



Universidad de Carabobo  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil  
Departamento de Ingeniería Ambiental



**ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS HIDRÁULICOS DEL ACUÍFERO DEL  
MUNICIPIO SAN DIEGO DURANTE 2018. CASO: SECTOR CENTRO A**

Tutor:

Msc. Ing. Márquez Adriana.

Autores:

Monsalve C. Gabriel A.

Villarreal R. Hery D.

Valencia, Septiembre 2018



Universidad de Carabobo  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil  
Departamento de Ingeniería Ambiental



**ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS HIDRÁULICOS DEL ACUÍFERO DEL  
MUNICIPIO SAN DIEGO DURANTE 2018. CASO: SECTOR CENTRO A**  
Trabajo Especial de Grado Presentado Ante la Ilustre Universidad de Carabobo para Optar al  
Título de Ingeniería Civil

Tutor:

Msc. Ing. Márquez Adriana.

Autores:

Monsalve C. Gabriel A.

Villarreal R. Hery D.

Valencia, Septiembre 2018

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de grado está dedicado a las siguiente personas: Osmel Chávez, Edgar Zambrano, Leoneivys Barazarte, Fabiola Zambrano, Juan Pablo Zambrano; a ustedes cinco les dedico, este trabajo y este logro, ustedes fueron las personas que hicieron que yo pudiese llegar aquí, este trabajo es por ustedes y para ustedes, son las personas más especiales que hay en mi vida, son mi inspiración para seguir siempre adelante buscando lo mejor, sin perjudicar a nadie más, "haz el bien sin mirar a quien" a ustedes tengo mucho que agradecerle.

A Dios le pido que siempre me les de mucha salud y bendiciones, y que así como avanzan los años, avance nuestra unión, les deseo lo mejor del mundo y que Dios los llene de mucho éxito, y que este éxito que viene de mi parte también sea para ustedes.

**Monsalve C. Gabriel Alexander**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de grado está dedicado principalmente a mi madre Lauria, que me dio la vida siendo indudablemente el impulso inicial para elegir esta carrera y guía necesaria para llegar a este punto.

Mi padre Hery, que me presto su apoyo, el cual fue sumamente necesario para facilitarme de alguna manera a sortear las dificultades.

A mi hermana Heury Mar, que aunque no reconozco, siempre fue un ejemplo a seguir, especialmente en los estudios, comenzando en el colegio, liceo, hasta terminar en la universidad donde elegimos caminos distintos, pero no por ello dejo de ser ese buen ejemplo, además gracias por ser aquella persona a la cual descargaba todas las preocupaciones de la carrera, al igual que los triunfos.

A Dios, al cual siempre me encomendaba antes de una evaluación para que me diera la capacidad de la calma y sabiduría.

A todos mis futuros colegas que me acompañaron y soportaron en este gran camino, a mi compañero de tesis Gabriel Monsalve, a mi hermano Luigi Buonopane, a Daniel Fuentes, mi pana del colegio Rubén Mendoza, Daniel Coronel, Francis Pineda, Edyerlin Pulido, Arianna Lujan, Las Gonzales Arcelia y Dielys, Luis Jose Hernández, Jesús Cappola, Héctor Sánchez, Kashmir Cochrane, Señor Yánez, Pablo Morales, Shemonick Zambrano, Paola Milliani, Adriana Linares, Miguel Bastidas, Moisés Solórzano, Luyly Montilla, Jim Torrealba, Yonder Parra, Rommer Cedeño, Gabriel Gómez, Carlos Pérez, Daniela Sequera, Ana Rodríguez , Ana Gabriela Guzmán, Beatriz Valdez; y a todos aquellos que compartieron conmigo durante todo este tiempo.

**Villarreal R. Hery Daniel**

## **AGRADECIMIENTOS**

Principalmente el agradecimiento a Dios, que nos dio la fuerza necesaria para luchar hasta el final de la carrera, a todas las personas que ayudaron para el logro de esta meta tan importante en mi vida, entre ellos están mis padres, tanto mi papá cómo mi padrastro, mi mamá y mi madrastra, que juntos, apoyándome, y dándome la fuerza para siempre decir que si se puede, a mi abuelos Edgar Zambrano y Zaira de Zambrano que siempre estuvieron ahí para socorrerme en lo que necesitase, y por tener paciencia con mi compañero y conmigo, el prestarnos su casa para realizar este trabajo, mis abuelos Mirla de Chávez y Óscar Chávez, que siempre han estado en todo momento junto a mi desde el colegio, ayudándome con el uniforme.

Agradecimiento a los tutora Ingeniero Adriana Márquez y al señor Elisaul que siempre estuvo para ayudarnos con cualquier dificultad ante los pozos.

A mis compañeros de clases que siempre estuvimos juntos para los estudios: Luis Hernández, Jesús Cappola, Hery Villarreal, Dielys González, Shemonick Zambrano, Kashmir Cochrane, Pablo Morales, Ariana Lujan, Arcelia Gonzales, Héctor Sánchez; que siempre estuvieron presentes, sin importar cuánta discusión, sin importar cuánta pelea.

Mi madre Osmel Chávez, y mi padre Edgar Zambrano nuevamente debido a que fueron mis pilares, fueron mi guía, fueron importante para lograr está etapa, por último sin menos preciar importancia a la persona que me ha estado acompañando, a mi hermosa novia Leoneivys Barazarte, la cual mantuvo ella su fe en mí, y en ningún momento me dejó a un lado, a ti te dedico este triunfo tan grande como lo es la culminación de la etapa de preparación universitaria, gracias te doy por todo este tiempo por nunca dejarme a un lado, eres especial.

A todas las personas aquí nombrada fueron fundamental para lograr este éxito a ustedes les dedico este logro.

**Monsalve C. Gabriel Alexander**

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi papa, hermana y especialmente mi mama, por haberle dicho a aquel niño de 5-6 años, - “tienes que ser como aquel que esta allá, el ingeniero”, algo que nunca se borrara de mi memoria, desde allí empezó el amor a esta profesión, no hay manera de decir cuánto te agradezco.

A mi tutora Ingeniera Adriana Márquez, fundamentalmente por la ayuda y el apoyo brindado, que nos facilitó el desarrollo de este trabajo.

A Hidrocentro por darnos el apoyo, al señor Elisaul, que nos prestó su tiempo.

A todos los profesores, preparadores, técnicos de laboratorio, que a pesar de las dificultades actuales, siempre estuvieron dispuesto a transmitir su conocimiento para seguir creando profesionales por el bien del país.

Al ingeniero Dunia de Quinteros e ingeniero Freddy Quintero, que estuvieron atentos y ofrecieron su ayuda en los momentos necesarios.

Al señor Edgar Zambrano y Zaira de Zambrano por prestarnos su apoyo para la ejecución de este trabajo de grado.

Gracias también al señor Daniel Oliveros por siempre estar dispuesto a colaborar en lo que necesitara.

**Villarreal R. Hery Daniel**



Universidad de Carabobo  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil  
Departamento de Ingeniería Ambiental



## **ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS HIDRÁULICOS DEL ACUÍFERO DEL MUNICIPIO SAN DIEGO DURANTE 2018. CASO: SECTOR CENTRO**

Autores:

Monsalve C. Gabriel A.

Villarreal R. Hery D.

Tutor:

Msc. Ing. Márquez Adriana.

### **RESUMEN**

La siguiente investigación tiene como principal objetivo estimar los parámetros hidráulicos del acuífero de la zona centro del municipio San Diego en el estado Carabobo del año 2018; para ello se eligieron luego de una visita guiada, dos pozos de la zona centro A, el pozo ubicado dentro de las instalaciones del colegio Clorinda Azcunes el cual sería el pozo de bombeo y el pozo ubicado en el parque metropolitano el pozo de observación. De estos pozos se obtuvo las coordenadas UTM por medio de la aplicación Google Maps y se les realizó un plan de visita para realizar las pruebas de bombeo, dicha prueba consiste en medir el nivel estático y dinámico mediante una sonda eléctrica y a su vez se obtuvo el caudal del pozo de bombeo por el método volumétrico. Luego de haber realizado todas las visitas se calcularon los parámetros hidráulicos como: transmisividad y coeficiente de almacenamiento, mediante el método de Theis arrojando un valor de transmisividad de 32.07 m<sup>2</sup>/día clasificando el acuífero como de baja transmisividad y un coeficiente de almacenamiento de 5.57E-4 característico de un pozo semiconfinado. A los pozos se le realizaron análisis fisicoquímico como: conductividad eléctrica, dureza total, dureza cálcica, dureza magnésica, alcalinidad, pH, sólidos totales, cloruro, sulfato, nitrato, calcio, magnesio y coliformes totales, estos se compararon con la norma sanitaria para agua potable y las normas para clasificación y control de la calidad de las aguas de la cuenca del lago de Valencia dando como resultado, que el agua de estos pozos cumplen con los parámetros mínimos y máximos establecido por dichas normas siempre y cuando estas pasen por un proceso de desinfección.

## INDICE

RESUMEN.....	VII
INDICE DE ILUSTRACIONES.....	X
INDICE DE TABLA.....	XIII
INTRODUCCION .....	14
CAPITULO I.....	16
Planteamiento del problema.....	16
Objetivos de la Investigación.....	18
Justificación de la investigación.....	19
Alcances y Limitaciones .....	20
CAPITULO II .....	22
Antecedentes de la Investigación .....	22
MARCO REFERENCIAL.....	24
CAPITULO III.....	35
Tipo de Investigación.....	35
Diseño de la Investigación .....	35
Población.....	35
Muestra.....	36
Técnicas de Recolección de Datos.....	36
Fases de la Investigación.....	40
Fase I: Identificar los pozos del Municipio San Diego del Estado Carabobo y distancia entre ellos. ....	40
Fase II: Toma de datos de caudal, nivel y muestreo de los pozos del Municipio San Diego del Estado Carabobo. ....	44
Fase III: Estimar los parámetros hidráulicos de transmisividad y coeficiente de almacenamiento del acuífero del municipio San Diego del Estado Carabobo. ....	52
CAPITULO IV.....	53
Identificación de los pozos de agua subterránea en la zona centro del municipio San Diego. Estado Carabobo. ....	53
Descripción los parámetros físico-químicos del agua proveniente del pozo en la zona norte del municipio San Diego. Estado Carabobo. ....	55

Descripción de los parámetros hidráulicos presentes en los pozos.....	65
Cálculos de los parámetros hidráulicos de transmisividad y coeficiente de almacenamiento del sector centro del Municipio San Diego. Estado Carabobo.....	67
Discusión de resultados.....	72
CAPITULO V .....	73
CONCLUSIONES .....	73
RECOMENDACIONES .....	75
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	76
Anexo A .....	80
Anexo B .....	82
Anexo C .....	86
Anexo D .....	88

## INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: División político-territorial del Estado Carabobo. Fuente: Instituto Nacional de Estadística, 2014 .....	24
Ilustración 2: Sectorización del municipio. Fuente: Alcaldía del Municipio San Diego.....	27
Ilustración 3: Agua Subterránea, zona saturada y zona no saturada. Fuente: Ordoñez, 2012	28
Ilustración 4: Tipos de Acuíferos. Fuente: Collazo y Montaña, 2012 .....	29
Ilustración 5: Tipos de Acuíferos. Fuente: Collazo y Montaña, 2012 .....	30
Ilustración 6: Tobo de 18 litros. Fuente: Los autores.....	38
Ilustración 7: Sonda marca PLM. Fuente: Los autores .....	38
Ilustración 8: Llaves. Fuente: Los autores. ....	38
Ilustración 9: Cronometro. Fuente: Los autores.....	38
Ilustración 10: Envases de plástico. Fuente: Los autores.....	39
Ilustración 11: Ubicación por GPS. Fuente: Google Maps. : Vista Satelital. Fuente: Google Maps.....	42
Ilustración 12 Ubicación por GPS. Fuente: Google Maps.....	42
Ilustración 13: Transformación de coordenadas por medio de aplicación CoordTransform. .	42
Ilustración 14: Ubicación del pozo del colegio Clorinda Azcunez. Fuente: Google Maps. ...	44
Ilustración 15: Medición de distancia entre los pozos. Fuente: Google Maps.....	44
Ilustración 16: Medición de nivel estático. Pozo parque Metropolitano. Fecha 24/04/18. Fuente: Los autores. ....	46
Ilustración 17: Toma de nivel estático, Pozo Metropolitano. Fecha 24/04/18. Fuente: Los autores. ....	47
Ilustración 18: Toma de aforo, pozo colegio Clorinda Azcunez Fecha 24/04/18. Fuente: Los autores. ....	48
Ilustración 19: Apertura de válvula, pozo colegio Clorinda Azcunez. Fecha 24/04/18. Fuente: Los autores. ....	49
Ilustración 20: Aforo, Pozo parque Metropolitano. Fecha 02/03/18. Fuente: Los autores.....	50
Ilustración 21: Toma de muestra, pozo colegio “Clorinda Azcunez”. Fuente: Los autores. ...	50
Ilustración 22: Toma de muestra, pozo Parque Metropolitano. Fuente: Los autores. ....	51

Ilustración 23: Comparación de porcentajes de operatividad de los pozos del sector centro del Municipio San Diego. ....	53
Ilustración 24: Comparación de porcentajes de operatividad de los pozos del sector centro del Municipio San Diego. ....	54
Ilustración 25: Comparación de resultados de laboratorio del pozo del Colegio Clorinda Azcunes con Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia.....	59
Ilustración 26: Comparación de resultados de laboratorio del pozo de el Colegio Clorinda Azcunes con Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia.....	59
Ilustración 27: Comparación de resultados de laboratorio del pozo del Colegio Clorinda Azcunes con las Normas sanitarias de calidad del agua potable.....	60
Ilustración 28: Comparación de resultados de laboratorio del pozo del Colegio Clorinda Azcunes con las Normas sanitarias de calidad del agua potable.....	60
Ilustración 29: Comparación de resultados de laboratorio del pozo del Parque Metropolitano con Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia.....	61
Ilustración 30: Comparación de resultados de laboratorio del pozo del Parque Metropolitano con Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia.....	61
Ilustración 31: Comparación de resultados de laboratorio del pozo del Parque Metropolitano con las Normas sanitarias de calidad del agua potable. ....	62
Ilustración 32: Comparación de resultados de laboratorio del pozo del Colegio Clorinda Azcunes con las Normas sanitarias de calidad del agua potable.....	62
Ilustración 33: Comparación de niveles estáticos y dinámicos por visitas pozo Colegio Clorinda Azcunes. ....	66
Ilustración 34: Comparación de niveles estáticos y dinámicos por visitas pozo Parque Metropolitano. ....	66
Ilustración 35: Comparación de promedio de caudal por visitas. ....	67
Ilustración 36: Variación de nivel dinámico vs tiempo. Pozo Colegio Clorinda Azcunes. ....	68
Ilustración 37: Caudal vs tiempo. Pozo Colegio Clorinda Azcunes. ....	69

Ilustración 38: Ejemplo de sobre posición de grafico del acuífero y de Theis. Fuente: Los autores. ....	69
Ilustración 39: Capacidad, produccion, operatividad y uso de los pozos del sector centro de Municipio San Diego. Fuente: Hidrocentro. ....	81
Ilustración 40: Informe de resultados de analisis fisico quimicos y bacteriologicos. Fuente: Laboratorio Ambiental Aragua. ....	83
Ilustración 41: Resultados de análisis físico químicos y bacteriológicos, pozo Parque Metropolitano. Fuente: Laboratorio Ambiental Aragua. ....	84
Ilustración 42: : Resultados de análisis físico químicos y bacteriológicos, pozo Colegio Clorinda Azcunes. Fuente: Laboratorio Ambiental Aragua.....	85
Ilustración 43: Planilla de medicion de campo. Fuente: Los autores. ....	87
Ilustración 44: Mapa de ubicación y uso de los pozos del municipio San Diego Estado Carabobo. ....	89

## INDICE DE TABLA

Tabla 1:Valores de permeabilidad n diferentes terrenos naturales. Fuente: Benitez 1972 en Custodio & Llamas, 1983. ....	31
Tabla 2: Pozos y acuíferos. IGME (1984) .....	32
Tabla 3: Coordenadas UTM de los Pozos Fuente: Los autores .....	43
Tabla 4: Cronograma de Visita .....	45
Tabla 5: Resultados del análisis del pozo de la Urb. La Esmeralda dentro de las instalaciones del Colegio Clorinda Azcundes realizado por el Laboratorio Ambiental Aragua. ....	55
Tabla 6: Resultados del análisis del pozo de la Urb. La Esmeralda dentro de las instalaciones del Parque Metropolitano realizado por el Laboratorio Ambiental Aragua .....	56
Tabla 7: . Aguas Sub tipo A1, Límites y rangos. Fuente: Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia, Gaceta Oficial 5.305 .....	57
Tabla 8: Componentes relativos a la calidad organoléptica del agua potable. Fuente: Normas sanitarias de calidad del agua potable, Gaceta Oficial 36.395. ....	58
Tabla 9:Clasificación de las aguas según su dureza. Fuente: Norma de Calidad de aguas naturales, industriales y residuales, COVENIN 2771-91.....	58
Tabla 10: Valores promedios de caudal, nivel estático y nivel dinámico. ....	65
Tabla 11: Distancia entre Pozos .....	67
Tabla 12: Resultados de Mediciones.....	68
Tabla 13: Valores de Calculo de Theis .....	71

## INTRODUCCION

Los recursos hídricos en Venezuela tienen una distribución muy variada, tanto en su componente de aguas superficiales como en las aguas subterráneas. El país cuenta con una enorme cantidad de recursos hídricos; grandes ríos, lagos y zonas pantanosas.

El relieve elevado de las cordilleras distribuye las aguas fluviales del país en dos vertientes: la del Caribe, Atlántica y una cuenca endorreica que es la del lago de Valencia.

Las aguas localizadas en la región centro norte del país, entre los estados Aragua y Carabobo drenan hacia la cuenca endorreica del lago de Valencia, de aproximadamente 2.800 km<sup>2</sup>.

El potencial de las aguas subterráneas en Venezuela es menos conocido. Según Martínez (2011) se estiman que los acuíferos representan una superficie total aproximada de 829.000 Km<sup>2</sup>, los cuales, a través de estudios preliminares, se han estimado en ocho mil millones de metros cúbicos por año, siendo las regiones que presentan las formaciones acuíferas más relevantes las que se localizan en la Costa Occidental del Lago de Maracaibo, la Mesa de Guanipa y la parte Occidental del río Apure. La recarga de los acuíferos proviene fundamentalmente de la infiltración directa y de las recargas de los cauces de agua superficiales, además de las recargas subterráneas provenientes de las filtraciones de la Cordillera.

De acuerdo a Cañizalez (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, tipo de uso, características del acuífero, volumen, calidad, zonas de descarga y recarga, profundidad apropiada para su explotación, variación de la calidad en el tiempo y en relación con la profundidad, así como otros parámetros que proporcionen un seguimiento verdadero a esta fuente tan importante para muchas regiones del país. Es común observar documentos técnicos de fechas recientes, que incluyen información.

En cuanto a las iniciativas para un mejor control, se desconocen; se sabe que industrias, viviendas, fincas, hacen uso de los niveles freáticos a su alcance, sin mayores problemas y/o requisitos.

