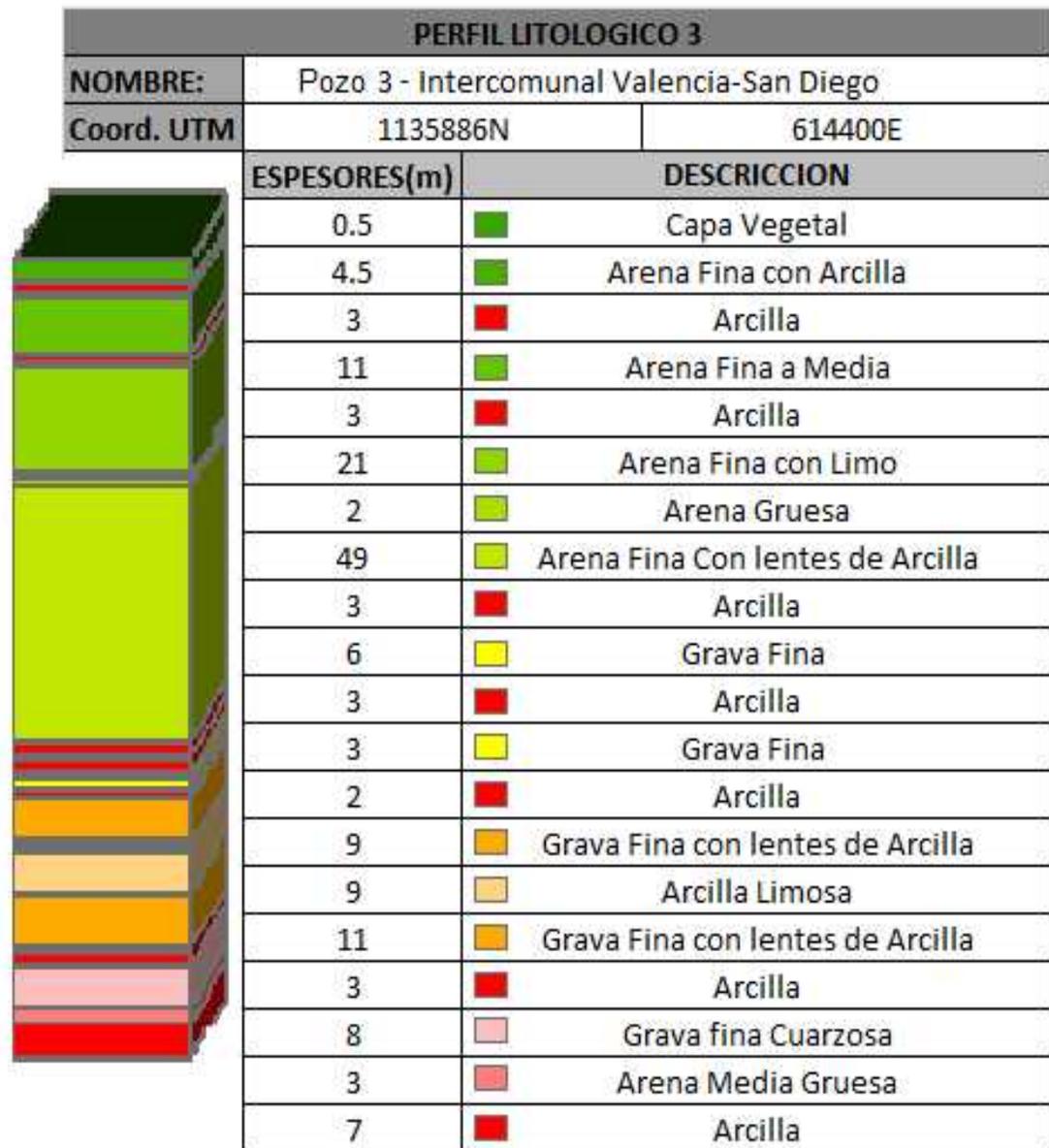


Figura 27. Perfil Litológico 3 en la Urbanización el Tulipán ubicado en la Intercomunal Valencia-San Diego al este del distribuidor San Diego-Puerto Cabellos. Coordenadas UTM N1135886 y E614400. Nota. Fuente, ArcMap 10.0.

En La Figura 27 se muestra el perfil litológico 4 correspondiente al Pozo 4 en la Urbanización el Tulipán, mostrado en el mapa de la Figura B-14 del Anexo B. Ubicado centro del parcelamiento en coordenadas UTM 1135960Ny 614003E; con una profundidad de 175 m, con un diámetro de

17,5" con niveles estático de 13 m, dinámico 120 m y un caudal de 2,75lps. Los primero 50cm es una capa Vegetal, los 4,5m siguientes en la perforación contiene Arena Fina con Arcilla, en los 2 m siguientes a los 7m una capa de Arcilla, de los 7 q los 19m una Arena Fina con Arcilla, a los 23m de profundidad se consiguió una Arena Media, d los 23 a lo 31m una Arcilla Limosa intercalando se la arena media con la Arcilla Limosa hasta los 56m de profundidad, en los 2 m siguiente a los 58m una Arena Fina, de 58 hasta los 73m un estrato de Arcillas con lentes de Arena Fina, en los 4m siguientes una capa de Arena Fina y a los 98m una capa de Arcillas con lentes de Arena Fina, en los 3m siguientes a los 101m de profundidad un estrato de Arena Media Fina, de 101 hasta 105 una Arcilla Limosa, a los siguientes 4m se apreció una capa de Arena Media, de los 109 hasta 122m una Arcilla Limosa, de los 122 hasta 175m se fue intercalando en estrato de Arena Media a Arcillas.

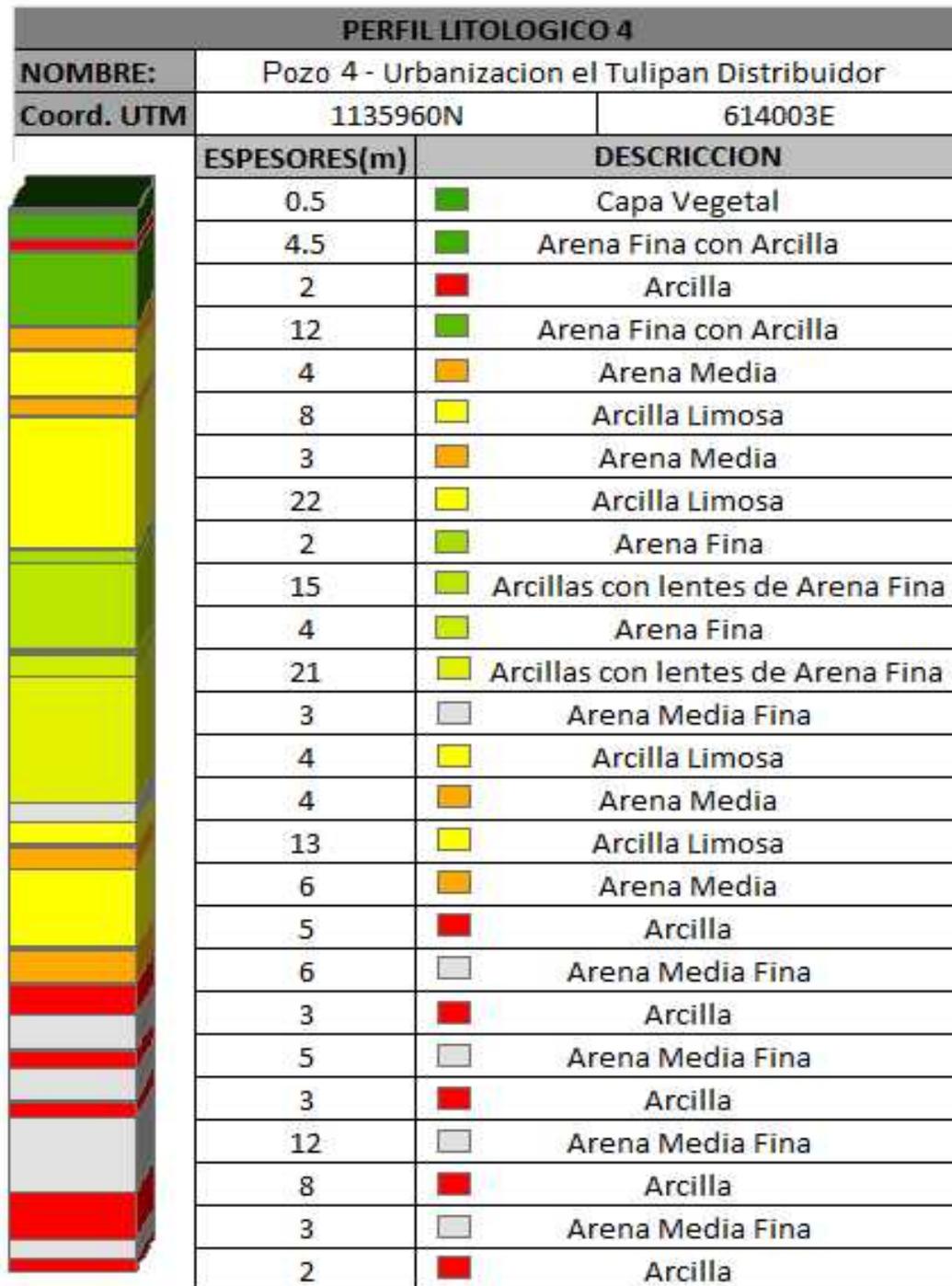


Figura 28. Perfil Litológico 4 en la Urbanización el Tulipán ubicado en la Intercomunal Valencia-San Diego, al este del Distribuidos San Diego – Puerto Cabello. Coordenadas UTM N1135960 y E614003. Nota. Fuente, ArcMap 10.0.

En La Figura 28 se muestra el perfil litológico 5 correspondiente al Pozo 5 en la Urbanización el Tulipán, mostrado en el mapa de la Figura B-15 del Anexo B. Localizado dentro del parcelamiento con coordenadas UTM 1136336,5N y 614147E con una profundidad de perforación de 160m con un diámetro de 17", con niveles estático de 12m, dinámico de 58m y un caudal de 3lps arrojando un perfil litológico con la siguiente descripción, para los primero 17m de perforación se consiguió una capa de Limo arenoso intercalado con Arena Fina, de los 17 hasta los 52m un estrato de Arena y Arcilla, de los 52 a los 67m una capa de Grava y Arena Gruesa, en los siguientes 10 m a los 77m de profundidad una capa de Grava y Arcilla, a los 105 m una Arcilla y entre los 105 hasta 112m un estrato de Cuarzo, en los 5m siguientes una capa de Arcilla y Arena Gruesa, de los 117 hasta los 126m un Limo Arcilloso, de los 126 a los 136m de profundidad una capa de Arena Fina, a los 156m un estrato de Arena Gruesa y de los 156 hasta los 160m de perforación una capa de Arcilla Limosa.