El siguiente proyecto de grado se estructura de la siguiente manera

1. Capítulo I: Contiene el planteamiento del problema, junto con el objetivo general y varios específicos, así como la justificación de la investigación y su delimitación.
2. Capítulo II: Marco Teórico, en este se muestran los antecedentes previos a esta investigación, marco referencial y las bases teóricas que la fundamentan.
3. Capítulo III: Marco Metodológico, es donde está la metodología que se usara para el desarrollo de este trabajo de grado
4. Capítulo IV: Radica la metodología aplicada para obtener los resultados buscados.
5. Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones del trabajo de grado.
6. Anexos: Información gráfica necesaria para el desarrollo de la investigación.

## CAPITULO I

### Planteamiento del problema

El agua dulce sustenta la vida humana y es vital para nuestra salud. El acceso a agua potable y a unos servicios de saneamiento adecuados es vital para la salud humana, pero además tiene otros beneficios importantes, que van desde los que se identifican y cuantifican con facilidad como el ahorro de costes y tiempo, hasta los que son más intangibles como comodidad, bienestar, dignidad, privacidad y seguridad. Hay suficiente agua dulce para todo el mundo; sin embargo, debido a factores económicos y de infraestructura, millones de personas mueren a causa de enfermedades relacionadas con un abastecimiento de agua, higiene o saneamiento inadecuados. La escasez de agua es un problema que afecta a más de un 40% de la población mundial y se prevé que aumente. Se estima que 783 millones de personas no tienen acceso a agua limpia y que más de 1.700 millones viven actualmente en cuencas de ríos en las que el uso del agua supera su recarga (ONU. 2017).

Según la Unesco (2017) en el planeta, las aguas subterráneas representan el 98% del agua dulce no congelada siendo el sostén de varias funciones y servicios ecológicos. Asimismo, la extracción de aguas subterráneas se ha visto incrementada durante los últimos 50 años debido a su abundancia, alta calidad y confiabilidad y avances en la hidrogeología para facilitar su extracción a un costo relativamente accesible.

En la región norte Venezuela, la distribución de agua potable se ve afectada por el clima seco por ser zona de costas e islas y, dada la proximidad a las montañas del mar Caribe, los ríos son más cortos, de escaso caudal y con un régimen irregular, este comportamiento hídrico ha traído como consecuencias que se deba traer el agua para las ciudades desde lugares y ríos cada vez más alejados, y desde acuíferos locales extrayendo el agua mediante obras de captación vertical como pozos o aljibes (Martínez, 2011).

En Carabobo específicamente; la operadora responsable de la prestación integral del servicio de Agua Potable y Saneamiento, y de la adecuación de la infraestructura es la Hidrológica del Centro, la cual cuenta con dos sistemas de distribución para la parte central del estado, siendo estos el Sistema Regional Del Centro I y el Sistema Regional Del Centro II.

El SRC I tiene como fuente principal de abastecimiento es el Embalse Pao - Cachinche, donde el agua es bombeada hasta la Planta Potabilizadora Alejo Zuloaga, en donde se inicia el proceso de potabilización y posterior distribución (Hidrocentro, 2016). Este sistema cuenta con sistemas auxiliares locales como los pozos de agua, los cuales entran en funcionamiento cuando existen fallas o cortes intermitentes en el suministro del SRC I, aportando una parte del caudal directa o indirectamente al sistema de bombeo local según sea el caso, estos pozos por Norma Sanitaria de Calidad de Agua Potable (Decreto 2048) deben cumplir con los parámetros físicos, químicos, bacteriológicos y de caudal, allí establecidos; además del constante seguimiento y mantenimientos que la autoridad única sanitaria establezca, puesto que al tratarse de un sistema normalmente público y gratuito que tienen acceso las comunidades se pueden convertir rápidamente en un vector de enfermedades.

Es por ello que es importante evitar la sobreexplotación de los acuíferos, la cual se define como la extracción del agua del mismo en una cantidad superior a la correspondiente a su alimentación, el efecto más inmediato de la sobreexplotación sería el descenso continuado de los niveles piezómetros, que se acompaña normalmente del agotamiento de las surgencias (Pulido Bosch, 1985). En otras palabras, esto tendría como consecuencia que el pozo o los pozos aledaños queden inhabilitados.

Un estudio realizado por el Instituto Nacional de Estadística para el año 2013, más de 6 millones de viviendas obtenían el servicio de abastecimiento de agua por acueducto. En el caso de las viviendas con abastecimiento de agua por pila pública se tiene que para el año 2007; se registraron 228.068 viviendas (INE. 2014). En Carabobo, el Censo Poblacional del año 2011 arrojó que el 8.04 % de viviendas se surten de un pozo de agua, manantial o aljibe y un 86.68 % por acueductos o tubería.

Para el desarrollo de esta investigación se elige un sector del municipio San Diego, del Estado Carabobo, dado que cuenta con zonas con las características habituales en Venezuela, como son el abastecimiento por el SRC I y sistemas de pozos, de los cuales se tomaran unos para realizarle un seguimiento de sus parámetros hidráulicos y propiedades físico químicas.

### **Formulación del problema**

¿Cuál es el valor de la transmisividad y el coeficiente de almacenamiento de los pozos del municipio San Diego?

¿Cuáles son los valores físico-químicos y bacteriológicos del pozo en estudio?

¿Cuáles son los pozos de agua subterránea del municipio San Diego?

### **Objetivos de la Investigación**

- Objetivo General:  
Analizar los parámetros hidráulicos del acuífero del municipio San Diego. Estado Carabobo.
  
- Objetivos Específicos
  1. Identificar los pozos de agua subterránea en la zona centro del municipio San Diego. Estado Carabobo.
  
  2. Describir los parámetros físico-químicos del agua proveniente del pozo en la zona norte del municipio San Diego. Estado Carabobo.
  
  3. Estimar los parámetros hidráulicos de transmisividad y coeficiente de almacenamiento del acuífero del municipio San Diego del Estado Carabobo de acuerdo a los resultados obtenidos en los ensayos.

## **Justificación de la investigación**

Las dinámicas de la población y un estándar de vida mundial cada vez más exigente están impulsando la producción y el consumo de bienes y servicios para satisfacer las necesidades cada vez mayores de una población creciente y más solvente económicamente. El mercado exige productos que consumen mucha agua, aumentando así drásticamente la demanda de agua. Se espera también un vertiginoso crecimiento de la demanda de energía, que también consume mucha agua. Por otra parte, el crecimiento demográfico plantea un mayor reto, que es el de proveer de agua y alimentos a muchas más personas y crear suficiente trabajo digno que, a su vez, depende del desarrollo económico (PNUMA 2011).

Los acuíferos o depósitos explotables de aguas subterráneas cumplen un papel importante, y en numerosos casos vital, para el suministro de agua potable o riego, en Venezuela si bien se estima que el potencial de aguas subterráneas es significativo, su uso no está siendo apropiadamente controlado, tampoco existe un inventario actualizado, que suministre el conocimiento preliminar de las características Hidrogeológicas y proporcione la base de datos necesaria para una adecuada planificación de los trabajos de investigación que conduzcan a emprender su manejo sustentable (Revista Voces, 2011).

La disponibilidad de agua también depende altamente de la calidad del agua. El agua de mala calidad no es apta para varios usos y el costo del tratamiento puede ser prohibitivo, agravando así la carga de la escasez económica del agua. Según un estudio reciente realizado por Veolia y el IFPRI (2015): “se prevé que el deterioro de la calidad del agua aumente rápidamente en los próximos decenios, lo que, a su vez, aumentará los riesgos para la salud humana, el desarrollo económico y los ecosistemas”.

Específicamente en la zona en estudio, la alcaldía del municipio San Diego en el Plan Municipal de Desarrollo 2014-2017 establece que el suministro del vital líquido presenta graves dificultades con respecto a la continuidad en el suministro, esta realidad ha venido en la jerarquización prioritaria de la necesidad de contar con este suministro de manera segura , sin embargo, las dificultades en cuanto a la conexión con el sistema regional II y la responsabilidad con respecto a la solución de este tema, en manos del gobierno nacional, han

supuesto el atraso en la satisfacción de esta necesidad. Además de la interrupción del servicio, otros de los problemas son agua turbia, baja presión, mal olor, sabor, entre otros. Esto ha llevado a las comunidades a depender cada vez más de los pozos de agua y que cada vez cobre más importancia conocer los parámetros hidráulicos característicos de los acuíferos del municipio, lo cual ayuda a obtener una mejor comprensión del comportamiento de estos, esto se logra realizando el estudio en un cierto periodo de tiempo, el cual nos aporta información respecto a la hidrología del acuífero, la calidad del agua y su evolución en el tiempo. Permitiendo que con esta información se logre un adecuado aprovechamiento de las aguas subterráneas, garantizando un suministro constante para la comunidad aledaña, y se pueda crear una articulación entre la gestión social y políticas públicas, que garantice un uso correcto del mismo. Cuando el agua se extrae de forma sostenible y se permite la recarga durante los períodos de suministro de abundante agua de superficie, las aguas subterráneas ofrecen oportunidades de almacenamiento que pueden servir como un amortiguador para compensar las épocas de sequía (WWAP, 2012).

### **Alcances y Limitaciones**

La presente investigación tiene como objetivo llevar un registro en un intervalo de tiempo de los parámetros físicos químicos y nivel freático del pozo en estudio, y así obtener la información necesaria para realizar un balance y proyectando a futuro el comportamiento del pozo; el caudal se mide extrayendo un volumen y anotando en el tiempo requerido para ello, el nivel del agua se obtiene con una sonda, de igual manera se toma una muestra para su posterior análisis en laboratorio; esto solo se limitara al pozo ubicado en el Parque Metropolitano y Urbanización la Esmeralda del municipio San Diego.

Luego de analizar todos los resultados obtenidos, se determina si el uso del pozo es apto para el consumo humano, con los parámetros establecidos en la Gaceta Oficial 36.395 donde dicta que cuando el agua que se destine al suministro como potable no cumpla con los requisitos establecidos en las presentes Normas, el responsable del sistema de abastecimiento deberá aplicar el tratamiento que la haga apta para dicho uso. Al igual que los parámetros

establecidos en el decreto 2.048, donde se establecen las normas para la ubicación, construcción, protección, operación y mantenimiento de pozos perforados destinados para abastecimiento del agua potable.

## CAPITULO II

### MARCO TEORICO

#### **Antecedentes de la Investigación**

**Carillo (2015)** realizo un proyecto de investigación el cual denomino “Vulnerabilidad hidrogeológica del acuífero del municipio San Diego, estado Carabobo”, que tuvo como objetivo la evaluación de la vulnerabilidad del acuífero del municipio San Diego del estado Carabobo, a fin determinar los grados de vulnerabilidad a la contaminación en muy bajo, bajo, moderado, alto y muy alto en los diferentes sectores del municipio, la investigación se tipifica como descriptiva, con diseño de campo. Para recolectar la información se empleó la revisión documental, la observación directa mediante el uso de planillas de registros y el método DRASCTIC para determinar los grados de vulnerabilidad del acuífero, para la localización geográfica de cada pozo se utilizó un equipo de posicionamiento satelital (receptor GPS), el nivel del agua fue medida semanalmente con una sonda de 0 a 300 metros durante el periodo noviembre-diciembre 2014 y enero-abril 2015, Se encontraron: 108 pozos, 91% de los pozos activos, profundidad total entre 38 y 175 m, caudal 2,5 y 20 l/s. El perfil litológico predominante incluye los siguientes materiales: material de relleno, arcilla limosa, arcilla arena media, arcilla con lentes de arena, arena media con lentes de arcilla. Los parámetros hidráulicos bajos y perfil litológico conducen a acuífero entre confinado semiconfinado. De los datos litológicos junto con la topografía y recarga neta se dedujo que la vulnerabilidad al riesgo de contaminación del acuífero en el municipio va desde baja, moderada a alta, además que la composición química de estas aguas es idónea para el consumo humano.

Por otra parte **Vega y Palma (2016)** en la investigación denominada “Estimación de parámetros hidráulicos del acuífero del municipio San Diego 2016: zona norte, Estado Carabobo” donde se procedió a organizar un plan de visitas a los pozos de la zona norte del municipio de San Diego, las muestras fueron tomas con una sonda PLM con una cinta graduada y se usó un tobo para la determinación del caudal relativo mediante el método de Theis, los pozos a estudiar se ubican en Villas de San Diego Country Club y el segundo en el

sector del conjunto residencial El Tulipán. Las coordenadas fueron adquiridas mediante en software de Google Earth en el sistema UTM. A los pozos se le realizaron análisis físico-químico y bacteriológico, dando como resultado un cumplimiento en todos los parámetros expuestos según Las Normas sanitarias de calidad del agua potable, Gaceta N° 36.395. En cuanto a los parámetros hidráulicos se obtuvo una transmisividad 19,47 m<sup>2</sup>/día que es un valor de transmisividad clasificado como “baja”, esto puede ser debido a la gran cantidad de material de baja permeabilidad pues posee una litología de arena, grava y arcillas, además con un coeficiente de almacenamiento de 1,55E-14 clasificando al acuífero como un acuífero confinado.

Del mismo modo **Cordero y Jiménez (2017)** efectuaron el trabajo de grado nombrado “Análisis de los parámetros hidráulicos del acuífero del Municipio San Diego del Estado Carabobo. Durante 2017. Caso: Sector Norte. Del mismo modo se ubicaron dos pozos uno de bombeo y uno de observación, de los cuales se obtuvieron las coordenadas UTM por medio del software Google Heart, como propósito fundamental de determinar específicamente la transmisividad y coeficiente de almacenamiento que para ello se realizó una prueba de caudal variable donde se adquirieron datos necesarios para la estimación de dichos parámetros a través del método de Theis, cabe destacar que con los valores de transmisividad y coeficiente de almacenamiento obtenidos se puede aseverar que se está en presencia de un acuífero confinado. En la prueba de nivel dinámico no se evidencio una disminución considerable si no algunos centímetros a lo largo de todo el estudio que se le hizo al pozo, por lo cual se puede concluir que este pozo no está siendo sobreexplotado ni se ve afectado por el consumo de agua que realiza la Urbanización Los Colores. Las mediciones de nivel estático en el pozo se realizaron durante aproximadamente dos meses con el fin de describir las variaciones de los niveles que experimenta el acuífero en un periodo de tiempo determinado. La investigación está enfocada en reflejar y actualizar datos importantes sobre el comportamiento del acuífero en el sector de la Zona Norte, facilitando así la planificación de proyectos que beneficien el abastecimiento de agua en la zona y un debido aprovechamiento de este recurso. Y de esta forma se siga realizando todo este seguimiento a cada uno de los pozos del Municipio san diego, para así garantizar que el agua consumida por la población este apta para dicho consumo, esto para el caso de los pozos de uso habitacional.

## MARCO REFERENCIAL

El municipio San Diego se encuentra ubicado en el Estado Carabobo, en la región central de Venezuela, según censo poblacional 2011 (INE, 2011) 93.257 con una superficie de 106  $Km^2$ , conforma parte del Área Metropolitana de Valencia, junto con otros 4 municipios más.

El Municipio delimita:

- Norte: Puerto Cabello.
- Sur: Valencia y Los Guayos.
- Este: Guacara.
- Oeste: Valencia.



Ilustración 1: División político-territorial del Estado Carabobo. Fuente: Instituto Nacional de Estadística, 2014

La Sala técnica del consejo local de planificación divide el municipio en 8 sectores.

- NORTE A: La Josefina I, La Josefina II, Casco Histórico de San Diego, Las Mercedes, Cumaquita, Sancho, Lambedero, Cumaca, Valles del Norte, Villas de Alcalá, Sabana del Medio, Los Tamarindos, San Francisco de Cupira, La Lopera, Mini Granjas San Diego, Mini Granjas Colonial, El Polvero, Parcelamiento Higuero, Villa del Rey, Asoprobivisan, la Leonera, El Otro Lado, Las Morochas I, II, III, IV, Valle Fresco Norte, La Ponderosa, El Manantial, Santa Eduvigis, Montecarmelo, Los Pinos, Pueblo Nuevo, Guarda Tinaja, Villa Jardín, Trigal San Diego, Villa del valle 2000, Villas del valle 2001, Villas del Valle 2002, Rivera Country, Parque Campestre La Cumaca, Fundo el Carmen, Terrazas de San Diego Country, Cariagua, Paraíso San Diego, Villa la Ponderosa, Paula Berbesia, San Rafael, Conjunto Residencial Los Tamarindos, Los Bachilleres, Villas de Campo, Villa del Sol, El Refugio, Valle del Nogal, Tiranitas, Trinas, Tiziana Villa, Valle Real, Villa Ixora, Las Trinitarias, El Origen, Manantial, Villas de San Diego Country.
- NORTE B: Villa Bahía, Las Caobas, Ciudad Montemayor, Los Faroles, Montaserino 12, Santa Marta, Divino Niño, Montaserino, Bosqueserino, Parqueserino, Villaserino, Villa Maporal, Aves de Paraíso, Villas Monterrey, Las Majaguas, Los Colores, Las Aves.
- NORTE C: El Remanso, Residencia Los Tulipanes, Parcelamiento San Antonio, Valparaíso, Los Frailes, Villaserino country Park, Brisas de San Diego, Lomas de la Hacienda, Senderos de San Diego.
- CENTRO A: Urb. Morro II, Pozo Esmeralda, Colinas de San Diego, Colinas de San Diego II, Terrazas de San Diego, La Esmeralda, Lomas de la Esmeralda, Altos de la Esmeralda.

- CENTRO B: Urb. Morro I, Las Gaviotas, Residencia Los Andes I y II, Villas de San Nicolás, Valle Verde, Yuma I y II.
- CENTRO C: Poblado San Diego, Valle de Oro, Yuma 26, Hacienda la Caracara, Villas la caracara, La cruz de San Diego, Conjunto Residencial San diego Plaza, Residencia Los Anaucos, Terranostra, Residencia Orión, Aceprovica, El Parque, Chalets Country, San sur. SUR: Campo Solo, Condominios Villa Laguna, Paraíso Altamira, Arales, Fundación Los Cedros, Primero Mayo, Los Próceres, Colinas de San Diego, Asentamiento Campesino Santa Ana, Ciudadela Enrique Bernardo Núñez, Ciudadela Valencey, Urb. Emanuel, Altos de Paraíso, Los Harales, Colinas de los Arales, Los Magallanes, Complejo los Jarales, Paso Real, Laguna Club Residencial.
- ZONA INDUSTRIAL: Urb. Industrial Castillito, Urb. Industrial Terrazas de Castillito, Urb. Industrial San Diego, Urb. Industrial Castillete, Mozanga, Fundo la Unión, Terminal de Pasajeros Big Low Center.

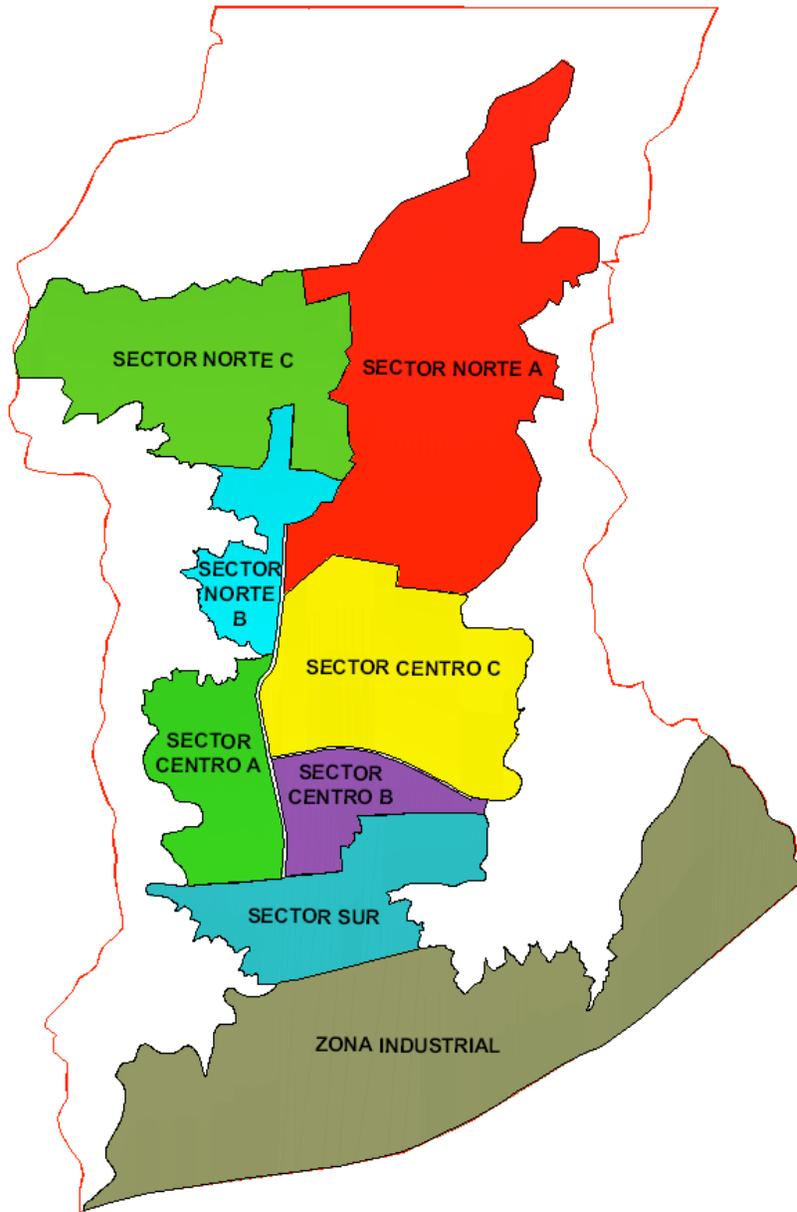


Ilustración 2: Sectorización del municipio.  
Fuente: Alcaldía del Municipio San Diego

## Base Teórica

**Agua Subterránea:** Es aquella parte del agua existente bajo la superficie terrestre que puede ser colectada mediante perforaciones, túneles o galerías de drenaje o la que fluye naturalmente hacia la superficie a través de manantiales o filtraciones a los cursos fluviales. El agua subterránea se sitúa por debajo del nivel freático y está saturando completamente los poros o fisuras del terreno y fluye a la superficie de forma natural a través de vertientes o manantiales o cauces fluviales. Su movimiento en los acuíferos es desde zonas de recarga a zonas de descarga, con velocidades que van desde metro/año a cientos de m/día, con tiempos de residencia largos resultando grandes volúmenes de almacenamiento, aspectos característicos del agua subterránea.

Ilustración 3: Agua Subterránea, zona saturada y zona no saturada. Fuente: Ordoñez, 2012

**Acuíferos:** Un acuífero es un volumen subterráneo de roca y arena que contiene agua. Collazo y Montaña (2012) denomina acuífero a toda formación geológica capaz de almacenar y transmitir el agua subterránea a través de ella, pudiendo extraerse en cantidades significativas mediante obras de captación como los pozos. No todas las formaciones geológicas tienen la

capacidad de almacenar y transmitir agua, encontrándose formaciones que pudiendo contener agua no la transmiten en condiciones naturales y por lo tanto no es posible extraerla, son los llamados acuicludos, como por ejemplo las arcillas, otras formaciones no son capaces de almacenar ni transmitir el agua subterránea, son impermeables y a éstas se las llama acuífugos (ej. Granitos) y por último encontramos los acuitardos (ej. limos, limos arenosos), que son formaciones semipermeables, que transmiten el agua muy lentamente y que resulta muy difícil su extracción mediante obras de captación, pero que son importantes para la recarga de acuíferos subyacentes, debido a la posible filtración vertical o drenaje.

**Clasificación:** Según Ordoñez (2011) clasifica a los acuíferos en:

- **Acuíferos libres:** aquellos en los que el nivel de agua se encuentra por debajo del techo de la formación permeable. Liberan agua por desaturación, es decir, el agua que ceden es la procedente del drenaje de sus poros.
- **Acuíferos confinados:** Son aquellos cubiertos por una capa impermeable confinante. El nivel de agua en los acuíferos cautivos está por encima del techo de la formación acuífera. El agua que ceden procede de la expansión del agua y de la descompresión de la estructura permeable vertical, cuando se produce la depresión en el acuífero. También se les denomina acuíferos cautivos.
- **Acuíferos semiconfinados:** Se pueden considerar un caso particular de los acuíferos cautivos, en los que muro, techo o ambos no son totalmente impermeables, sino que permiten una circulación vertical del agua.

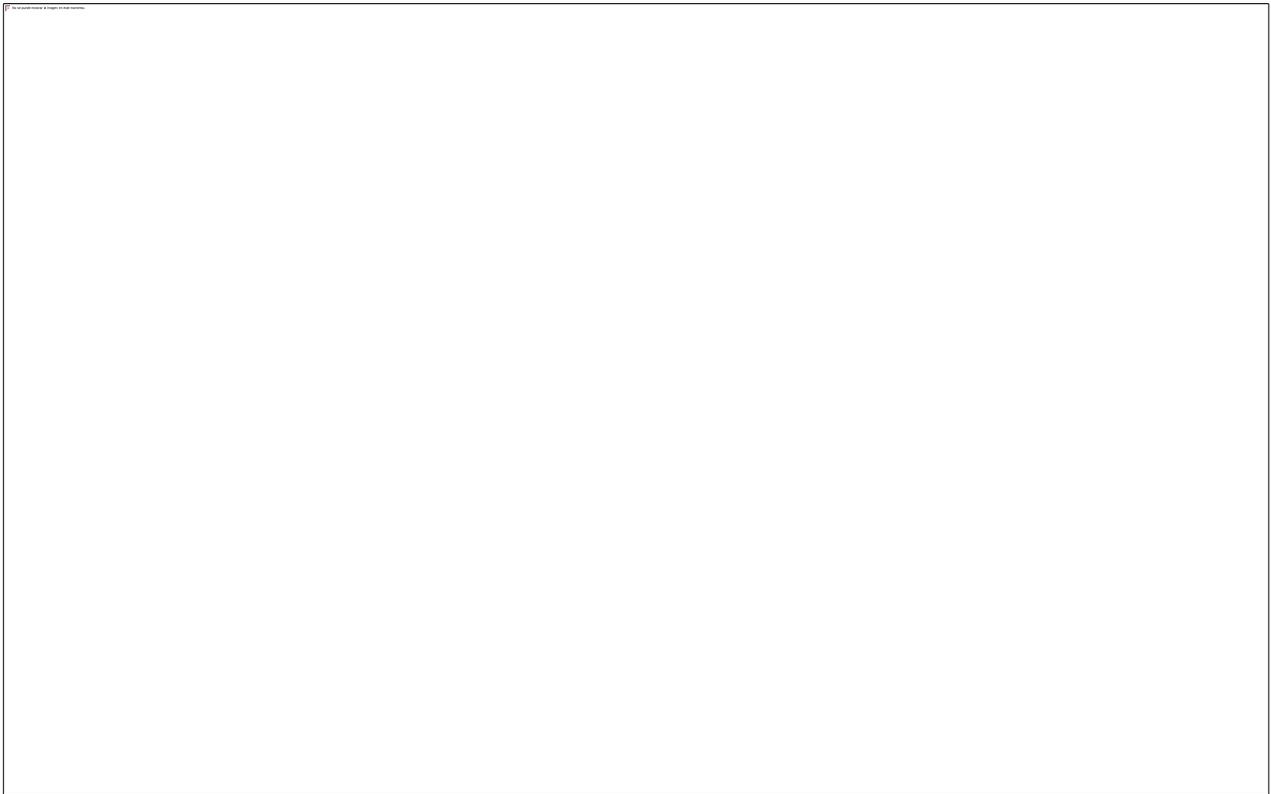


Ilustración 5: Tipos de Acuíferos. Fuente: Collazo y Montaña, 2012

**Propiedades Físicas de los Acuíferos:** según el Collazo y Montaña (2012), las propiedades de los acuíferos, son imprescindibles para conocer la capacidad de almacenar y transmitir agua, y así poder establecer un modelo real de comportamiento del agua subterránea. Aquí se mencionarán la porosidad, la transmisividad, la permeabilidad, y el coeficiente de almacenamiento.

- **Porosidad:** es la relación entre el volumen de vacíos y el volumen total de la roca o suelo. esto es si la porosidad es del 50 % significa que la mitad de la roca está constituida por poros y la otra mitad por partículas sólidas.
- **Permeabilidad o Conductividad hidráulica (K):** Se refiere a la facilidad que tiene un acuífero en dejar pasar el agua a su través. Depende de las características del medio (porosidad, tamaño, forma y arreglo de las partículas, compactación) y del fluido

(viscosidad). 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.

Unidades: m/día

Tabla 1: Valores de permeabilidad en diferentes terrenos naturales. Fuente: Benitez 1972 en Custodio & Llamas, 1983.

Valores de permeabilidad en diferentes terrenos naturales	
Grava limpia	1000
Arena gruesa limpia	1000 a 10
Arena fina	5 a 1
Arena limosa	2 a 0,1
Limo	0,5 a 0,001
Arcilla	menor a 0,001

- **La transmisividad:** Es una medida de la capacidad de un acuífero para conducir agua o transmitir agua, definiéndose como el volumen de agua que pasa por unidad de tiempo, a través de una franja vertical de acuífero de ancho unitario, extendida en todo el espesor saturado, cuando el gradiente hidráulico es unitario y a una temperatura de 15°C (Arocha 1980). La transmisividad es el producto de la conductividad hidráulica y el espesor saturado del acuífero. La transmisividad de un acuífero es un concepto que asume que flujo a través de él es horizontal. En algunos casos este supuesto es válido, pero en otros no.

También nos indica la posibilidad que ofrece un acuífero de cara a su explotación (Ordoñez, 2011). Su determinación, a veces puede hallarse mediante prueba de bombeo; así como también, deducirla conociendo los valores de espesor saturado y la conductividad hidráulica.

Según Iglesias (2002) acuíferos pobres o poco productivos podrían considerarse a aquellos que tienen trasmisividades por debajo de 10 m<sup>2</sup>/día. Trasmisividades de 100 o más indicarán acuíferos muy productivos. No obstante, estas apreciaciones son muy relativas y no tienen más validez que la de mera comparación.

T (m <sup>2</sup> /día)	Calificación	Posibilidades del acuífero
T < 10	Muy baja	Menos de 1 l/s con 10 metros de depresión
10 < T < 100	Baja	Entre 1 y 10 l/s con 10 metros de depresión
100 < T < 500	Media a alta	Entre 10 y 50 l/s con 10 metros de depresión
500 < T < 1000	Alta	Entre 50 y 100 l/s con 10 metros de depresión
T < 1000	Muy alta	Más de 100 l/s con 10 metros de depresión

Tabla 2: Pozos y acuíferos. IGME (1984)

- **Coefficiente de Almacenamiento:** Es adimensional. Se refiere al volumen que es capaz de liberar el acuífero al descender en una unidad el nivel piezométrico. Se define como el volumen de agua que puede ser liberado por un prisma vertical del acuífero, de sección igual a la unidad y altura la del espesor saturado, si se produce un descenso unidad del nivel piezométrico. En acuíferos confinados los valores típicos se encuentran entre 0.00005 y 0.005, mucho menores que la porosidad eficaz de un acuífero libre (Ordoñez, 2011). Esto se debe a que en un acuífero confinado el agua no es liberada por el drenaje de los intersticios sino por la compresión del acuífero, en

particular de las capas de arcillas y limos intercaladas, (por eso también denominado coeficiente de almacenamiento elástico), y todo el material acuífero permanece saturado.

Ilustración 5: Coeficiente de almacenamiento de un acuífero libre y uno confinado. Fuente: Conceptos fundamentales de Hidrología, Javier Sánchez.

- **Prueba de Bombeo:** las pruebas de bombeo permiten determinar las características hidráulicas de los acuíferos. Este tipo de pruebas estudian al acuífero mismo y al pozo, más no a la bomba, son llamadas también pruebas de acuífero. Cuando se planifican y llevan a cabo correctamente estas pruebas pueden proporcionar información básica

para la solución de problemas locales y aún regionales sobre el flujo del agua subterránea. (Comisión Nacional del Agua, 2007).

- **Metodología para la ejecución de una prueba de bombeo:** La metodología para realizar una prueba de bombeo consiste en bombear un pozo que esté perforado en el acuífero que se desea estudiar, durante un cierto tiempo, a un determinado caudal y medir la evolución del nivel piezométrico debida al bombeo, tanto en el mismo pozo de bombeo como en piezómetros y pozos cercanos (pozos de observación). A partir del Comportamiento de los abatimientos de los niveles, la distancia entre los pozos de observación y el pozo bombeado y el caudal de bombeo, se puede obtener información sobre las características del acuífero, como son: su conductividad hidráulica, coeficiente de almacenamiento, existencia de barreras impermeables cercanas, así como de recarga y definir y confirmar el tipo de respuesta hidráulica del, acuífero. El procedimiento para realizar un aforo es más sencillo, ya que no se requiere de pozos de observación únicamente se mide el caudal de descarga y el abatimiento del nivel del agua dentro del pozo. Las pruebas de aforo suministran información sobre la calidad de construcción y desarrollo del pozo, pérdidas de carga a la entrada del agua al pozo, caudal de bombeo.

## **CAPITULO III**

### **Tipo de Investigación**

Esta investigación se realiza como descriptiva, donde Fideas Arias (2012) la define como aquella que consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. A su vez, se clasifica en estudios de medición de variables independientes puesto que miden de forma independiente las variables y aun cuando no se formulen hipótesis, tales variables aparecen enunciadas en los objetivos de investigación. (Arias, 2006).

### **Diseño de la Investigación**

Para lograr obtener los parámetros hidráulicos de los pozos en estudio del municipio San Diego se empleó una investigación de campo en donde la recolección de datos proviene directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información pero no altera las condiciones existentes. De allí su carácter de investigación no experimental. (Fideas Arias, 2012).

En esta investigación se efectúan una serie de mediciones sucesivas, realizadas en los mismos pozos y en intervalos de tiempo regulares, para observar las variaciones que se producen en los resultados a través del tiempo.

### **Población**

La población o universo se refiere al conjunto para el cual serán válidas las conclusiones que se obtengan: a los elementos o unidades (personas, instituciones o cosas) involucradas en la investigación. (Morles, 1994). En este caso la población son los pozos del acuífero del Municipio San Diego.

## **Muestra**

La muestra es un subconjunto representativo de un universo o población (Morles, 1994). En este caso se usó un muestreo no probabilístico debido a que en el procedimiento de selección se desconoce la probabilidad que tienen los elementos de la población para integrar la muestra, esta a su vez se sub divide en muestreo intencional u opinático dado que se define como la selección de los elementos con base en criterios o juicios del investigador (Fidias Arias, 2012).

De la población se tomaron dos pozos, el pozo ubicado en el “Parque Metropolitano” de la urbanización Valle Verde y el pozo del colegio “Clorinda Azcunez” ubicado en la urbanización La Esmeralda, considerando que contaban con las características adecuadas para realizar esta investigación, como son que se encontraran operativos, a una distancia cercana, que fuera posible realizar las medidas de nivel con la sonda ya descrita y contara con las instalaciones necesarias para realizar el aforo del mismo.

## **Técnicas de Recolección de Datos**

Fidias Arias (2012) describe a las técnicas de recolección de datos como las distintas formas o maneras de obtener la información. Son ejemplos de técnicas; la observación directa, la encuesta en sus dos modalidades (entrevista o cuestionario), el análisis documental, análisis de contenido, entre otros; las técnicas son particulares y específicas de una disciplina, por lo que sirven de complemento al método científico, el cual posee una aplicabilidad general.

Ahora bien, la aplicación de una técnica conduce a la obtención de información, con el fin de ser guardada en un medio material de manera que los datos puedan ser recuperados, procesados, analizados e interpretados posteriormente. A dicho soporte se le denomina instrumento. Un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información (Fidias Arias, 2012).

Para fines de esta investigación se usaron los siguientes instrumentos:

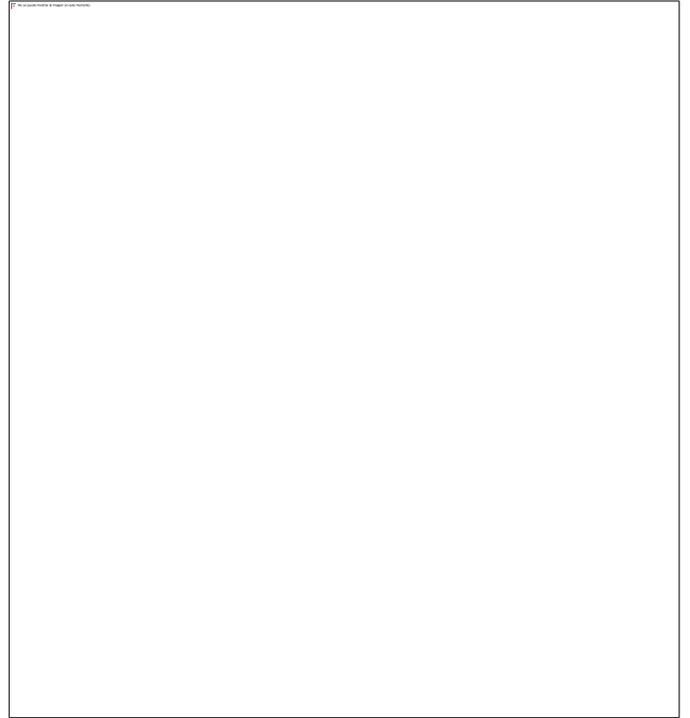
1. Sonda de nivel: Los instrumentos más usados para medir el nivel del agua son las sondas eléctricas, formadas por dos conductores, que al hacer contacto con el agua cierran el circuito y hacen que se accione un amperímetro, luz, alarma y/o combinación de ellos. Las características principales que deben cumplir las sondas son las siguientes:
  - El cable de la sonda debe estar graduado en toda su longitud, con marcas con la numeración correspondiente.
  - La longitud total de la sonda debe ser mayor que la profundidad del nivel dinámico máximo.
  - El cable de la sonda debe ser inextensible, ya que a grandes profundidades pueden producirse alargamiento por efecto de esfuerzos de tensión. De no contarse con este tipo de sonda se verificará antes y después de la prueba la longitud de la misma.

Para la ejecución de proyecto se cuenta con una sonda eléctrica proporcionada por el laboratorio de Hidráulica de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Carabobo.