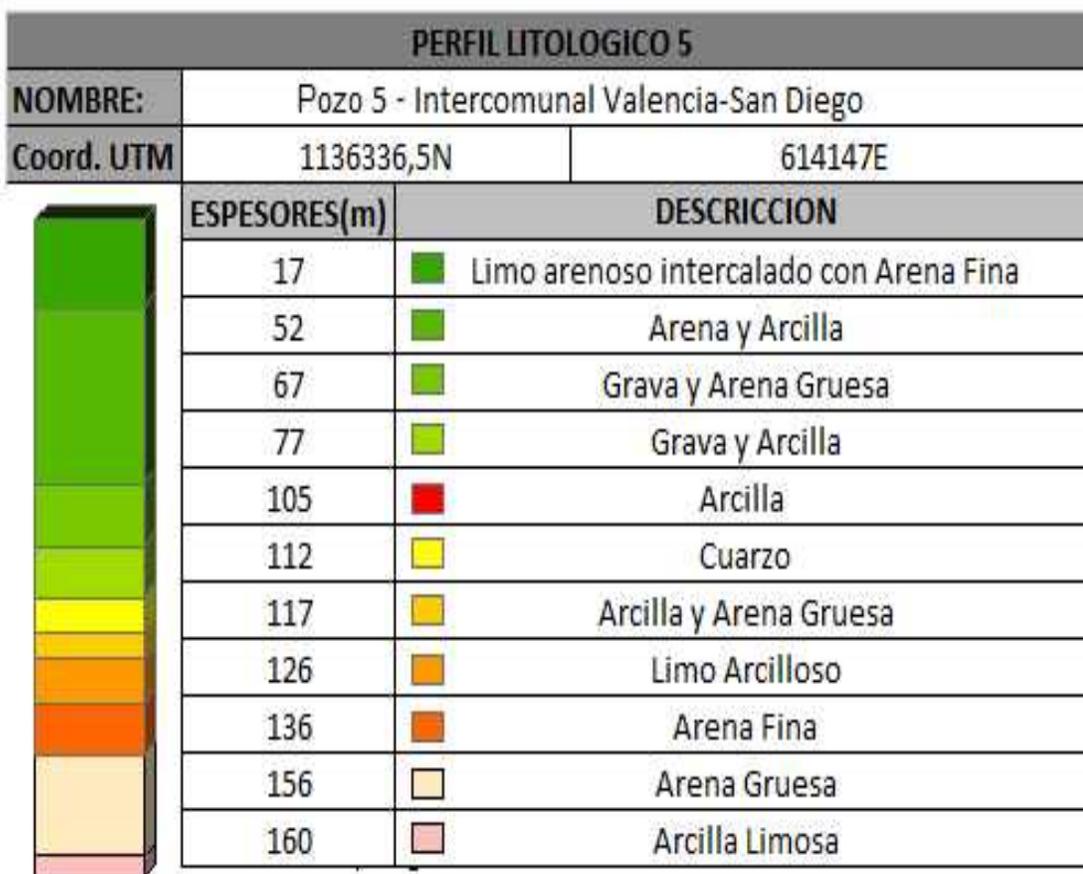


Figura 29. Perfil Litológico 5 en la Urbanización el Tulipán en la Intercomunal Valencia-San Diego al Este del Distribuidor de San Diego-Puerto Cabello. Coordenadas UTM N1136336,5 y E614147. Nota. Fuente, ArcMap 10.0.

3.-Descripción de las Características Hidrológicas en los Pozos del Municipio San Diego Durante el año 2015. Caso: Sector Zona Norte A.

Los resultados de la Descripción de las Características Hidrológicas en los Pozos del Municipio San Diego Durante el año 2015. Caso: Sector Zona Norte A, se obtuvo a partir de una prueba de registro a caudal variable, durante un lapso de tiempo, en la cual se iba aumentando el caudal de salida de forma progresiva hasta obtener un caudal máximo de 2,219 L/S y así poder medir los descensos de los niveles del pozo en el lapso de estudio. Se tomaron mediciones en intervalos de 15 minutos, para la medición del caudal

se utilizó un cuñete de 18,925 litros y un cronometro para tomar el tiempo en el que se llenaba por completo el cuñete (Figura C-1 del Anexo C), se realizaron tres (3) mediciones de caudales para poder estimar un promedio del caudal en ese instante de tiempo, mientras que el descenso generado en ese intervalo fueron medidos con el uso de la sonda.

El pozo la Cumaca con coordenadas UTM 1.137.789N y 615.817E para el día 03 septiembre del 2015, poseía un nivel estático de 10,15m. Al realizar la prueba de registro a caudal variable, luego de haber transcurridos 15 minutos a un caudal de 1,053L/s, se observó un descenso de 10,64 m, para los 30 minutos transcurridos aumentó el caudal a 1,183 L/S, donde se registró un descenso de 10,64m ,a los 45 minutos se registró un caudal de 1,313L/s manteniendo el mismo descenso, a los 60 minutos se apreció un caudal de 1,443L/s con un descenso registrado de 10,74m, al minuto 75 se registró un caudal 1,573L/s manteniendo el mismo descenso, a los 90 minutos transcurrido se captó un caudal 1,703L/s con un descenso en 10,74m, a los 105 minutos se anotó un caudal 1,833L/s y un descenso de 10,74m al minuto 120 se registró un caudal 1,963L/s manteniendo el mismo descenso, a los 135 minutos se apreció un caudal 2,089L/s con el mismo descenso de 10,74m a los 150 minutos se registró un caudal 2,219L/s con un descenso de 10,74m. Estos datos fueron organizados en la Tabla 7.

Tabla 7. Prueba del Registro a Caudal Variable. Pozo la Cumaca, Municipio San Diego, Estado Carabobo. Coordenadas UTM 1.137.789N y 615.817E.

T (min)	CAUDAL (L/s)	DESCENSO (m)
0	0	10,15
15	1.053	10.64
30	1.183	10.64
45	1.313	10.64
60	1.443	10.74
75	1.573	10.74
90	1.703	10.74
105	1.833	10.74
120	1.963	10.74
135	2.089	10.74
150	2.219	10.74

Nota. Elaboración de los Autor.

A partir de la tabla 6, se lograron construir los diagramas de barras que reflejan el caudal en función del tiempo y los descensos en un lapso de tiempo en el pozo la Cumaca Municipio de San Diego (Figuras 29 y 30).