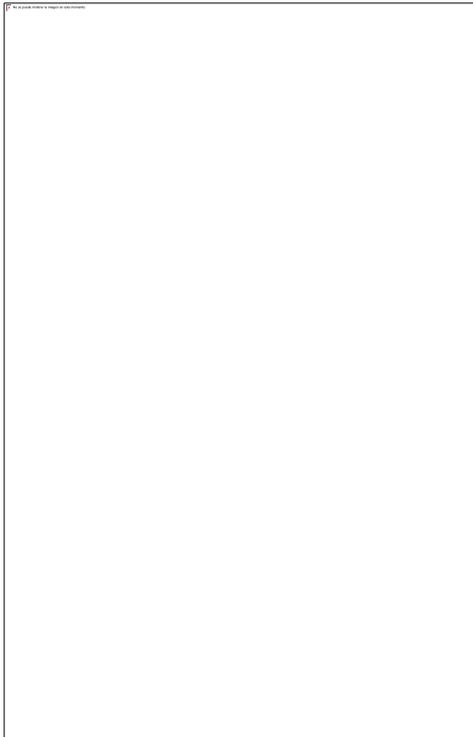
2. Tobo de 18 litros: Envase de plástico de volumen constante este permite medir volumen al momento de realizar el aforo en el pozo.
3. Llaves: estas se usaron para la manipulación de las válvulas en el pozo.
4. Cronometro: se usó para tomar el tiempo en segundos que tardaba el tobo en llenarse durante el aforo del pozo, y tiempos entre estos.
5. Envase de plástico: envase hermético esterilizado, necesario para la toma de la muestra ya que la mantiene aislada.



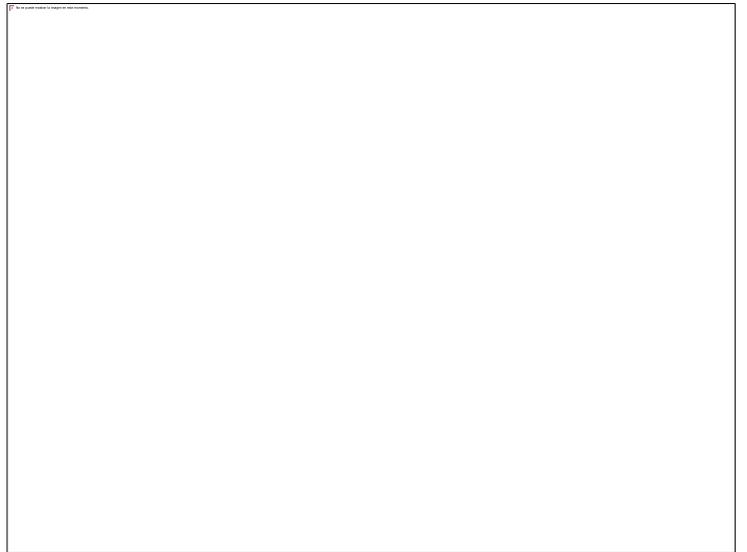
**Ilustración 6: Tobo de 18 litros. Fuente: Los autores.**



**Ilustración 7: Sonda marca PLM. Fuente: Los autores**



**Ilustración 9: Cronometro. Fuente: Los autores.**



**Ilustración 8: Llaves. Fuente: Los autores.**

Ilustración 10: Envases de plástico. Fuente: Los autores.

## Fases de la Investigación

### **Fase I: Identificar los pozos del Municipio San Diego del Estado Carabobo y distancia entre ellos.**

Para esto se coordinó una reunión con el ingeniero Víctor Carrillo, donde se acordó una visita guiada con el técnico para ubicar los pozos a medir.

Para la selección del sitio se deben considerar los siguientes puntos:

- Las condiciones hidrológicas del sitio no deben cambiar en distancias cortas y deben ser representativas de la zona de estudio.
- El conjunto motor-bomba debe ser capaz de trabajar continuamente a caudal constante, durante la duración de la prueba.
- El pozo de bombeo y los de observación deben ser fácilmente sondables, esto es que la sonda a utilizar pueda pasar fácilmente por el orificio de medición y bajar sin problema, puesto que por esta misma tubería pasan los cables de alimentación de la bomba los cuales podrían obstruir la sonda.
- El caudal de descarga en el pozo de bombeo debe ser medible directamente, es decir, que cuente con las instalaciones y válvulas necesarias para realizar el aforo.
- El agua extraída no debe retornar al acuífero.
- El sitio donde se localiza el pozo debe ser de fácil acceso para el personal y el equipo.
- La bomba debe ser capaz de operar continuamente a una descarga constante. La capacidad de la bomba y la magnitud de la descarga, deberán ser lo suficientemente grandes para producir abatimientos medibles en el pozo de bombeo.

La visita se le realizó a la mayoría de los pozos que estuvieran operativos de la zona norte y centro del municipio San Diego, en estos se chequeaba los factores antes descritos. Los pozos seleccionados se encuentran bajo la administración de la Compañía Hidrológica del Centro HIDROCENTRO, por lo tanto nos facilitaba las visitas ya que solo se debía coordinar con el técnico el cual poseía las llaves de estos.

Luego de identificar los dos pozos, en sitio se procedió obtener las coordenadas geográficas por medio de GPS y la aplicación Google Maps corriendo en un teléfono inteligente:

1. Se abre la aplicación Google Maps, antes configurando el teléfono inteligente en modo de ubicación de alta precisión usando GPS y redes móviles para asegurarnos que nos dé una ubicación precisa, luego se guarda la ubicación arrojada por este, vale acotar que se tomó una captura satelital para verificar que las coordenadas coincidieran con el sitio; esto se realizó con los dos pozos.
2. Para poder calcular las distancias se deben pasar las coordenadas geográficas a coordenadas UTM, esto se realizó con ayuda de la aplicación CoordTransform, de descarga gratuita de Google Play Store, en esta se introducían las coordenadas geográficas y con pulsar un botón las convertía a coordenadas UTM con precisión de 4 decimales.
3. Con las coordenadas UTM se procedió a calcular la distancia entre los pozos mediante la fórmula de Pitágoras, puesto que esta será necesaria más adelante.

$$Distancia = \sqrt{(613937.2331 - 612912.3040)^2 + (1130621.1222 - 1131475.7585)^2}$$

$$Distancia = 1334.4972 \text{ metros}$$

Ilustración 12 Ubicación por GPS.  
Fuente: Google Maps.

Ilustración 11: Ubicación por GPS. Fuente: Google  
Maps. : Vista Satelital. Fuente: Google Maps

Ilustración 13: Transformación de  
coordenadas por medio de aplicación  
CoordTransform.

Tabla 3: Coordenadas UTM de los Pozos Fuente: Los autores

Pozo	Parque Metropolitano	Clorinda Azcunes
Coord. Geográficas	Lat.: 10.226388 Long: -67.959710	Lat.: 10.234097 Long: -67.969042
Coord. UTM	X:613937.2331 Y:1130621.1222	X: 612912.3040 Y:1131475.7585

Para evitar errores, se comprobó la distancia mediante la aplicación de Google Maps, esto se hizo de la siguiente manera, luego de abrir la aplicación y ubicar unos de los pozos, se toca su nombre en la parte inferior para luego hacer clic en “medir la distancia”. Se mueve el mapa de forma que el círculo negro, o punto de mira, esté en el otro punto que se quiere añadir, en la parte inferior derecha, se toca “añadir punto” después de esto se visualizara en la parte inferior, la distancia total en kilómetros (km). Como ambos métodos arrojaron valores aproximados se comprueba la veracidad de estos, sin embargo, se decide usar el valor arrojado por la fórmula de Pitágoras por ser más precisa.

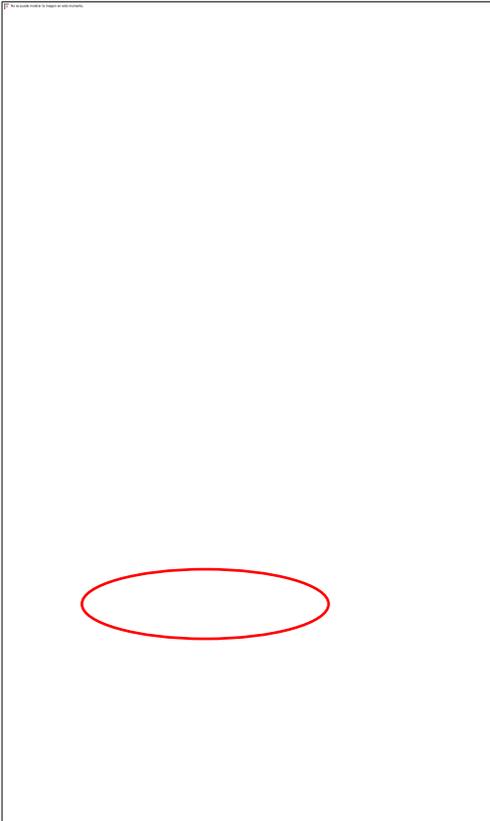


Ilustración 14: Ubicación del pozo del colegio Clorinda Azcunez. Fuente: Google Maps.

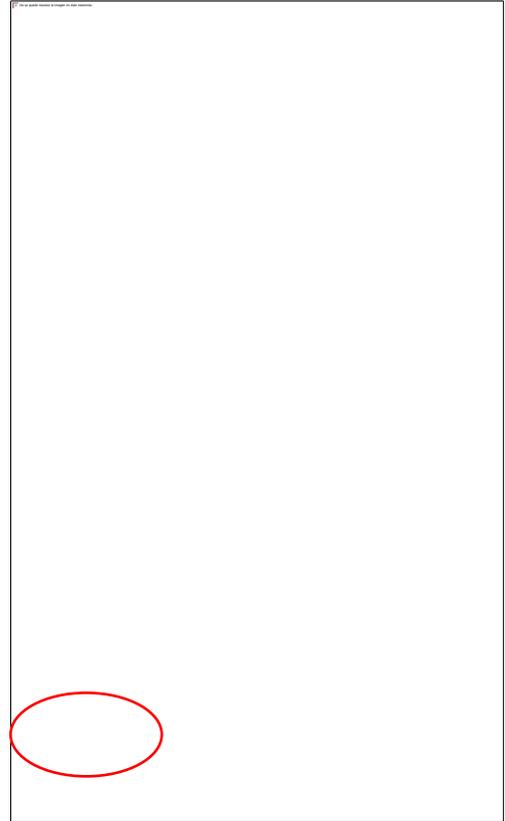


Ilustración 15: Medición de distancia entre los pozos. Fuente: Google Maps

## **Fase II: Toma de datos de caudal, nivel y muestreo de los pozos del Municipio San Diego del Estado Carabobo.**

El pozo del colegio “Clorinda Azcunez” al elegirse como pozo de bombeo se le tomo nivel estático, nivel dinámico, aforo y una muestra; el pozo del “Parque Metropolitano” se tomó como pozo de observación, por lo tanto, solo era necesario medirle el nivel estático, sin embargo, se tomaron los mismos datos que el pozo de bombeo, esto se hizo previendo si el pozo de bombeo salía de operatividad.

Se coordinaron 4 visitas a los pozos, tratando de medir ambos pozos el mismo día.

Tabla 4: Cronograma de Visita

Cronograma			
Clorinda Azcunez		Parque Metropolitano	
Medición	Fecha	Medición	Fecha
1	Viernes 09-03-18	1	Viernes 02-03-18
2	Lunes 09-04-18	2	Viernes 09-03-18
3	Martes 24-04-18	3	Lunes 09-04-18
4	Viernes 11-05-18	4	Martes 24-04-18
		5	Viernes 11-05-18

La parte más importante de una prueba de bombeo es medir el abatimiento de niveles piezométrico en los pozos de observación y en el de bombeo durante toda la prueba. Antes de iniciar el bombeo se comprueba el buen funcionamiento de la sonda y se asegura de que las pilas estén en buen estado; para evitar el desgaste inútil de éstas, se recomienda dejar fuera del agua el electrodo de la sonda entre los intervalos de medición. Es común, por el efecto de capilaridad, que se adhieran al electrodo algunas gotas de agua, cerrando el circuito antes de llegar al nivel dinámico; basta dar unas cuantas sacudidas a la sonda para que caiga el agua atrapada y se puedan realizar las medidas correctas.

Junto con la medición del abatimiento, la determinación del caudal es la parte más importante de una prueba de bombeo. Los métodos más comunes que se utilizan para evaluar los caudales son los siguientes:

- Volumétrico.
- La escuadra.
- Orificio calibrado.
- Vertedores.

El cálculo de caudal se realiza por el método volumétrico al ser el más práctico y sencillo, este consiste en medir el tiempo de llenado de un recipiente de capacidad conocida. El

recipiente debe ser de tal capacidad, que el tiempo de llenado sea de cuando menos 20 segundos, a fin de que el error que se cometa sea mínimo. En la práctica, este método puede ser usado si el caudal es bajo ( $<20 \text{ l / s}$ ) ya que caudales mayores se dificultan la realización del mismo. La principal ventaja de este método es que permite el cálculo instantáneo de caudales mediante la fórmula de continuidad.

Ilustración 16: Medición de nivel estático. Pozo parque Metropolitano. Fecha 24/04/18. Fuente: Los autores.

Ilustración 17: Toma de nivel estático, Pozo Metropolitano. Fecha 24/04/18. Fuente: Los autores.

Para la toma de nivel estático se procedió de la siguiente manera:

1. Luego de estar apagada la bomba al menos 12 horas, se introduce la sonda por el orificio de medición y se hace bajar esta por caída libre.
2. Cuando la sonda enciende la luz, es indicativo de que hizo contacto con el agua, se debe tomar lectura de la distancia, que muestra la cinta métrica, se acota que esta distancia se debe tomar a nivel del suelo para así mantener un punto de referencia uniforme.
3. En cuanto a la toma de nivel dinámico se procede la misma manera, con la única diferencia que la bomba debe estar en funcionamiento.



Ilustración 18: Toma de aforo, pozo colegio Clorinda Azcunez Fecha 24/04/18. Fuente: Los autores.

El aforo se realizó de la siguiente manera.

1. Se enciende la bomba, y se cierra la válvula de paso que distribuye a la comunidad, a su vez se abre la válvula de descarga, esto con el fin de evitar descompresión en el sistema.
2. La válvula de descarga se abre 100% contando la cantidad de vueltas empleadas.
3. Con la válvula al 100 % se llena el tobo de 18 litros tomando dato del tiempo empleado para ello.
4. Luego se toman otras mediciones de caudal, pero cerrando la válvula un 25% cada vez hasta que esta esté totalmente cerrada, se debe prever que entre cada medición esperar un tiempo entre 3 y 5 minutos para que el pozo se estabilice.
5. Al finalizar, se abre la válvula de distribución y se verifica que la válvula de descarga este totalmente cerrada sin ninguna fuga.

Ilustración 19: Apertura de válvula, pozo colegio Clorinda Azcunez. Fecha 24/04/18. Fuente: Los autores.

Durante estas visitas se tomó una muestra de agua de cada pozo, para enviarla al laboratorio de aguas, adscrito al minea. Esto se hizo abriendo un poco la válvula de descarga hasta que los envases estuvieran llenos.

Ilustración 20: Aforo, Pozo parque Metropolitano. Fecha 02/03/18. Fuente: Los autores.

Ilustración 21: Toma de muestra, pozo colegio “Clorinda Azcunez”. Fuente: Los autores.

Ilustración 22: Toma de muestra, pozo Parque Metropolitano.  
Fuente: Los autores.

### **Fase III: Estimar los parámetros hidráulicos de transmisividad y coeficiente de almacenamiento del acuífero del municipio San Diego del Estado Carabobo.**

Con los datos recaudados como caudal, nivel estático, nivel dinámico y la distancia entre estos, se procede a calcular los parámetros hidráulicos de transmisividad y coeficiente de almacenamiento.

1. La distancia a usar será la obtenida por la ecuación de Pitágoras, por ser más precisa.
2. Con los datos organizados, se calcula el coeficiente  $r^2/t$ , con el fin de realizar la gráfica de la función del pozo.
3. Con la gráfica de la función del pozo ya trazada, se superpone sobre la gráfica del método de Theis y se hace coincidir los puntos de las medidas de campo sobre la línea del gráfico patrón, conservando el eje X o Y de ambas gráficas, para así obtener el punto de ajuste W (u).
4. Para finalizar se calcula el coeficiente de almacenamiento S y transmisividad T, mediante las siguientes fórmulas.

De la ecuación de distancia

$$d = \frac{Q * W(u)}{4\pi T}$$

Se despeja la transmisividad T

$$T = \frac{Q * W(u)}{4\pi d}$$

Y de la siguiente ecuación

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

Se despeja el coeficiente de almacenamiento S

$$S = \frac{4Ttu}{r^2}$$

Consiguiendo así dichos valores.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSION

#### Identificación de los pozos de agua subterránea en la zona centro del municipio San Diego. Estado Carabobo.

De acuerdo a la información suministrada por el ente encargo de la distribución de agua en el estado, HIDROCENTRO, los pozos ubicados en la zona centro del municipio SAN DIEGO son los siguientes: Morro I, Morro II, Esmeralda I, Esmeralda II, Esmeralda III, Esmeralda IV, Esmeralda V, Yuma I, Los Bomberos, Metropolitano, Crispin, Valle de oro, Valle de oro II y Brisas del valle. De los cuales 9 pozos se encuentran en servicio y 5 fuera de servicio para un total de 14 pozos, entre la semana 21 a la semana 24 del año 2018.

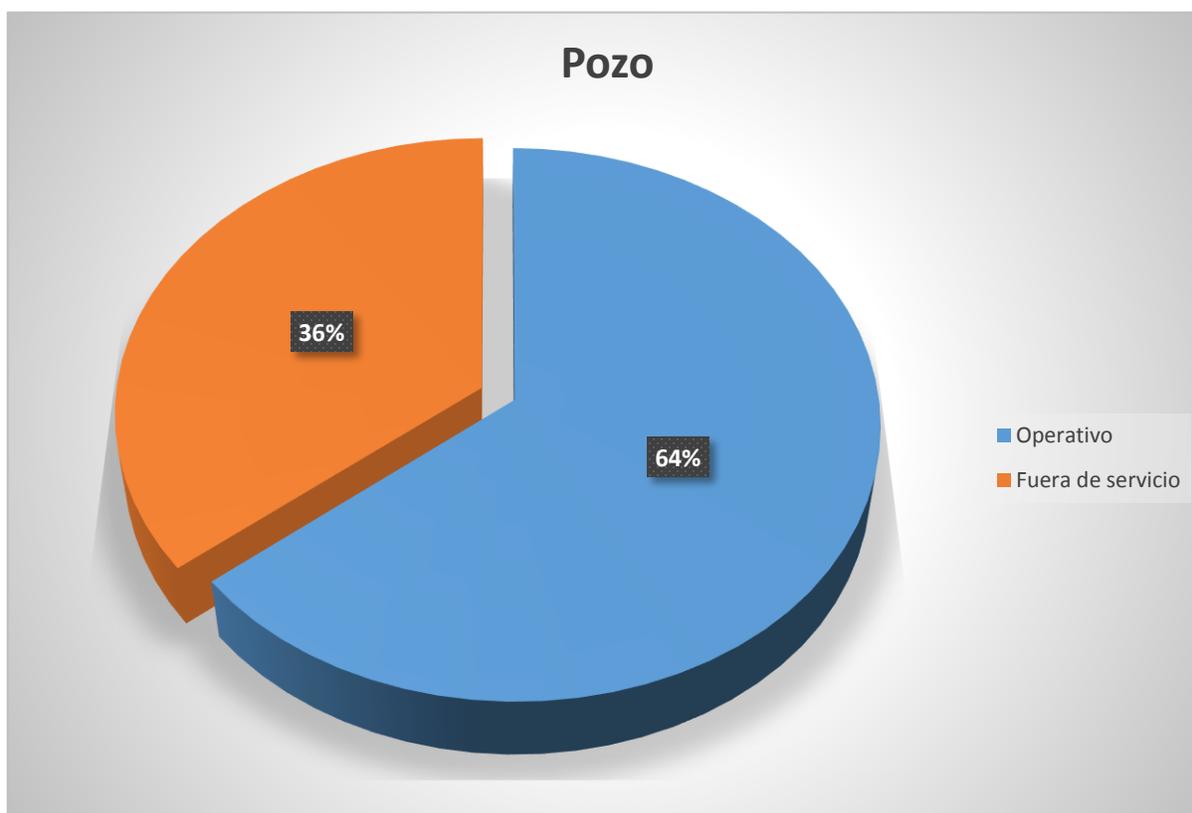


Ilustración 23: Comparación de porcentajes de operatividad de los pozos del sector centro del Municipio San Diego.