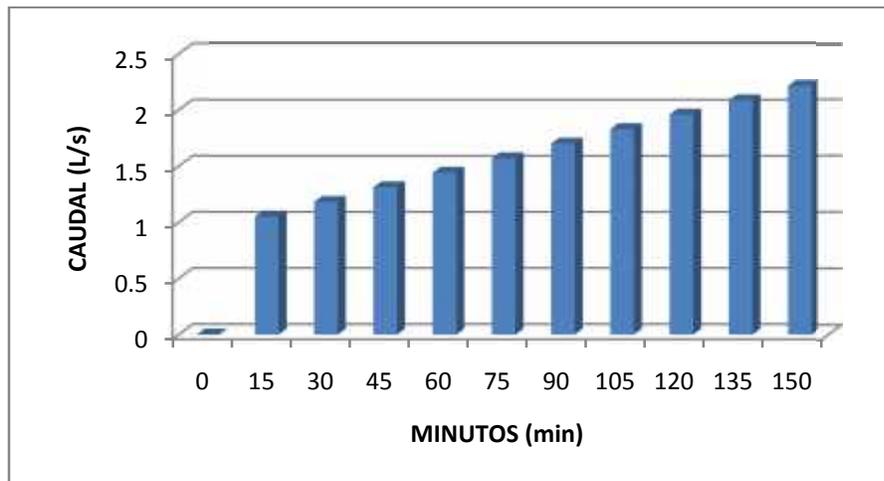


Figura 30. Prueba a Caudal Variable. Caudal en función del tiempo. Pozo la Cumaca. Coordenadas UTM N1137789 y E615817. Fecha: 03 08 2015. Municipio San Diego Estado Carabobo. Nota. Fuente, Elaborado por Autores.

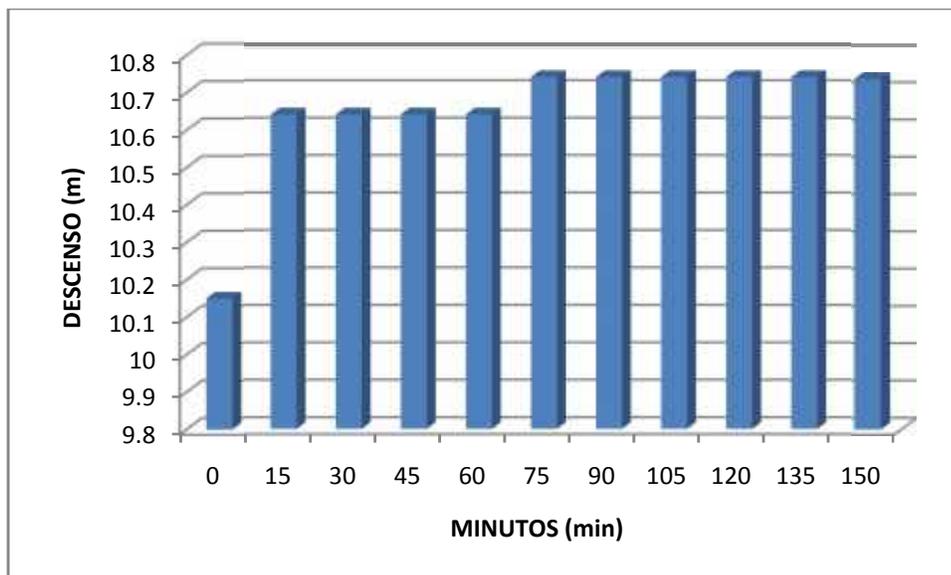


Figura 31. Prueba a Caudal Variable. Descensos en función del tiempo. Pozo la Cumaca coordenadas UTM N 1137789N y E615817E. Fecha: 03 08 2015. Municipio San Diego Estado Carabobo. Nota. Fuente, Elaborado por Autores.

Para el estudio de los niveles estáticos (pozos sin bombas), se puede observar que en los tres (3) pozos seleccionados, en los meses de estudio, mantuvieron niveles de agua aproximadamente estables, siendo el pozo ubicado en la urbanización Villas de San Rafael el que menor cantidad de aguadispone, con un nivel estático de 10,61 metros a partir del nivel del suelo. En función de los datos obtenidos en campo se realizaron los siguientes diagramas de barra (Ver Figuras 31, 32 y 33).

Desde la Figura C-2 hasta la Figura C-7 del Anexo C se presentan los niveles estáticos de los Pozos seleccionados por cada fecha de la recolección de datos.