De estos pozos, los seleccionados son: Esmeralda IV (Clorinda Azcunez) como pozo de bombeo y Parque Metropolitano como pozo de observación, para realizarle los estudios antes mencionados.

Mediante el software Google Maps se ubican las coordenadas UTM:

1. Parque Metropolitano (613937.2331; 1130621.1222) Elevación 462msnm.
2. Clorinda Azcunez (612912.3040; 1131475.7585) Elevación 475msnm.

Todos los pozos se usan para uso de abastecimiento poblacional, a excepción del pozo ubicado cerca de los bomberos del municipio San Diego, que tiene un fin comercial, representando solo el 7 % de los pozos totales de la zona centro.

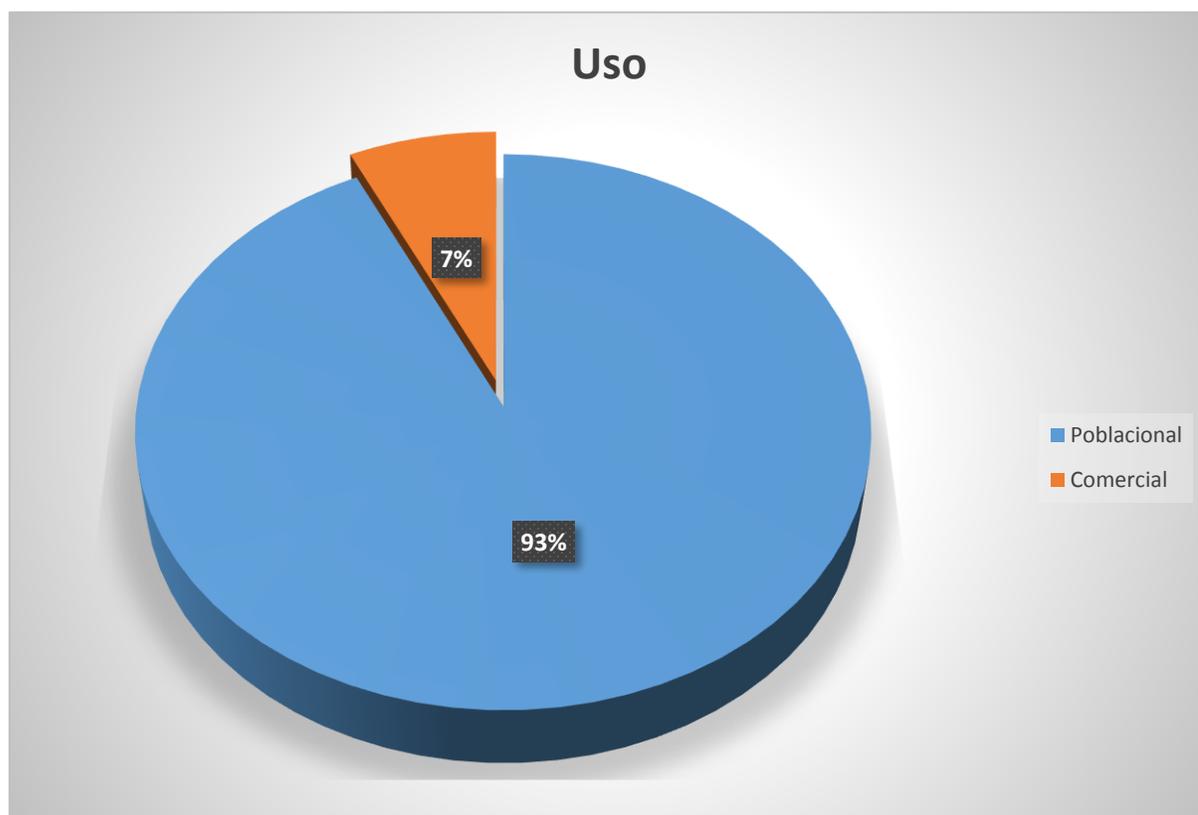


Ilustración 24: Comparación de porcentajes de operatividad de los pozos del sector centro del Municipio San Diego.

**Descripción los parámetros físico-químicos del agua proveniente del pozo en la zona norte del municipio San Diego. Estado Carabobo.**

A continuación se muestran los resultados de la muestra de agua del Colegio Clorinda Azcunez realizado por el Laboratorio Ambiental Aragua.

Tabla 5: Resultados del análisis del pozo de la Urb. La Esmeralda dentro de las instalaciones del Colegio Clorinda Azcundes realizado por el Laboratorio Ambiental Aragua.

Código	Parámetro	Unidad	Resultado	Agua Tipo I	Obs.
2510-B	Conductividad eléctrica	µs/cm	460	N.A.	
2340-C	Dureza total	mg/l CaCO <sub>3</sub>	254	500	Cumple
3500-D	Dureza cálcica	mg/l CaCO <sub>3</sub>	119	N.A.	
3500-Mg-E	Dureza magnésica	mg/l CaCO <sub>3</sub>	135	N.A.	
2320-B	Alcalinidad	mg/l CaCO <sub>3</sub>	220	N.A.	
4500HB	pH		7.47	6.0-8.5	Cumple
2540-C	Sólidos totales disueltos	mg/l	299	1500	Cumple
4500-B	Cloruro	mg/l	22	600	Cumple
4500-E	Sulfato	mg/l	25	400	Cumple
4500-C	Nitrito(N)	mg/l	<0.01	Suma nitrato y nitrito < 10	Cumple
4500-C	Nitrato(N)	mg/l	0.55		
3500-D	Calcio	mg/l	48	N.A.	
3500-E	Magnesio	mg/l	33	N.A.	
9221-B	Coliformes totales	NMP/100ml	4.6	< 2000	Cumple

Tabla 6: Resultados del análisis del pozo de la Urb. La Esmeralda dentro de las instalaciones del Parque Metropolitano realizado por el Laboratorio Ambiental Aragua

Código	Parámetro	Unidad	Resultado	Agua Tipo I	Obs.
2510-B	Conductividad eléctrica	µs/cm	308	N.A.	
2340-C	Dureza total	mg/l CaCO <sub>3</sub>	146	500	Cumple
3500-D	Dureza cálcica	mg/l CaCO <sub>3</sub>	70	N.A.	
3500-Mg-E	Dureza magnésica	mg/l CaCO <sub>3</sub>	76	N.A.	
2320-B	Alcalinidad	mg/l CaCO <sub>3</sub>	144	N.A.	
4500HB	pH		7.42	6.0-8.5	Cumple
2540-C	Sólidos totales disueltos	mg/l	200	1500	Cumple
4500-B	Cloruro	mg/l	19	600	Cumple
4500-E	Sulfato	mg/l	20	400	Cumple
4500-C	Nitrito(N)	mg/l	<0.01	Suma nitrato y nitrito < 10	Cumple
4500-C	Nitrato(N)	mg/l	0.7		
3500-D	Calcio	mg/l	28	N.A.	
3500-E	Magnesio	mg/l	18	N.A.	
9221-B	Coliformes totales	NMP/100ml	< 1.1	< 2000	Cumple

Tabla 7: Aguas Sub tipo A1, Límites y rangos. Fuente: Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia, Gaceta Oficial 5.305.

Parámetro	Limite o Rango Máximo
Oxígeno disuelto (O.D)	Mayor de 4.0 mg/l
pH	Mínimo 6.0 y máximo 8.5
Color real	Menor de 50, U Pt-Co
Turbiedad	Menor de 25, UNT
Fluoruros	Menor de 1.7 mg/l
Organismos Coliformes totales	Promedio mensual menor de 2000 NPM por cada 100 ml
Clorofila	12 ug/l
Transparencias de las aguas medida con el disco Secchi	Mínimo 2.0 m
Dureza, expresada como CaCO <sub>3</sub>	500 mg/l
Nitritos + Nitratos (N)	Máximo 10 mg/l
Solidos disueltos totales	Máximo 1500 mg/l
Sulfatos	Máximo 400 mg/l
Cloruros	600 mg/l

Tabla 8: Componentes relativos a la calidad organoléptica del agua potable. Fuente: Normas sanitarias de calidad del agua potable, Gaceta Oficial 36.395.

Componente	Unidad	Valor deseable menor a	Valor Máximo Aceptable
Color	UCV	5	15 (25)
Turbiedad	UNT	1	5 (10)
Olor o sabor		Aceptable para la mayoría de los consumidores	
Sólidos disueltos totales	mg/l	600	1000
Dureza total	mg/l CaCO <sub>3</sub>	250	500
pH		6.5-8.5	9
Aluminio	mg/l	0.1	0.2
Cloruro	mg/l	250	300
Cobre	mg/l	1	-2
Hierro total	mg/l	0.1	0.3 (1.0)
Manganeso total	mg/l	0.1	0.5
Sodio	mg/l	200	200
Sulfato	mg/l	250	500
Cinc	mg/l	3	5

Los valores entre paréntesis son aceptados provisionalmente en casos excepcionales plenamente justificados ante la autoridad sanitaria.

UCV: unidades de color verdadero.

UNT: unidades nefelométricas de turbiedad.

Tabla 9: Clasificación de las aguas según su dureza. Fuente: Norma de Calidad de aguas naturales, industriales y residuales, COVENIN 2771-91.

Tipo de Agua	mg/l de dureza
Suave	0-75
Moderadamente dura	75-150
Dura	150-300
Muy dura	300

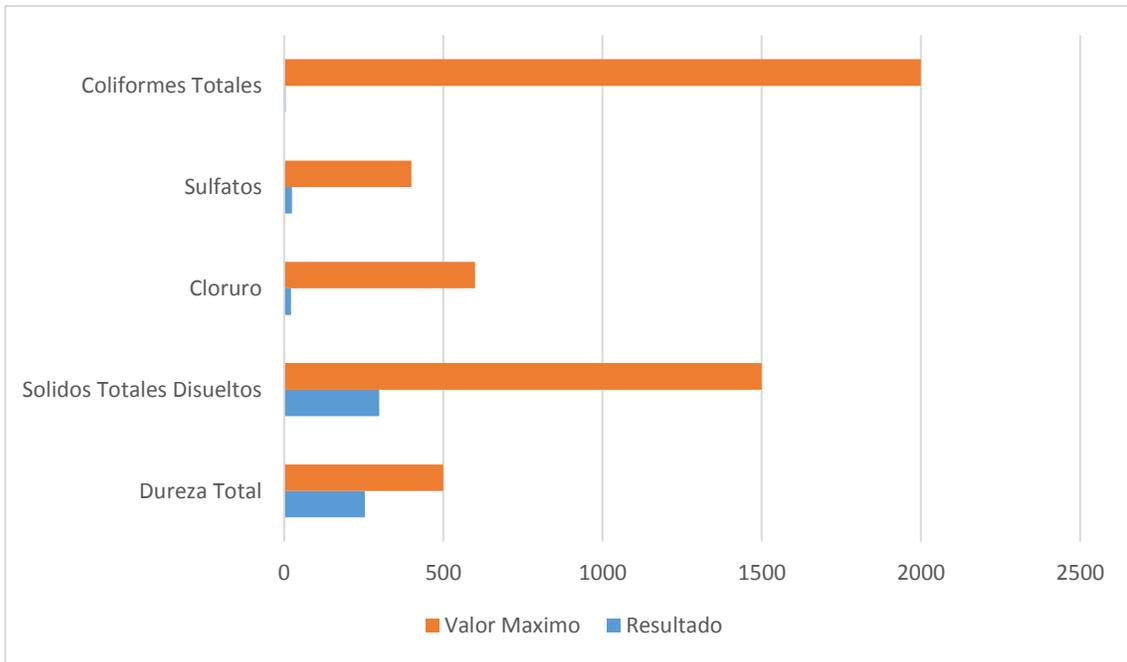


Ilustración 25: Comparación de resultados de laboratorio del pozo del Colegio Clorinda Azcunes con Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia.

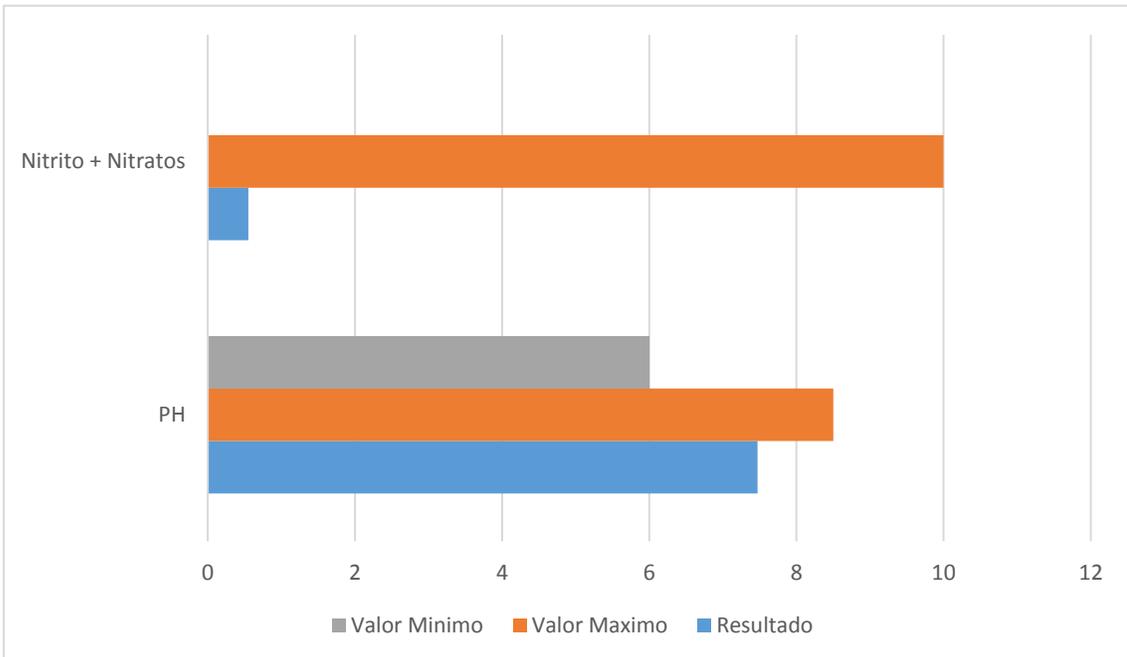


Ilustración 26: Comparación de resultados de laboratorio del pozo del Colegio Clorinda Azcunes con Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia.

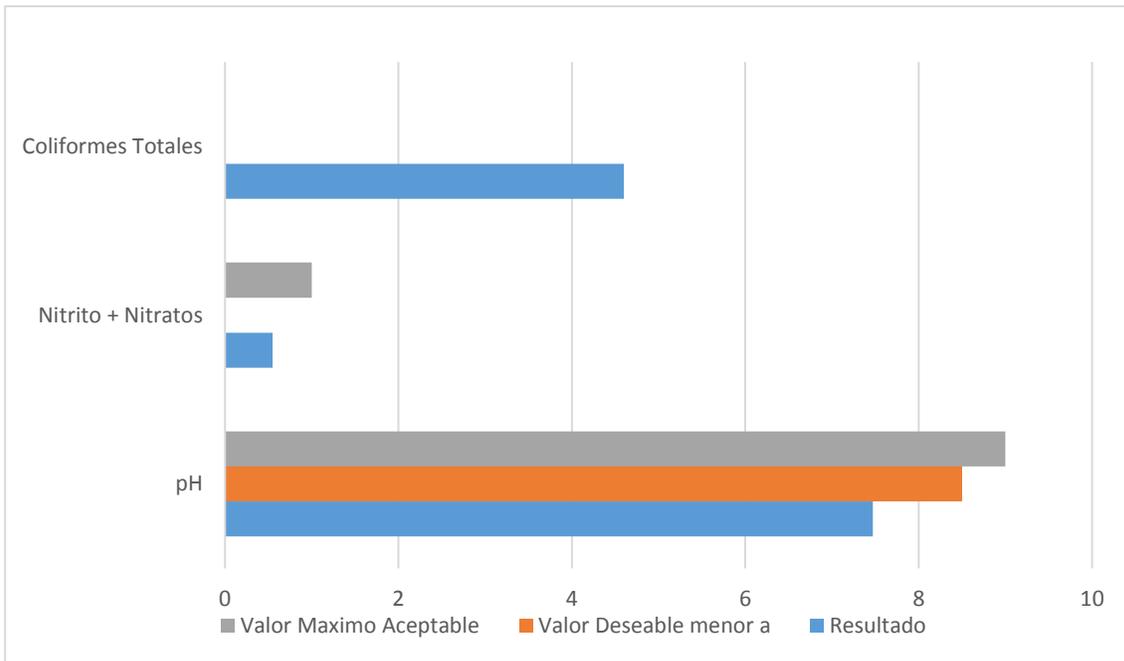


Ilustración 27: Comparación de resultados de laboratorio del pozo del Colegio Clorinda Azcunes con las Normas sanitarias de calidad del agua potable.

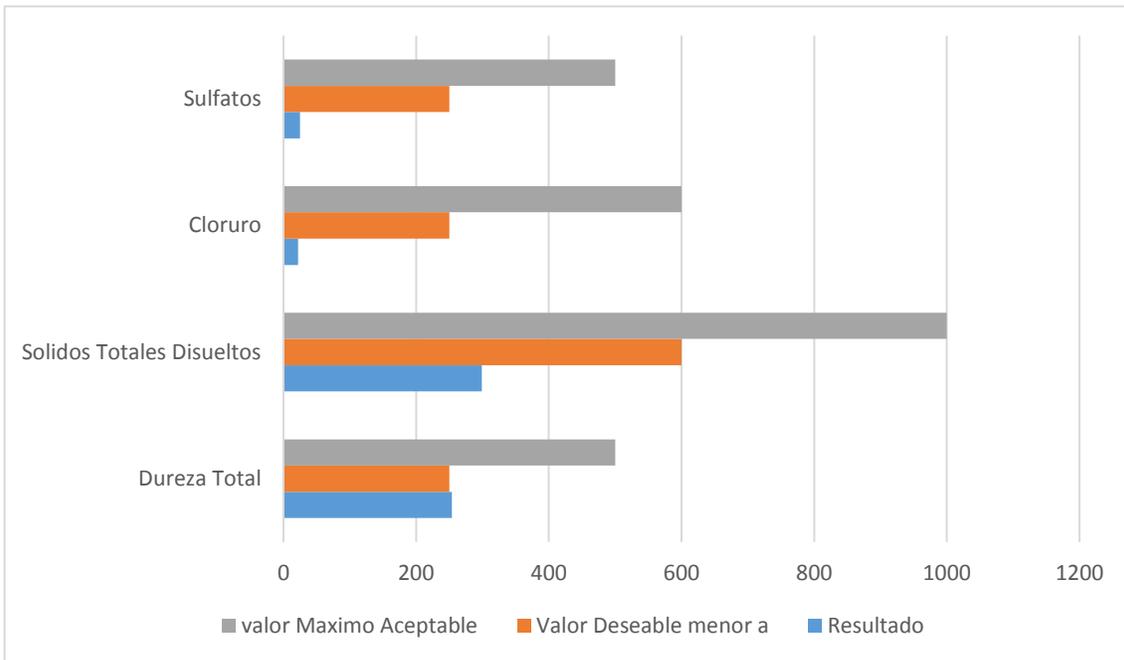


Ilustración 28: Comparación de resultados de laboratorio del pozo del Colegio Clorinda Azcunes con las Normas sanitarias de calidad del agua potable.