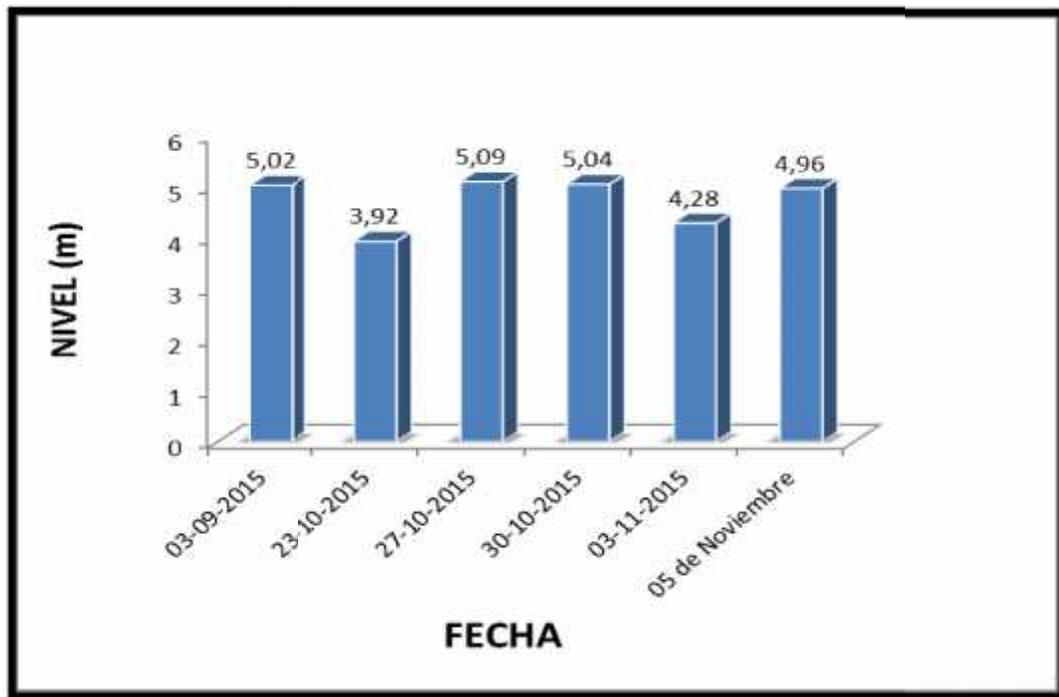


Figura32.Niveles Estáticos del pozo Villa San Diego Country Club.Municipio San Diego. Estado Carabobo.Coordenadas UTM N1136949 y E615774.Nota. Fuente, Elaborado por Autores.

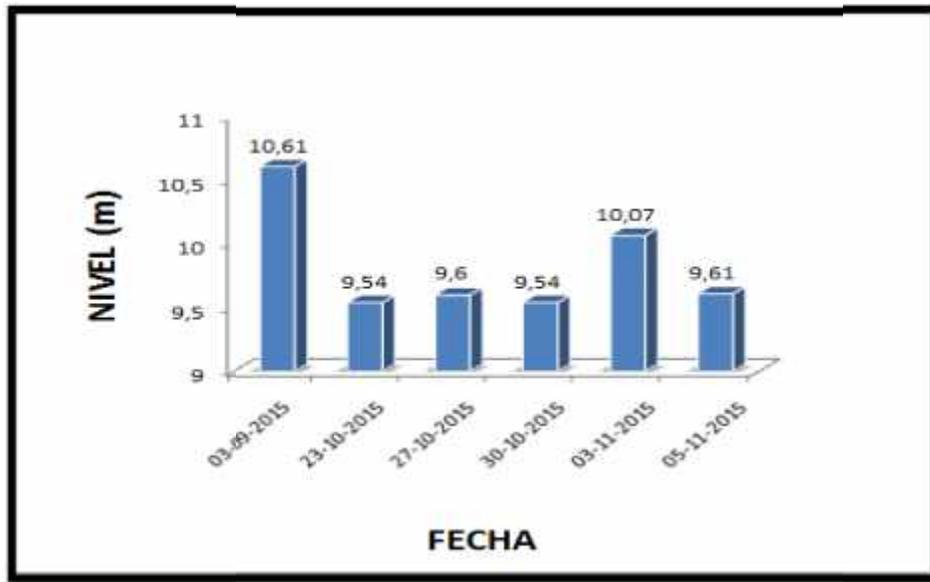


Figura 33.Niveles Estáticosdel Pozo Urb. Villas de San Rafael.Municipio San Diego. Estado Carabobo. Coordenadas UTM N1135517 y E614342.Nota. Fuente, Elaborado por Autores.

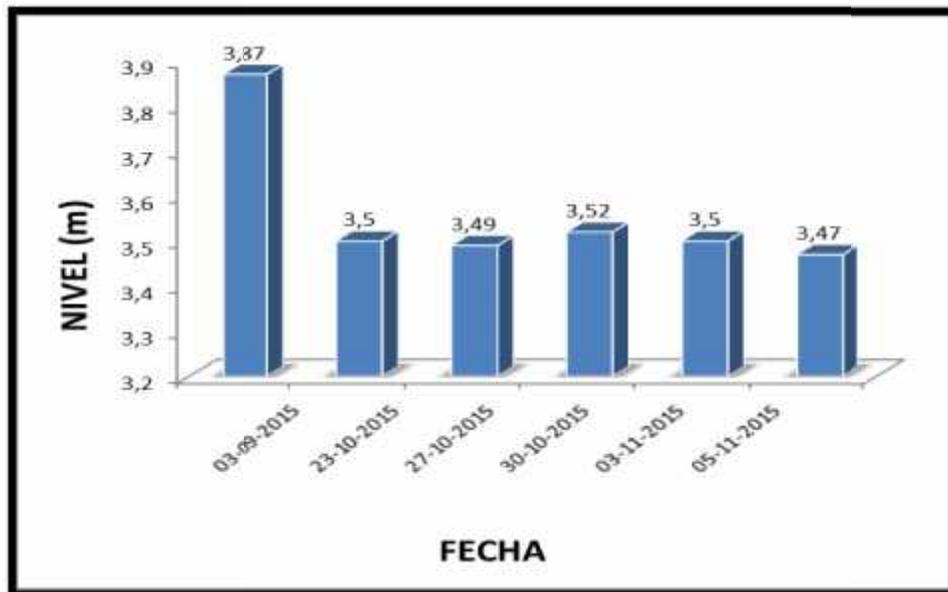


Figura 34.Niveles Estáticos del Pozo Urb. Rivera Country.Municipio San Diego. Estado Carabobo.Coordenadas UTMN1138135 y E616373. Nota. Fuente, Elaborado por Autores.

Desde La Figura C-8Hasta la Figura C-10 del Anexo C se observan las propiedades fisicoquímicas de 3 de los 77 pozos de la Zona Norte del Municipio San Diego, Estado Carabobo. Estas pruebas se realizaron al momento de la perforación de cada uno de los pozos para estimar si el agua es acta para el uso oconsumodiario. En la Tabla8 se describe las coordenadas UTM de cada uno de los Pozos, el usuario, pH, sólidos disueltos, dureza total, dióxido de carbono, alcalinidad total y la cantidad de cloruro que contiene el agua de los Pozos. Desde la Figura C-11 hasta la Figura C-16del Anexo C se reflejan los Mapas de Las Propiedades Fisicoquímicas de los Pozos Municipio San Diego. Estado Carabobo.

Tabla8. Valores Fisicoquímicos de los Pozos en estudio del Municipio San Diego, Estado Carabobo

X (ESTE)	Y (NORTE)	USUARIO	pH	Solidos Disueltos	Dureza Total	Dioxido de Carbono	Alcalinidad Total	Cloruros
613903.96	1135431.77	A.C conjunto residencial El Tulipan pozo 2	6.89	277.96	65.34	40.36	129.16	3.98
614003	1135960	A.C conjunto residencial El Tulipan pozo 4	6.94	257.63	82.42	35.88	145.32	4.25
614147	1136336.5	A.C conjunto residencial El Tulipan pozo 5	7.2	189.54	64.36	12.03	96.24	17.76

4.-Aplicación de Modelos Matemáticos de Estimación de los Parámetros Hidráulicos de los Acuíferos del Municipio San Diego durante el año 2015. Caso: Zona Norte A.

Los resultados al aplicar los modelos matemáticos de estimación de los parámetros hidráulicos de los acuíferos del Municipio San Diego durante el año 2015. Caso: Zona Norte A, se expresan a partir de la recolección de datos de dos pozos, un pozo de estudio y el otro de observación (Figura D-1 del Anexo D). En donde se realiza la prueba de registro a caudal variable al pozo de estudio, para conocer sus descensos, el caudal que posee dicho pozo y así obtener los valores de la variable $W(U)$ correspondiente a la función del pozo, la variable auxiliar (U) que se expresan en la Tabla 9.

Tabla 9. Punto de Ajuste para el Método de Theis. Pozo. La Cumaca. Coordenadas UTM 1.137.789N y 615.817E. Municipio San Diego, Estado Carabobo.

W (U)	4,04
1/U	0,1
s (m)	10,64
r (m)	654,868
Q (L/S)	1,637

Nota. Elaborado por Autores.

Luego de la obtención de datos se procedió a obtener los parámetros hidráulicos solicitados:

$$T = \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot s} W(u)$$

$$T = \frac{1,637 \frac{L}{s} \times 86400 \frac{s}{dia} \times 0,001 \frac{m^3}{L} \times 4,04}{4 \times 3,14 \times 10,64} = 4,28 \text{ m}^2/\text{dia}$$

Igualmente se procedió para determinar el coeficiente de almacenamiento del acuífero:

$$S = \frac{4 \cdot u \cdot t \cdot T}{r^2}$$

$$S = \frac{4 \times 10 \times 150 \text{-minutos} \times \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ minutos}} \times 1 \frac{\text{dia}}{24 \text{ horas}} \times \frac{4,28 \text{ m}^2}{\text{dia}}}{(654,868 \text{ m})^2} = 3,98858 \text{ E} - 05$$

Y así expresando los resultados de manera ordenada como se puede observar en la tabla 10.

Tabla 10. Parámetros hidráulicos del acuífero del Municipio San Diego. Estado Carabobo. Pozo la Cumaca. Coordenadas UTM 1.137.789N y 615.817E.

VARIABLE	UNIDAD	RESULTADO
TRANSMISIVIDAD	T(m ² /dia)	4,28
COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO	S	3,98858 E-05

Nota. Fuente, Elaborado por Autores.

5.-Elaboración de Mapas Piezométricos y Redes de Flujo del Acuífero del Municipio San Diego Durante el año 2015. Caso: Sector Norte A.

Los resultados de la elaboración de los Mapas Piezométricos y Redes de Flujo del Acuífero del Municipio San Diego Durante el año 2015. Caso: Sector Norte A, para los pozos de la Zona en estudio, a partir de la información resultante de la ubicación y elevación (Figura E-1 del Anexo E), se refleja el sentido del flujo, la cual va de sur hacia el este e indican que los acuíferos de la zona norte recargan al río la Cumaca desde el río Cupira.

De los 77 pozos de la zona norte del Municipio San Diego solo a 41 de ellos se le conoce la información que ofrece La Tabla 11 en cuanto a la identificación de los pozos, sus coordenadas UTM y su elevación. Fácilmente se puede observar que todos los pozos se encuentran a una altura entre los 440 – 595 metros sobre el nivel del mar (msnm).

Tabla 11. Información de pozos para el trazado de isoclinas y red de flujo. Municipio San Diego. Estado Carabobo

Nº POZO	X	Y	Z
1	613940	1135142	480
2	613684	1135093	469
3	614174	1135543	495
4	613787	1135600	490
5	613922	1135176	478
6	613536	1134540	480
7	613498	1134157	489
8	615335	1137285	498
9	615735	1136629	476
10	613307	1134229	473
11	615774	1136949	490
12	615743	1137411	494
13	615974	1137460	491
14	615754	1136830	495
15	614187	1135897	478
16	614147	1134495	474
17	613448	1134925	468
18	615510	1134984	480
19	616260	1135686	495
20	614342	1135517	476

Nota. Fuente, Elaboración por Autores.

Continuación Tabla11. Información de pozos para el trazado de isoclinas y red de flujo. Municipio San Diego. Estado Carabobo.

Nº POZO	X	Y	Z
21	614382	1134352	482
22	611823	1135841	497
23	614813	1136450	496
24	614445	1134186	477
25	615996	1135467	473
26	614548	1136134	598
27	615102	1135478	475
28	616272	1135469	481
29	613136	1135083	484
30	613140	1134775	481
31	613595	1133578	468
32	615027	1133720	467
33	615542	1134028	437
34	614777	1135347	467
35	614353	1134915	472
36	614988	1136054	472
37	615993	1135873	471
38	614471	1136052	474
39	614321	1135345	472
40	614023	1134115	460
41	615133	1133941	469

Nota. Fuente, Elaborado por Autores.