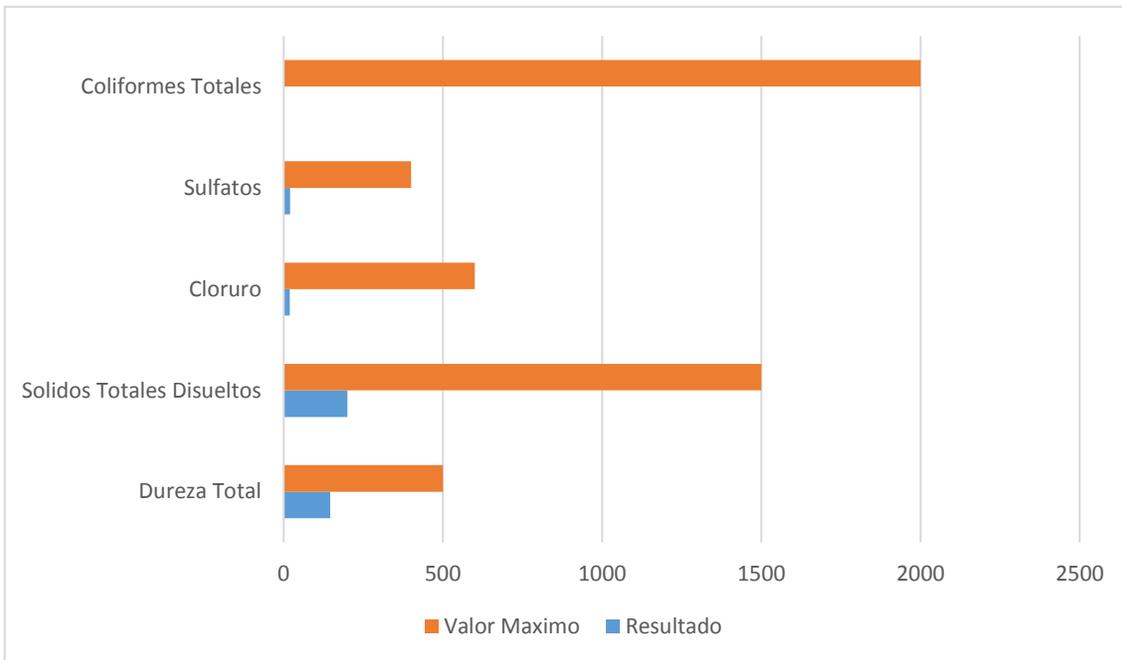


Ilustración 29: Comparación de resultados de laboratorio del pozo del Parque Metropolitano con Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia.

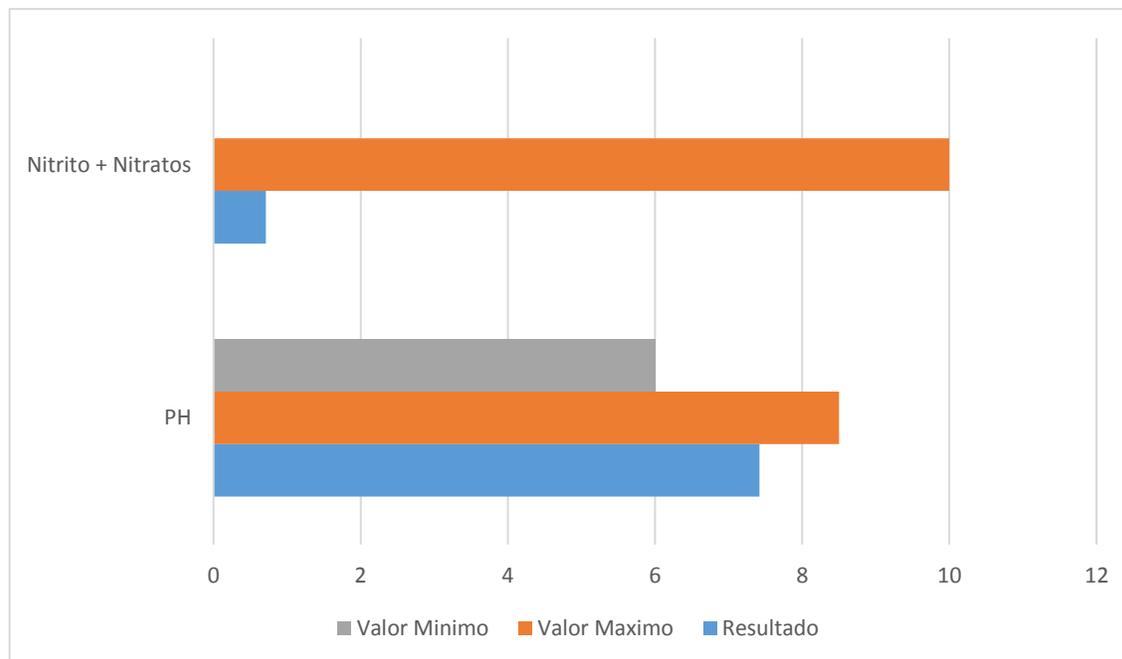


Ilustración 30: Comparación de resultados de laboratorio del pozo del Parque Metropolitano con Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia.

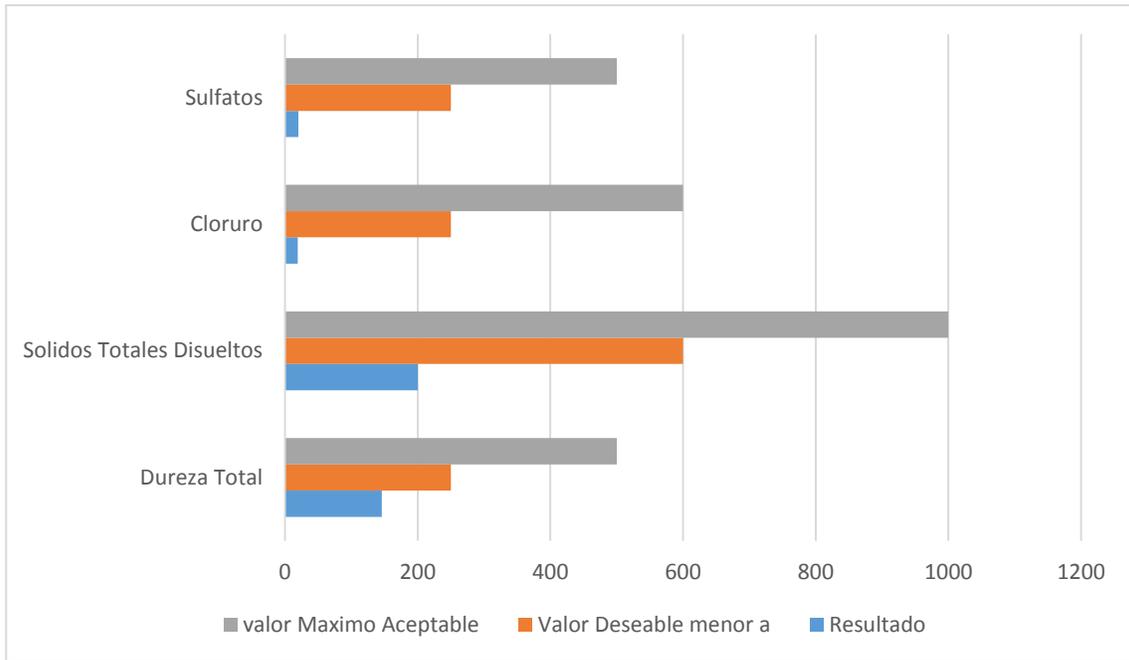


Ilustración 31: Comparación de resultados de laboratorio del pozo del Parque Metropolitano con las Normas sanitarias de calidad del agua potable.

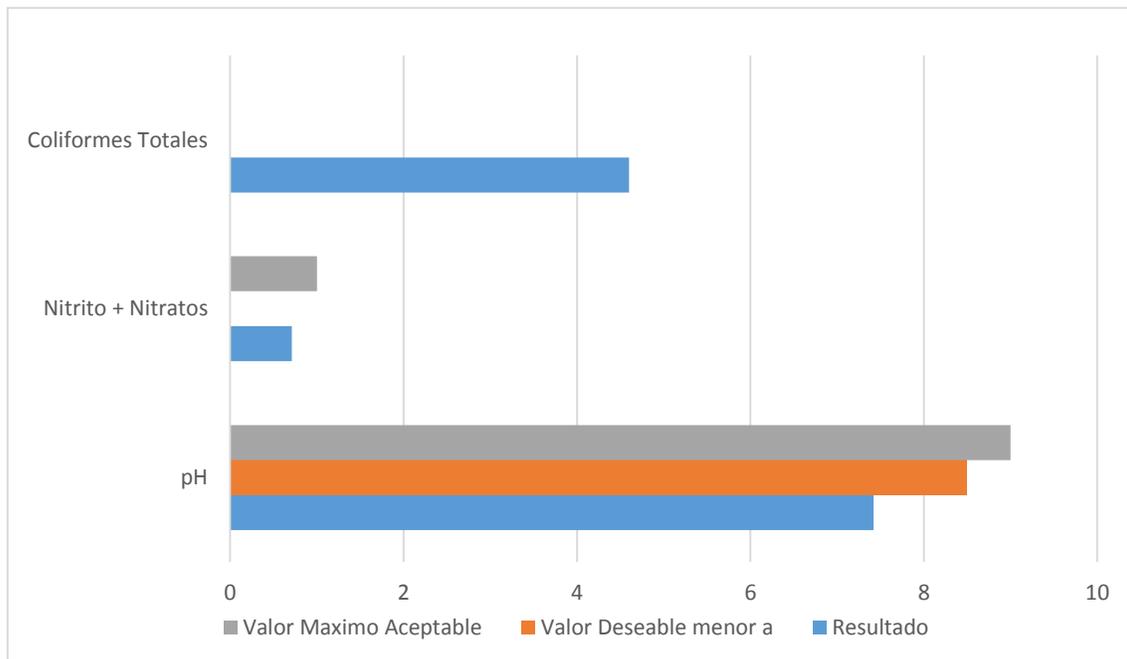


Ilustración 32: Comparación de resultados de laboratorio del pozo del Colegio Clorinda Azcunes con las Normas sanitarias de calidad del agua potable.

De la comparación de los valores dados por el laboratorio con los establecidos por la norma se puede evidenciar lo siguiente:

- Los coliformes totales de ambos pozos están muy por debajo del límite establecido por la Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia, pero supera el límite de cero establecido por la Normas sanitarias de calidad del agua potable, Gaceta Oficial 36.395 por lo que se debe llevar a este valor mediante la desinfección.
- La suma de nitritos y nitratos se encuentran por debajo del límite establecido por ambas normas.
- El valor de pH de 7.47 y 7.42 se encuentra dentro del rango por lo que las aguas del pozo Clorinda Azcunez y Parque Metropolitano cumplen con este requerimiento.
- Los sulfatos, cloruros y solidos disueltos totales están dentro del valor máximo establecido por la norma Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia y por debajo del valor máximo deseable de la Norma sanitaria de calidad del agua potable.
- La dureza total del pozo del Colegio Clorinda Azcunez supera el valor máximo deseable establecido en la Normas sanitarias de calidad del agua potable, pero está por debajo del valor máximo; el pozo del Parque Metropolitano se encuentra por debajo de los dos valores.

De acuerdo a los resultados del análisis se llega la conclusión que las aguas captadas a la salida del pozo profundo localizado en la Urb. La Esmeralda dentro de las instalaciones del colegio Clorinda Azcunes, Valencia Estado Carabobo, y de la Urb. Valle Verde, dentro de las instalaciones del Parque Metropolitano, Valencia Estado Carabobo cumplen con los rangos máximos permitidos para los parámetros analizados y establecidos en el Artículo 8 de “Normas para la Clasificación y el Control de las Calidad de las Aguas de Cuenca del Lago de Valencia”

del Decreto N° 3.219, publicado en Gaceta Oficial 5.305 el cual contiene la clasificación de las aguas, donde estas se clasifican como agua Tipo A1; “Aguas destinadas al uso doméstico y al uso industrial que requiera de agua potable, siempre que esta forme parte de un producto o sub-producto destinado al consumo humano o que entre en contacto con él”, en su desagregado Sub Tipo 1A: “Aguas que desde el punto de vista sanitario pueden ser acondicionadas con la sola adición de desinfectantes” de acuerdo a lo establecido en el Artículo 5 del decreto antes mencionado. Además de acuerdo a la norma Covenin 2771-91 “Clasificación de las Aguas según su Dureza”, el pozo del colegio Clorinda Azcunes presenta una dureza total de 254 mg/l CaCO<sub>3</sub>, entrando en la clasificación como agua dura, y del pozo Parque Metropolitano una dureza total de 146 mg/l CaCO<sub>3</sub> clasificándose como moderadamente dura; por lo que se concluye que el agua de los pozos es apta para el consumo humano e industrial siempre que se cuente con un proceso de desinfección, ya que el Artículo 8 de la “Norma Sanitaria de Calidad del Agua Potable” publicado en Gaceta Oficial 36.395 estipula que las muestras analizadas en la red de distribución no deberá indicar la presencia de organismos Coliformes totales; también se concluye que estas aguas pueden ser vertidas directamente en la cuenca del Lago de Valencia.

### Descripción de los parámetros hidráulicos presentes en los pozos.

A los pozos en estudio se les realizó un seguimiento durante dos meses, midiendo caudal cuando era posible, nivel estático y dinámico; el pozo del Colegio Clorinda Azcunez presentó un caudal promedio de 5.13 l/seg, esto concuerda con la capacidad de la bomba instalada, un nivel estático promedio de 440.23 msnm y dinámico de 429.66 msnm, el pozo del parque Metropolitano aunque para la ejecución de este proyecto solo fue necesario medir el nivel estático, se tomaron las 3 lecturas dando un promedio de caudal de 12.37 l/seg, nivel estático de 452.81 msnm y nivel dinámico 445.3 msnm.

Tabla 10: Valores promedios de caudal, nivel estático y nivel dinámico.

Pozo	Clorinda Azcunez	Parque Metropolitano
Caudal promedio (L/seg)	5.13	12.37
Nivel estático promedio (msnm)	440.23	452.81
Nivel dinámico promedio (msnm)	429.66	445.3

**Estimación de los parámetros hidráulicos de transmisividad y coeficiente de almacenamiento del municipio San Diego. Estado Carabobo.**

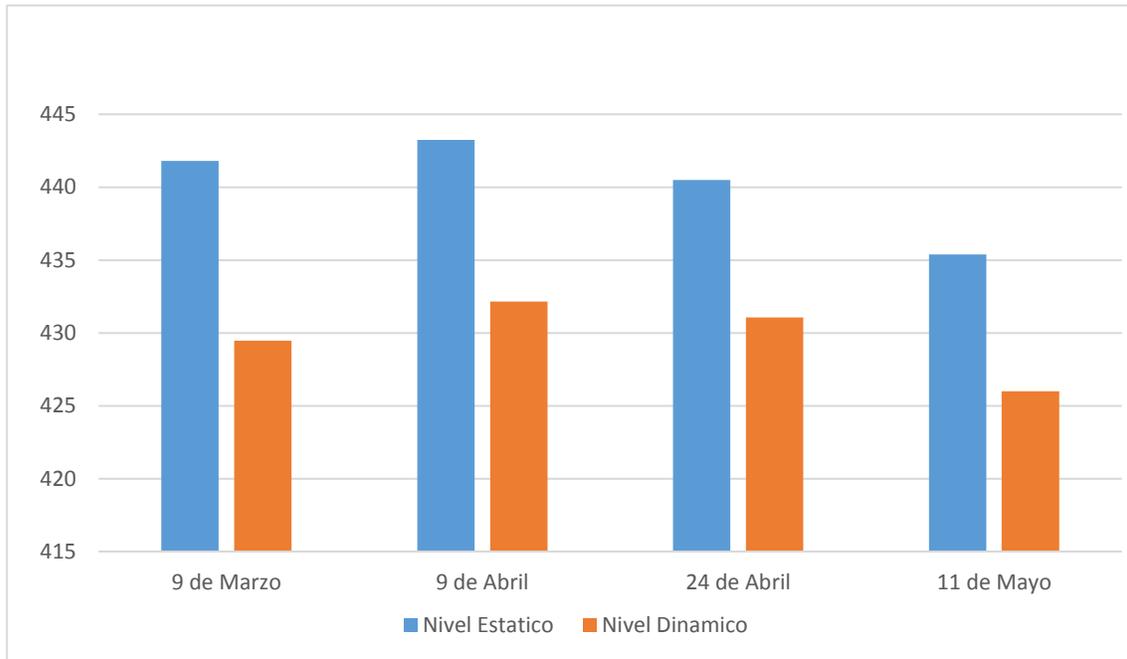


Ilustración 33: Comparación de niveles estáticos y dinámicos por visitas pozo Colegio Clorinda Azcunes.

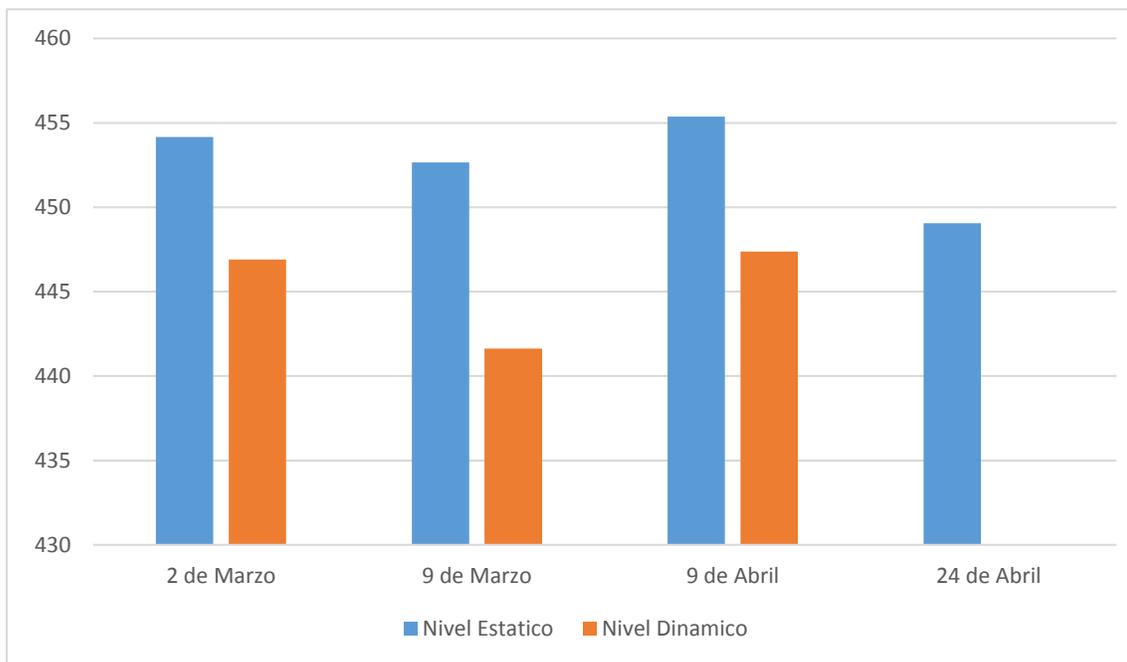


Ilustración 34: Comparación de niveles estáticos y dinámicos por visitas pozo Parque Metropolitano.