Discusión De Resultados

1.En base a la información suministrada por el Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo y Aguas y el trabajo de campo realizado durante los meses de trabajo, se realizó un análisis a los resultados obtenidos, permitiendo conocer que tan solo 7 de 52 (13,46%) de los pozos encontrados en la Zona Norte A del municipio San Diego se encuentran Inactivos por falta de mantenimiento o inexistencia de bomba. Además se encontró que el principal uso de estos pozos es para el abastecimiento residencial.

No obstante, a partir de la tabla 3 se observa que un 67,53% de los pozos encontrados en la Zona Norte del municipio San Diego se encuentran ubicados en el caso A, según el “PLAN MUNICIPAL DE DESARROLLO SAN DIEGO 2014-2017”.

A partir de la figura 19 se da a conocer que los principales usuarios con mayor cantidad de pozos a sus servicios son la Cooperativa El Portal del agua R.L, Villas de San Diego Country Club, Hacienda San Antonio y Hacienda La Caracara con un número de tres (3) pozos cada uno.

2.A partir del informe litológico realizado por la empresa C.A PARKO se obtuvo que en los primeros metros de profundidad para los tres pozos en estudio son de material de relleno, también se observa que existe una gran presencia de Arcilla y Arcilla Limosa como también de Arenas medias en ambos perfiles litológicos, en el pozo encontrado en la URB. RIVERA COUNTRY, se consiguió un pequeño estrato de Arenas finas y Arcillas. Por esto se puede resaltar que las propiedades geofísicas de los pozos subterráneos en el municipio San Diego presentan gran cantidad de arcillas y arenas tanto finas como medias.

3.La variación de los caudales y niveles en los pozos del Municipio San Diego son reflejo del alto consumo y el crecimiento poblacional existente en esta zona a pesar de encontrarnos en periodo de lluvia se pudo apreciar en las figuras 28, 29 y 30 las variaciones de los niveles y recarga de los pozos en estudio; en la URB. RIVERA COUNTRY se puede apreciar como el nivel del pozo a una altura de 3,80m medido desde el suelo, para el mes de septiembre tubo un descenso a 3,47m en el mes de noviembre, a diferencia del pozo ubicado en la URB. VILLAS DE SAN RAFAEL que para el mes de septiembre poseía un nivel de 10,61 m y tubo un descenso para el mes de octubre de 9,54 m en los meses siguientes se mantuvo cerca de estos

niveles e incluso logro subir de nuevo para el mes de noviembre a un nivel de 10,07m.

La Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable según la Gaceta 36.395 establece que los valores aceptables son los siguientes:

Tabla 12. Valores Aceptables de calidad del Agua Potable para los valores de estudio fisicoquímicos de los pozos disponibles.

DESCRIPCION	RANGOS ACEPTABLES
<i>pH</i>	6,5-8,5 (Valor max. Aceptable de 9)
<i>Alcalinidad mg/L</i>	Hasta pH= 4,5 TAC= 100 - 300
	Hasta pH= 8,3 TAC= 0 -10
<i>Solidos disueltos mg/L</i>	< 600, Máximo Aceptable de 1000
<i>Dureza Total mg/L CaCo3</i>	<250 Máximo 500
<i>Cloruros mg/L</i>	20 y 60
<i>Carbonatos ppm</i>	50 -350

Nota. Fuente, Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potables, Gaceta 36.395

Comparando los valores de la Tabla 12 con los datos fisicoquímicos de los Pozos se pudo observar lo siguiente:

La Cantidad de Sólidos disueltos de los pozos se encuentran por debajo del valor máximo aceptable; el Pozo2 con 277,96<600, el Pozo 4 con 257,63<600 y el Pozo 5<600.

Todos los pozos tienen un nivel de pH de 6,89 Pozo 2, 6,94 Pozo 4 y 7,2 el Pozo 5 entrando dentro del nivel aceptable de 6,5 < pH < 8,5.

Los carbonatos en los pozos tienen valores inferiores a 50 y un pH < al 8,5 lo que indica que tiene un valor muy cercano a 0.

Los cloruros están por debajo del mínimo admisible.

El pozo con mayor alcalinidad es el Pozo 4 y con un $\text{pH} < 8,5$ está dentro de parámetro que establece la norma de Calidad de Agua Potable los Pozo 2 y 5 están por debajo de ese valor , lo que indica que también cumple con la normativa.

Los valores fisicoquímicos del agua de los Pozos están dentro de los parámetros y otros por debajo de lo exigido por la Normativa lo cual indica que son aptas para el consumo humano.

4.La aplicación de modelos matemáticos para la estimación de los parámetros hidráulicos de los acuíferos del Municipio San Diego nos indica que el acuífero posee una transmisividad calificada como muy baja de acuerdo a la tabla 10 y a su vez el resultado del coeficiente de almacenamiento, según Sánchez (2014), indica que el acuífero es efectivamente confinado.

Tabla 13. Calificación del acuífero según su Transmisividad hidráulica.

T (m ² /día)	Calificación estimada
$T < 10$	Muy baja
$10 < T < 100$	Baja
$100 < T < 500$	Media
$500 < T < 1000$	Alta
$T > 1000$	Muy alta

Nota. Fuente, Collazo, 2010.

5.Al elaborar los mapas piezométricos se pudo observar que los acuífero van dirigidos desde el río Cupira al río la Cumaca desde el sur hacia el este tal como reflejan las direcciones del flujo mostrados en los mapas.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Con la información suministrada por el Ministerio para el Poder Popular para Ecosocialismo y Aguas, en conjunto con el trabajo realizado en campo se lograron obtener los siguientes resultados.