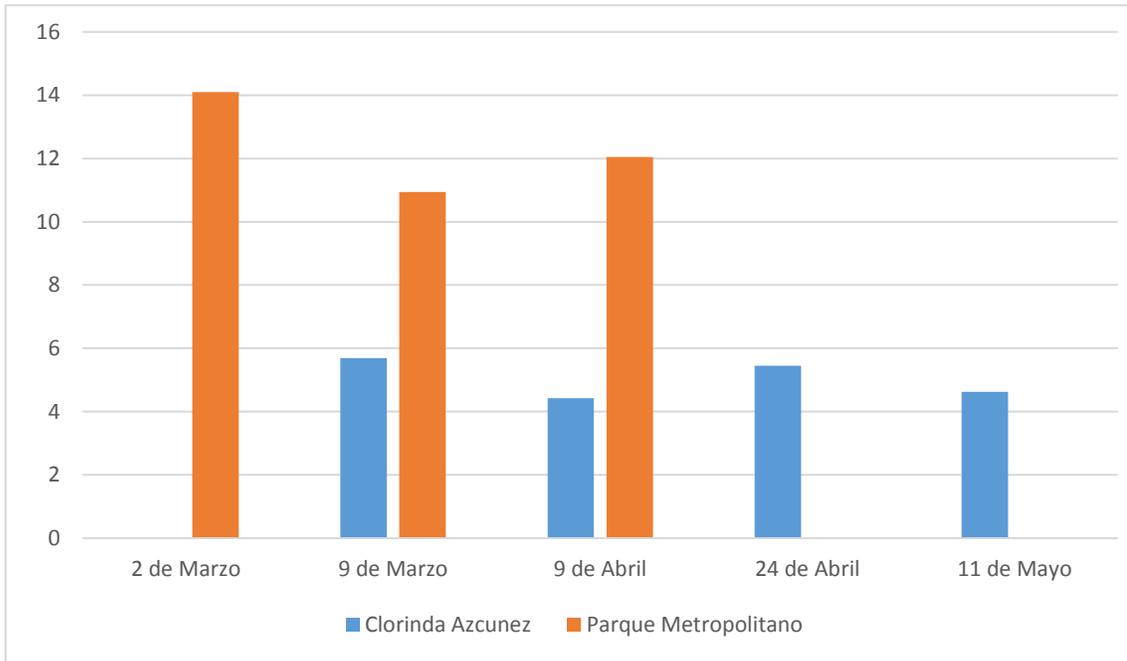


Ilustración 35: Comparación de promedio de caudal por visitas.

**Cálculos de los parámetros hidráulicos de transmisividad y coeficiente de almacenamiento del sector centro del Municipio San Diego. Estado Carabobo.**

Teniendo como pozo de bombeo el pozo ubicado en la Urb. La Esmeralda dentro de las instalaciones del colegio Clorinda Azcunes y como pozo de observación el ubicado en el parque metropolitano de la Urb. Valle Verde del Municipio San Diego, se obtienen los valores hidráulicos de transmisividad y coeficiente de almacenamiento de acuífero en estudio.

Tabla 11: Distancia entre Pozos

Pozo de Bombeo	Pozo de observación
Clorinda Azcunes	Parque Metropolitano
Radio (m)	1334.5

Tabla 12: Resultados de Mediciones

Medición 1		
Tiempo (min)	Caudal (l/s)	Descenso (m)
3	5,98	44,9
6	5,63	45,6
9	5,61	46,1

Medición 2		
Tiempo (min)	Caudal (l/s)	Descenso (m)
3	4,56	41,92
6	4,41	42,57
9	4,32	44,02

Medición 3		
Tiempo (min)	Caudal (l/s)	Descenso (m)
3	5,81	42,94
6	5,59	44,11
9	4,62	44,74

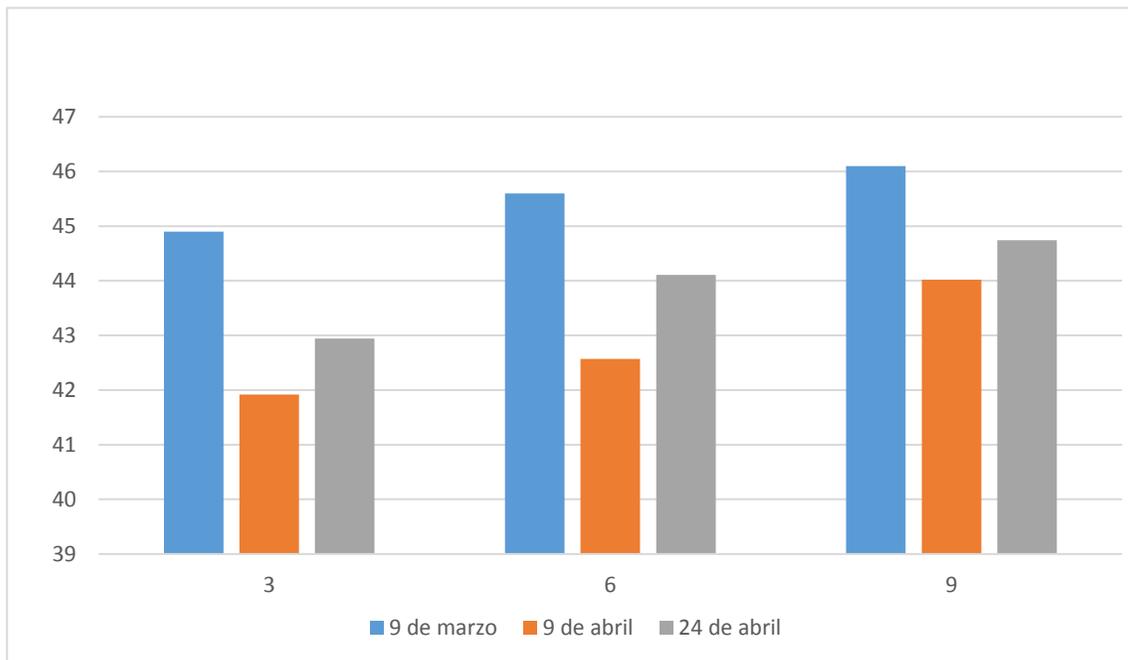


Ilustración 36: Variación de nivel dinámico vs tiempo. Pozo Colegio Clorinda Azcunes.

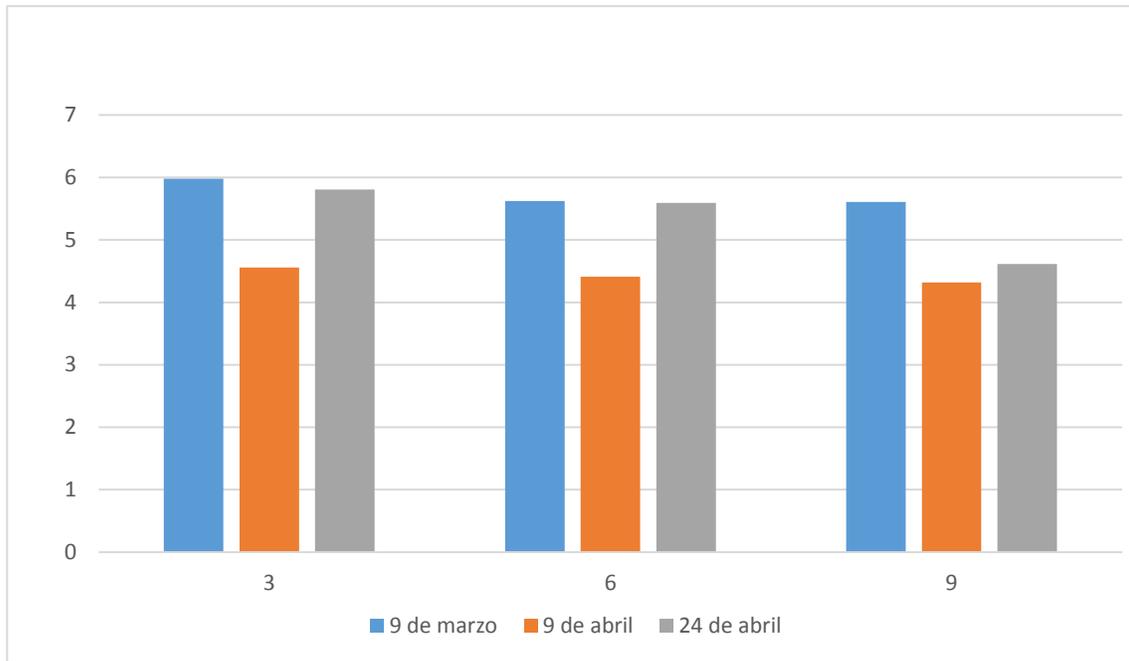


Ilustración 37: Caudal vs tiempo. Pozo Colegio Clorinda Azcunes.

Mediante el método de Theis se calcula los parámetros de transmisividad y coeficiente de almacenamiento, graficando la función del pozo en escala logarítmica se superpone sobre esta la curva de Theis, con esto se leen los puntos de ajustes necesarios para las ecuaciones siguientes:

Ilustración 38: Ejemplo de sobre posición de grafico del acuífero y de Theis. Fuente: Los autores.

### Calculo del Método de Theis.

A continuación se muestra un ejemplo de cálculo:

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

Donde:

s: Descenso de un punto situado a la distancia r del pozo de bombeo.

Q: caudal de bombeo constante.

T: Transmisividad.

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

Despejando los valores de transmisividad:

$$T = \frac{4.43}{4\pi * 10.85} * 10 = 28.07 \frac{m^2}{dia}$$

Con el valor de transmisividad se despeja el coeficiente de almacenamiento (S) de la siguiente ecuación:

$$u = \frac{r^2 S}{4Tt} \longrightarrow S = \frac{4Tt}{r^2 * \frac{1}{u}}$$

Donde:

r: Distancia de piezómetro al pozo de bombeo

S: Coeficiente de almacenamiento

t: tiempo de bombeo

Sustituyendo valores en la ecuación del coeficiente de almacenamiento (S):

$$S = \frac{4 * 28.07 * 1800000}{1440 * 1334.5^2 * \frac{1}{0.0001}} = 4.10 * 10^{-4}$$

Tabla 13: Resumen de los valores de cálculo del método de Theis

mediciones	Fecha	Descenso	W(u)	(u)	T(m <sup>2</sup> /día)	S	
2	09/04/2018	10,85	10	10000	28,07	4,10E-04	
3	24/04/2018	12,13	10	10000	30,89	5,72E-04	
4	11/05/2018	8,55	10	10000	37,23	6,89E-04	
					Promedio	32,07	5,57E-04

## Discusión de resultados

1. De 14 pozos de agua subterránea en el centro del municipio San Diego, 9 están operativos y 5 fuera de servicio, en la visita que realizo a estos pozos se pudo constatar que la inoperatividad de algunos era debido a problemas con las bombas o por robos de las instalaciones, ya que muchos de estos pozos no contaban con las infraestructuras necesarias para su resguardo y operatividad.
2. Los valores físicos químicos son corrientes, entrando en los lineamientos que exigen las normas, el laboratorio de Ambiental Aragua clasifico el agua del pozo del Parque Metropolitano como Tipo 1 Sub Tipo A1 además de describirla como agua ligeramente turbia con sólidos sedimentables; el pozo del Colegio Clorinda Azcunes también la clasifico como Tipo 1 subtipo A1 con una descripción de aguas cristalinas e inodoras.
3. Con respecto al nivel dinámico y estático, se puede observar que la cota del pozo del Colegio Clorinda Azcunes es mayor a la del Parque Metropolitano, pero este presenta un nivel estático más bajo, también se evidencia que el nivel de las aguas al empezar el seguimiento disminuye hasta la fecha del 24 de abril del 2018 donde aumenta en ambos pozos, esto puede ser consecuencia de la llegada de las lluvias. La variación máxima de los valores de nivel dinámico fue de 6.96 metros y de nivel estático de 7.85 metros en el pozo de Clorinda Azcunes, y en el pozo del parque Metropolitano la variación máxima en el nivel estático fue de 6.32 metros.
4. Los valores de transmisividad promedio dio 32,07 m<sup>2</sup>/día lo que clasifica como acuífero de baja transmisividad donde el movimiento de las aguas es lento y coeficiente de almacenamiento 5,57E-4 el cual es característico de un pozo semiconfinados.

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **CONCLUSIONES**

- 1.** En la zona centro de San Diego se encuentran 14 pozos, que entre la semana 21 a la semana 24 del año 2018, 9 pozos se encontraron en servicio representando un 64% y 5 fuera de servicio siendo el 36% para un total de 14 pozos.
- 2.** Los resultados del análisis de Laboratorio Ambiental Aragua arrojaron que el pozo de la Urb. La Esmeralda dentro de las instalaciones del Colegio Clorinda Azcunes y el Pozo de la Urb. Valle Verde dentro del Parque Metropolitano cumplen con los parámetros establecidos por las Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia publicada en Gaceta Oficial 5.305 por lo que se concluye que estas aguas pueden ser vertidas a la cuenca del Lago de Valencia; y con los límites de Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable Gaceta Oficial 36.395, por lo tanto se puede decir que el agua extraída de estos pozos es apta para consumo humano siempre y cuando se le realice un proceso de desinfección. Conjuntamente el pozo del parque Metropolitano clasifica como agua moderadamente dura y el pozo del Colegio Clorinda Azcunes como agua dura según norma Covenin 2771-91 “Aguas Naturales, Industriales y Residuales. Determinación de Dureza”.
- 3.** La prueba de bombeo realizada desde el 02 de marzo del 2018 al 11 de mayo del 2018 mostro que el nivel del agua aumento a partir del 24 de abril del 2018, por lo que se puede analizar que la capacidad de recarga del pozo supera al volumen extraído y por ende los pozos no están siendo sobreexplotados; asimismo se pudo observar que el caudal fue constante, por lo que el funcionamiento de la bomba estuvo dentro de los parámetros óptimos ya que según los técnicos encargados del funcionamiento de los pozos estos presentaban un caudal acorde a la capacidad instalada.

4. Después de realiza el método de Theis este arrojo un valor de transmisividad de 32.07 lo cual significa transmisividad baja y coeficiente de almacenamiento de  $5.57E-4$  entrando en el rango de acuíferos semiconfinados.

## RECOMENDACIONES

1. Estimar los valores hidráulicos a los demás pozos de la zona centro del municipio San Diego del Estado Carabobo, para tener una base de datos completa del sector y poder llevar un control del uso del acuífero.
2. Realizar en los demás pozos del municipio San Diego el análisis de laboratorio de los valores físico químico para verificar que estos cumplen con los valores establecidos por norma.
3. Chequear las instalaciones de los pozos, y verificar que estas cumplan con los requisitos mínimos establecidos en la Norma para la Ubicación, Construcción, Protección, Operación y Mantenimiento de Pozos Perforados Destinados al Abastecimiento de Agua Potable, Decreto N° 2048; ya que algunos de los pozos visitados se encontraban en deterioro.
4. Desarrollar un plan para coordinar las visitas a aquellos pozos privados donde no tiene acceso los técnicos de Hidrocentro, para realizarle los estudios necesarios, al igual que modificar las instalaciones de aquellos pozos donde no fue posible realizar la medición con la sonda eléctrica, para que esta pueda pasar y realizar la medición con éxito.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

[Documento en línea]

ONU (2017), Agua

<http://www.un.org/es/sections/issues-depth/water/index.html>

[Documento en línea]

UNESCO (2016), Agua y Empleo

<http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002441/244103s.pdf>

[Documento en línea]

Martínez (2011), Situación de los Recursos Hídricos en Venezuela

[https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam\\_files/publicaciones/varios/2011-situacion-recursos-hidricos-venezuela.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/2011-situacion-recursos-hidricos-venezuela.pdf)

[Documento en línea]

Hidrológica del Centro (2016), Principales Sistemas De Producción

[https://www.hidrocentro.gob.ve/hc/paginas/page\\_04.html](https://www.hidrocentro.gob.ve/hc/paginas/page_04.html)

[Documento en línea]

Norma Sanitaria de Calidad de Agua Potable, Decreto 2.048

<http://inmanproca.com.ve/GO36395.pdf>

[Documento en línea]

Pulido Bosch (1985), Sobreexplotacion De Acuíferos Y Desarrollo Sostenible

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2138050.pdf>

[Documento en línea]

Instituto Nacional de Estadísticas (2014), Reporte Ambiental 2014

[http://www.ine.gov.ve/documentos/Boletines\\_Electronicos/Estadisticas\\_Sociales\\_y\\_Ambientales/Reporte\\_Ambiental/pdf/BoletinAmbiental2014.pdf](http://www.ine.gov.ve/documentos/Boletines_Electronicos/Estadisticas_Sociales_y_Ambientales/Reporte_Ambiental/pdf/BoletinAmbiental2014.pdf)

[Documento en línea]

ONU (2016), Informe De Las Naciones Unidas Sobre El Desarrollo De Los Recursos Hídricos 2016

[https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam\\_files/noticias/informe-unesco.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/noticias/informe-unesco.pdf)

[Documento en línea]

Revista Voces (2011) Las Políticas Hídricas En Venezuela En La Gestión Del Agua Subterránea

<http://revistavoces.org.ve/docu/voces5-art6.pdf>

[Documento en línea]

Alcaldía San Diego (2014), Plan Municipal de Desarrollo 2014-2017, San Diego, Carabobo

[http://www.alcaldiadesandiego.gob.ve/pdf/clpp\\_ibhm/Plan%20Mcpal.%20Desarrollo%202014-2017.pdf](http://www.alcaldiadesandiego.gob.ve/pdf/clpp_ibhm/Plan%20Mcpal.%20Desarrollo%202014-2017.pdf)

[Documento en línea]

Instituto Nacional de Estadísticas (2011), XIV Censo Nacional de Población y Vivienda

<http://www.redatam.ine.gob.ve/Censo2011/index.html>

[Documento en línea]

Alcaldía de San Diego (2014), Sectorización del Municipio

[http://www.alcaldiadesandiego.gob.ve/pdf/clpp\\_ibhm/SECTORIZACION%20DEL%20MUNICIPIO%20SAN%20DIEGO.pdf](http://www.alcaldiadesandiego.gob.ve/pdf/clpp_ibhm/SECTORIZACION%20DEL%20MUNICIPIO%20SAN%20DIEGO.pdf)

[Documento en línea]

Collazo y Montaña (2012), Manual del Agua Subterránea

[http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/multimedia/manual\\_de\\_agua\\_subterranea-ilovepdf-compressed.pdf](http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/multimedia/manual_de_agua_subterranea-ilovepdf-compressed.pdf)

[Documento en línea]

Benitez (1972), Cambio Climático y Aguas Subterráneas.

[https://books.google.co.ve/books?id=TwHmJ6u-blcC&pg=PA162&lpg=PA162&dq=Benitez+1972+en+Custodio+%26+Llamas,+1983.&source=bl&ots=rZOQmUtaBR&sig=F\\_93J\\_Y0ZIGOOOF32HEputHXfHhk&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiZqZukoPfdAhUDneAKHSeYCzgQ6AEwAHoECAgQAQ](https://books.google.co.ve/books?id=TwHmJ6u-blcC&pg=PA162&lpg=PA162&dq=Benitez+1972+en+Custodio+%26+Llamas,+1983.&source=bl&ots=rZOQmUtaBR&sig=F_93J_Y0ZIGOOOF32HEputHXfHhk&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiZqZukoPfdAhUDneAKHSeYCzgQ6AEwAHoECAgQAQ)

[Documento en línea]

Rojas (2007) Importancia del Agua Subterránea Como Fuente de Abastecimiento de Agua Potable en Venezuela.

<http://hdl.handle.net/123456789/272>

[Documento en línea]

Sánchez Javier, Conceptos Fundamentales de Hidrología

[http://hidrologia.usal.es/temas/Conceptos\\_Hidrogeol.pdf](http://hidrologia.usal.es/temas/Conceptos_Hidrogeol.pdf)

[Documento en línea]

Dutti (2011), Empresas Hidrológicas en Venezuela

<https://m.monografias.com/trabajos91/hidrologicas-de-venezuela/hidrologicas-de-venezuela.shtml>

[Documento en línea]

Villarroya (2009), Jordanas Técnicas Para el Aprovechamiento de Aguas Subterráneas Para Riego

<http://chilorg.chil.me/download-doc/86199>

[Documento en línea]

Instituto Nacional de Recursos Naturales (1998), Inventario de Fuentes de Aguas Subterráneas

<https://es.scribd.com/doc/56007803/Fuente-Agua-Subterranea-Pucallpa>

[Documento en línea]

Norma Para la Clasificación y Control de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia, Decreto 5.305

<https://pandectasdigital.blogspot.com/2017/04/normas-para-la-clasificacion-y-el.html>

[Documento en línea]

Aguas naturales, Industriales y Residuales, COVENIN 2634-89

<http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/2771-91.pdf>

## **Anexo A**

Información proporcionada por HIDROCENTO.

FUENTE SUBTERRANEA (POZOS)	CAPACIDAD INSTALADA DE PRODUCCIÓN		PRODUCCIÓN PROGRAMADA			PRODUCCION			OPERATIVIDAD	USO
	CAUDAL Lts./Seg (1)	VOLUMEN M3/MES (2)	CAUDAL Lts./Seg (3)	VOLUMEN M3/MES (4)	TIEMPO TOTAL DE SERVICIO PROGRAMADO (HORAS) (5)	CAUDAL REAL (9)	VOLUMEN REAL PRODUCIDO M3/MES (10)	TIEMPO REAL DE SERVICIO (11)		
Morro I	5.0	3,024.00	5.00	3,024.00	168.00	4.00	288.00	168.00	FUERA DE SERVICIO	Poblacional
Morro II	8.0	4,838.40	8.00	4,838.40	168.00	8.00	4,838.40	168.00	EN SERVICIO	Poblacional
Esmeralda I	16.0	9,676.80	14.00	8,467.20	168.00	14.00	4,132.80	82.00	EN SERVICIO	Poblacional
Esmeralda II	8.0	4,838.40	8.00	4,838.40	168.00	0.00	0.00	0.00	FUERA DE SERVICIO	Poblacional
Esmeralda III	16.0	9,676.80	14.00	8,467.20	168.00	14.00	7,257.60	144.00	EN SERVICIO	Poblacional
Esmeralda IV	8.0	4,838.40	6.00	3,628.80	168.00	0.00	0.00	0.00	FUERA DE SERVICIO	Poblacional
Esmeralda VI	9.0	5,443.20	5.00	3,024.00	168.00	5.00	3,024.00	168.00	EN SERVICIO	Poblacional
Yuma III	22.00	13,305.60	22.00	13,305.60	168.00	22.00	13,305.60	168.00	EN SERVICIO	Poblacional
Los Bomberos	3.00	1,814.40	3.00	1,814.40	168.00	0.00	0.00	0.00	FUERA DE SERVICIO	Comercial
Metropolitano	12.00	7,257.60	12.00	7,257.60	168.00	12.00	7,257.60	168.00	EN SERVICIO	Poblacional
Crispin	10.0	6,048.00	10.00	6,048.00	168.00	0.00	0.00	0.00	FUERA DE SERVICIO	Poblacional
Valle de Oro	9.0	24,105.60	9.00	5,443.20	168.00	9.00	5,443.20	168.00	EN SERVICIO	Poblacional
Valle de Oro II	10.0	26,784.00	10.00	6,048.00	168.00	10.00	6,048.00	168.00	EN SERVICIO	Poblacional
Brisas del Valle	11.0	6,652.80	11.00	6,652.80	168.00	11.00	6,652.80	168.00	EN SERVICIO	Poblacional

Ilustración 39: Capacidad, producción, operatividad y uso de los pozos del sector centro de Municipio San Diego. Fuente: Hidrocentro.

## **Anexo B**

Resultado de los análisis del Laboratorio Ambiental Aragua las aguas de los pozos Clorinda Azcundes y Parque Metropolitano del Municipio San Diego.

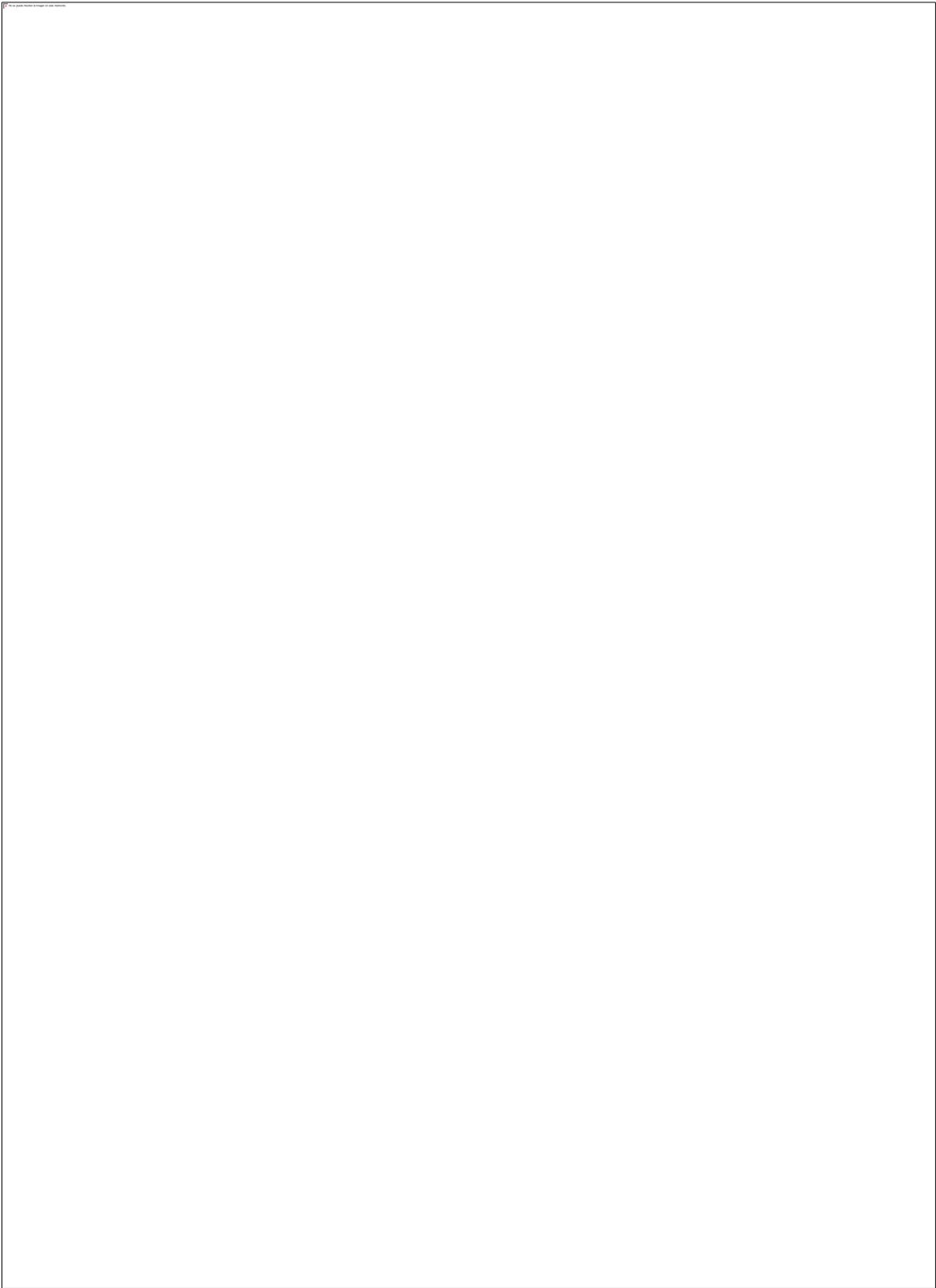


Ilustración 40: Informe de resultados de análisis físico químicos y bacteriológicos. Fuente: Laboratorio Ambiental Aragua.

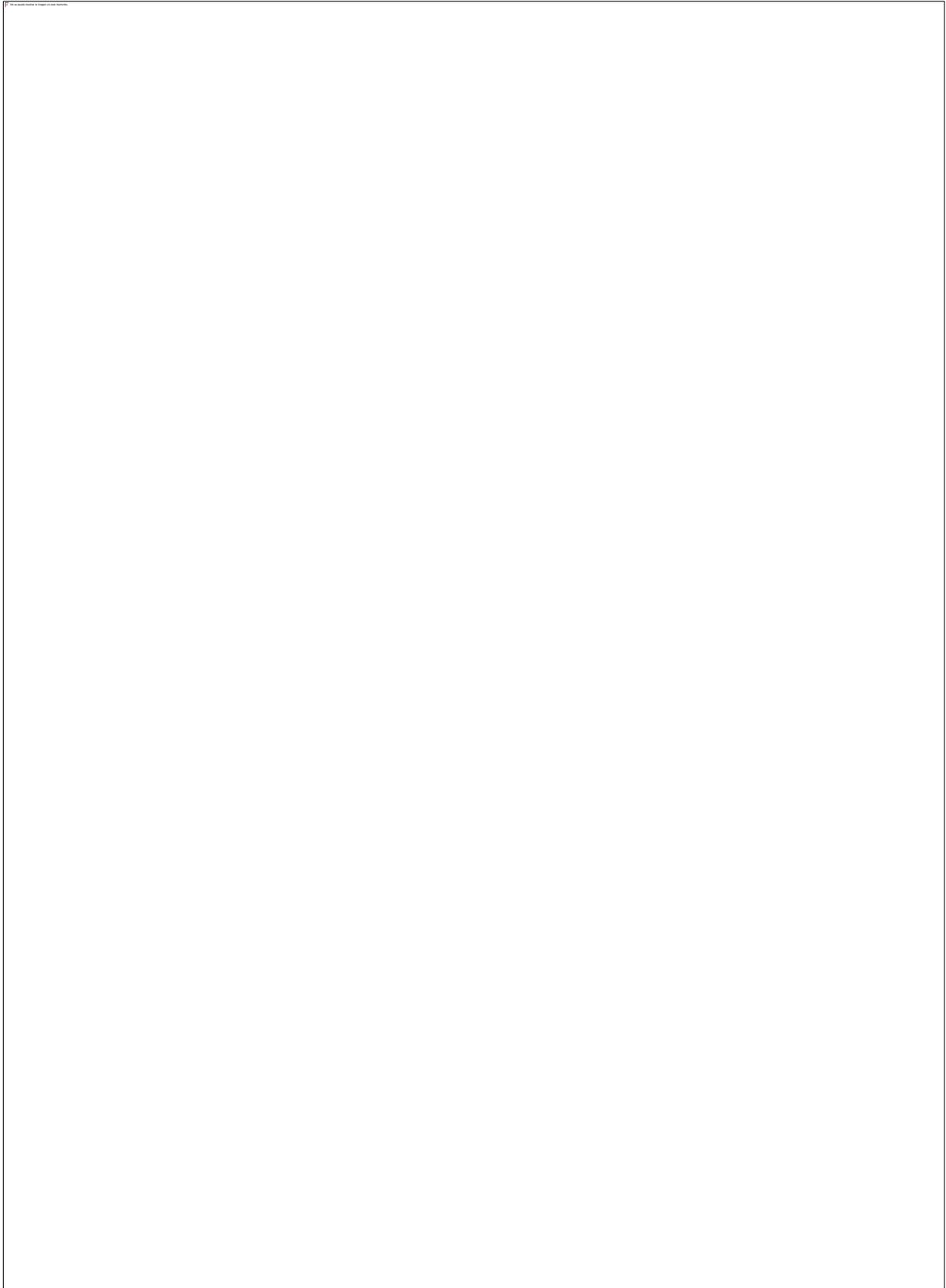


Ilustración 41: Resultados de análisis físico químicos y bacteriológicos, pozo Parque Metropolitano. Fuente: Laboratorio Ambiental Aragua.

Ilustración 42: Resultados de análisis físico químicos y bacteriológicos, pozo Colegio Clorinda Azcunes. Fuente: Laboratorio Ambiental Aragua.

## **Anexo C**

Planilla de mediciones de campo.

Pozo: Clorinda Azcundes			Aforo				Pozo: Metropolitano			Aforo
Fecha	N. Estatico	Abertura de la llave	Comp.	Media	Baja	Otro	Fecha	N. Estatico	Abertura de la llave	Comp.
		Nivel Dinamico					2 de marzo	7.83	Nivel Dinamico	15.1
		Tiempo (s)							Tiempo (s)	1.2767
		Caudal (L/s)							Caudal (L/s)	14.099
Fecha	N. Estatico	Abertura de la llave	Comp.	Media	Baja	Otro	Fecha	N. Estatico	Abertura de la llave	Comp.
9 de marzo	33.2	Nivel Dinamico	44.9	45.6	46.1		9 de marzo	9.35	Nivel Dinamico	20.38
		Tiempo (s)	3.2	3.01	3.21	3.24			Tiempo (s)	1.645
		Caudal (L/s)	5.625	5.9801	5.6075	5.5556			Caudal (L/s)	10.942
Fecha	N. Estatico	Abertura de la llave	Comp.	Media	Baja	Otro	Fecha	N. Estatico	Abertura de la llave	Comp.
9 de abril	31.76	Nivel Dinamico	41.92	42.57	44.02		9 de abril	6.63	Nivel Dinamico	14.63
		Tiempo (s)	4.17	4.08	3.95				Tiempo (s)	1.4933
		Caudal (L/s)	4.3165	4.4118	4.557				Caudal (L/s)	12.054
Fecha	N. Estatico	Abertura de la llave	Comp.	Media	Baja	Otro	Fecha	N. Estatico	Abertura de la llave	Comp.
24 de abril	34.5	Nivel Dinamico	42.94	44.11	44.74		24 de abril	12.95	Nivel Dinamico	
		Tiempo (s)	3.9	3.1	3.22	3.1			Tiempo (s)	
		Caudal (L/s)	4.6154	5.8065	5.5901	5.8065			Caudal (L/s)	
Fecha	N. Estatico	Abertura de la llave	Comp.	Media	Baja	Otro	Fecha	N. Estatico	Abertura de la llave	Comp.
11 de mayo	39.61	Nivel Dinamico	48.35	48.88	49.76		11 de mayo		Nivel Dinamico	
		Tiempo (s)	3.82	4.02	3.82				Tiempo (s)	
		Caudal (L/s)	4.712	4.4776	4.712				Caudal (L/s)	
Fecha	N. Estatico	Abertura de la llave	Comp.	Media	Baja	Otro	Fecha	N. Estatico	Abertura de la llave	Comp.
		Nivel Dinamico							Nivel Dinamico	
		Tiempo (s)							Tiempo (s)	
		Caudal (L/s)							Caudal (L/s)	
Fecha	N. Estatico	Abertura de la llave	Comp.	Media	Baja	Otro	Fecha	N. Estatico	Abertura de la llave	Comp.
		Nivel Dinamico							Nivel Dinamico	
		Tiempo (s)							Tiempo (s)	
		Caudal (L/s)							Caudal (L/s)	

Ilustración 43: Planilla de medición de campo. Fuente: Los autores.

## **Anexo D**

Planilla de mediciones de campo.

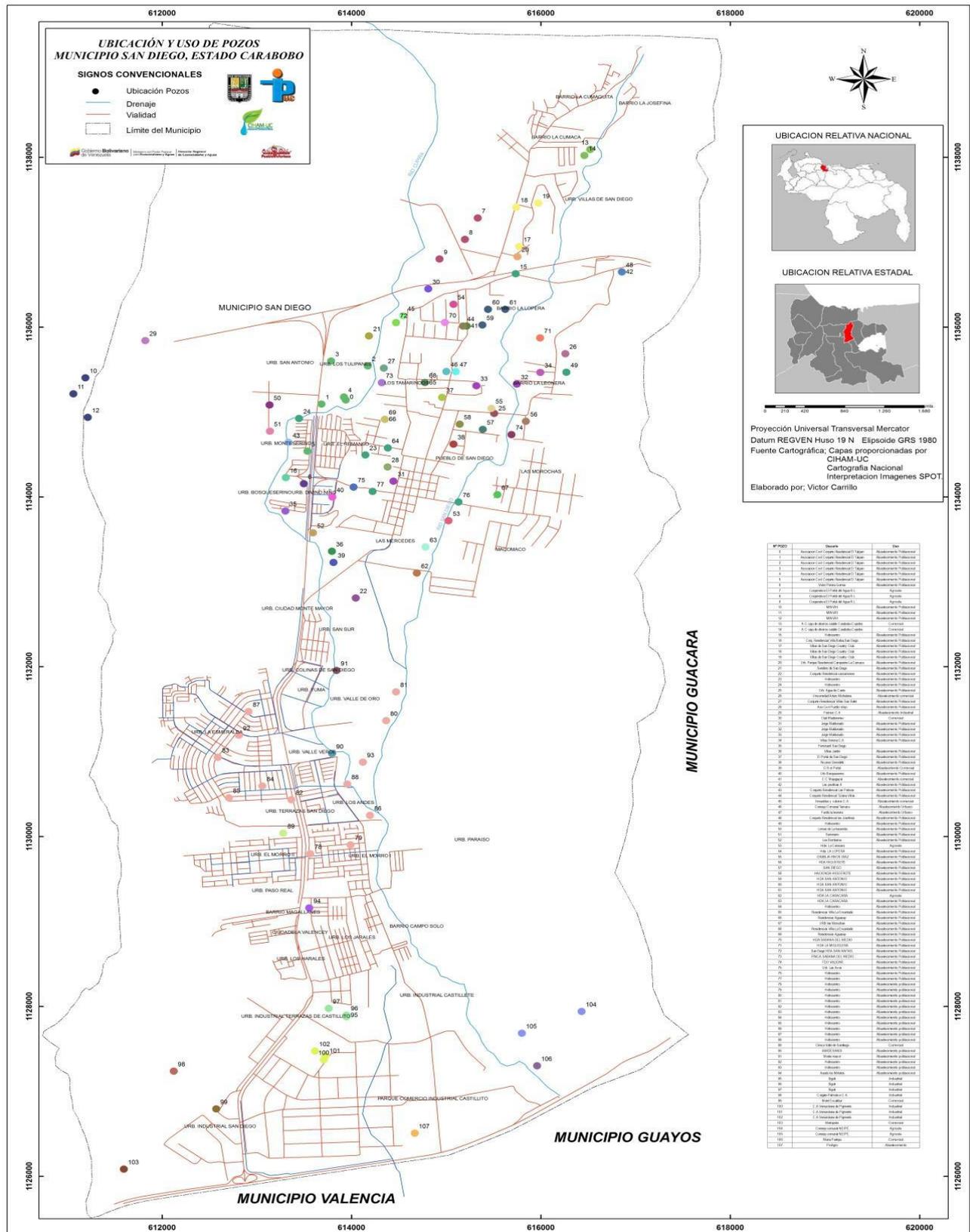


Ilustración 44: Mapa de ubicación y uso de los pozos del municipio San Diego Estado Carabobo.