Se lograron ubicar 52 pozos en la zona Norte A del Municipio San Diego, en la tabla 3, se observan las coordenadas UTM de cada pozo, así como su ubicación y su responsable. En el mapa realizado, se observara la ubicación exacta de los pozos de la Zona Norte del Municipio de San Diego. Figura A-4 del Anexo A.

2. De los 77 pozos ubicados en la Zona Norte del Municipio San Diego, se lograron estudiar las propiedades geofísicas de cinco (5) pozos, obteniendo un comportamiento aproximado del terreno del acuífero. La zona norte de San Diego, se caracteriza porque el agua proviene de descompresión.

Adicionalmente se logró observar grandes cantidades de arenas con partículas de material fino tales como lo son Limos y Arcillas. En cuanto a las propiedades geofísicas, se realizó el perfil litológico del terreno de los pozos estudiados en forma de diagrama de barra. Se registraron profundidades desde 141m hasta 175m de perforación que se pueden observar en la Tabla 6 del Anexo B.

3. Luego de haber realizado la prueba de registro a caudal variable, se construyó un diagrama de barras que reflejan los niveles de descenso en el Pozo La Cumaca del Municipio de San Diego, Estado Carabobo durante el tiempo de estudio, en los meses de estudio los Pozos, mantuvieron niveles de agua aproximadamente estables, siendo el pozo ubicado en la urbanización Villas de San Rafael el que menor cantidad de agua dispone, con un nivel estático de 10,61 metros a partir del nivel del suelo.

Los Estudios Físicoquímicos arrojan que las aguas de los Pozos 2,4 y 5 de la Zona Norte del Municipio San Diego del Estado Carabobo son aptas para el consumo humano bajo los criterios de la Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable.

4. Una vez obtenidos los datos, se aplican los modelos matemáticos para calcular los parámetros hidráulicos del acuífero del Municipio San Diego, obteniendo los siguientes resultados: un valor de transmisibilidad 4,28 m²/día muy baja por lo que la cantidad de agua que le es transmitida es mínima. Con el valor obtenido del coeficiente de almacenamiento $3,98 \times 10^{-05}$ en conjunto con los datos litológico de los pozos en estudio indican que el acuífero es confinado.

5. Para los pozos sometidos a estudio, después de realizar la medición de sus niveles estáticos, se elaboraron los mapas piezométricos (Figura E-1 del Anexo E), en dicho mapa se refleja el sentido del flujo en la zona norte del municipio San Diego y la red del acuífero en estudio se recarga del río Cupira aportándole agua al río de la Cumaca.

Las tablas demuestran la identificación del pozo en estudio, sus coordenadas UTM y los niveles medidos sin bombeo (estático), permitiendo la triangulación de la red del acuífero.

RECOMENDACIONES

La mayoría de los pozos que fueron ubicados no se encontraban en las condiciones ideales y sin funcionamiento sería lo más idóneo que las autoridades competentes le hagan un seguimiento, exigiendo el cumplimiento de las normativas.

Se recomienda recolectar el resto de la data de la zona en estudio ya que no se posee información litológica de todos los pozos para poder obtener con exactitud el tipo de acuífero.

Realizar pruebas de caudal con mayor frecuencia y a la mayor cantidad de pozos para estimar la variación de los niveles del agua para un mejor cálculo de la Transmisividad y Coeficiente de almacenamiento

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Arias, F. (2006). Proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica 5° Edición. Caracas.

Duran, L (2011). Las Políticas Hídricas en Venezuela en la gestión del agua subterránea. [Revista en línea]. Disponible: <http://revistavoces.org.ve/docu/voces5-art6.pdf>. [Consulta: 2015, Agosto 5]

Gallardo, J. (2011). Asociación Venezolanas de la Industria de Aguas Subterráneas. [Artículo en línea]. Disponible: <http://aviassubterraneeas.blogspot.com/2011/07/son-los-acuiferos-la-solucion.html> [Consulta: 2015. Agosto 5]

Guevara, E. (2000). Diagnóstico de la Situación Ambiental y Ecológica del Estado Carabobo. [Revista en línea]. Disponible: <http://servicio.bc.uc.edu.ve/ingenieria/revista/a7n1/7-1-3.pdf> [Consulta: 2015, Abril 6]

Martínez, Z. (2011). Situación de los Recursos Hídricos en Venezuela: Hacia una gestión integrada. [Documento en línea]. Disponible: http://www.gwp.org/Global/GWP-SAM_Files/Publicaciones/Varios/2011-Situacion-recursos-hidricos-Venezuela.pdf [Consulta: 2015, Abril 6].

Montero, R., Yanes, C. y Bolívar V. (1997). Hidrogeoquímica de las aguas subterráneas de la región nor-central del Valle de Caracas, Distrito Capital, Venezuela. [Resumen en línea]. Trabajo de grado no publicado, Universidad Central de Venezuela. Disponible: <http://www.coordinv.ciens.ucv.ve/investigacion/genci/sitios/10/archivos/H9A-236.pdf> [Consulta: 2015, Abril 6].

Parella, S. y Martins, F. (2010) Metodología de investigación cuantitativa. FEDUPEL, Caracas

Ruiz Medina, M. (2011). Políticas públicas en salud y su impacto en el seguro popular en Culiacán, Sinaloa, México.

Umbría, I.& Jegat, H. (2009). Evaluación de un acuífero y sus reservas con fines de explotación agrícola (Caso: Porción del acuífero ubicado en la finca “El Puerto” en Santa Cruz del Zulia-Venezuela). [Resumen en línea]. Trabajo de grado de maestría no publicado, Universidad de los Andes. Disponible: <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/29741/1/articulo1.pdf> [Consulta: 2015, Agosto 5].

Tamayo Tamayo, M. (1997). El proceso de la investigación científica. Editorial Limusa S.A. México.

Tamayo Tamayo, M. (2003). El proceso de la investigación científica. Limusa Noriega Editores. 4ta Edición. México.