



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



**ANÁLISIS DE LOS PARAMETROS HIDRAULICOS DEL ACUIFERO DEL
MUNICIPIO SAN DIEGO DURANTE 2017. CASO: SECTOR CENTRO**

Autor (es):

Carrizalez, Angélica CI: 20787157

Urdaneta, Luis CI: 21021912

Tutor (a):

Msc. Ing. Adriana, Márquez.

Naguanagua, Junio de 2017.



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



**ANÁLISIS DE LOS PARAMETROS HIDRAULICOS DEL ACUIFERO DEL
MUNICIPIO SAN DIEGO DURANTE 2017. CASO: SECTOR CENTRO.**

Trabajo Especial de Grado Presentado ante la Ilustre Universidad de Carabobo
para Optar por el título de Ingeniero Civil

Autor (es):

Carrizalez, Angélica CI: 20787157

Urdaneta, Luis CI: 21021912

Tutor (a):

Msc. Ing. Márquez Adriana

Naguanagua, Junio de 2017.



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



CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Los abajo firmantes, Miembros del Jurado designado para estudiar el Trabajo Especial de Grado titulado: **“ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS HIDRÁULICOS DEL ACUÍFERO DEL MUNICIPIO SAN DIEGO DURANTE 2017. CASO: SECTOR CENTRO.”**; realizado por los Bachilleres: Angélica Isabel Carrizalez Obispo C.I:20.787.157 y Luis Enrique Urdaneta Landaeta C.I:21.021.912, hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho trabajo.

Presidente del Jurado
Adriana Marquez
C.I. 12.604.007

Miembro del Jurado
Bettys Fariás
C.I. 8.359.094

Miembro del Jurado
Gerardo Huguet
C.I. 4.859.589

Naguanagua, Julio de 2017



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



CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Los abajo firmantes, Miembros del Jurado designado para estudiar el Trabajo Especial de Grado titulado: **“ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS HIDRÁULICOS DEL ACUÍFERO DEL MUNICIPIO SAN DIEGO DURANTE 2017. CASO: SECTOR CENTRO.”**; realizado por los Bachilleres: Angélica Isabel Carrizalez Obispo C.I: 20.787.157 y Luis Enrique Urdaneta Landaeta C.I: 21.021.912, hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho trabajo.

Presidente del Jurado
Adriana Márquez
C.I. 12.604.007

Miembro del Jurado
Ítalo Salazar
C.I. 11.354.542

Miembro del Jurado
Gerardo Huguet
C.I. 14.859.589

Naguanagua, Junio de 2017

DEDICATORIA

Primeramente el presente trabajo de investigación va dedicado a Dios por regalarme todo lo que tengo cada mañana, por ser el amigo fiel y sabio que ha estado a lo largo de toda mi vida en los peores momentos dándome aliento y esperanza para continuar luchando día a día para lograr cada meta planteada.

En segundo lugar a mi madre Isabel Obispo y a mi padre José Carrizalez quienes han dado la mejor de cada uno de ellos para que hoy pueda cumplir esta gran meta, han sido mi pilar y mi fortaleza en todo momento, tanto alegres como difíciles a lo largo de estos 10 semestres de esta bella carrera.

A mi hermano Martin Carrizalez, quien ha sido mi cómplice y amigo en cualquier momento que lo necesite, compartiendo alegrías y tristezas a lo largo de la carrera.

A mis tías Hayde Carrizalez, Cecilia Obispo, Dilia Obispo, Elena Obispo quienes han contribuido en mi formación personal y académica, y siempre han tenido con mucho amor una mano amiga para mí cuando la necesite.

A mis primas Alejandra, Lorena, Yorye, Evelin, Rebeca, Yetsi que han compartido conmigo alegrías y tristezas, y siempre tienen amor incondicional hacia mi persona en cualquier momento.

Al cuerpo de profesores que durante 10 semestres dedicaron parte de su tiempo en impartir y desarrollar a los futuros profesionales de relevo que son quienes quedamos con la misión de anexar al proceso de formación a nuevas generaciones de venezolanos; en especial a la Ing. Dalis Méndez.

A mi novio Robert González por estar conmigo en los momentos más difíciles de la carrera y siempre tener una palabra de aliento para mí, y a Marycarmen Rodríguez por ser una segunda madre para mí, apoyándome y demostrándome como se lucha en la vida por las metas.

Y por último, a todos mis amigos que aún quedan dentro de esta maravillosa escuela, mis palabras de aliento para culminar esta carrera y formar parte de la generación de oro de nuestro país.

Angélica I. Carrizalez O.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de grado primeramente a Dios por darme tanta fortaleza y mantenerme firme en siempre ir hacia delante en cada una de estas metas que poco a poco se van logrando.

A mi familia por el apoyo brindado de todas las formas posibles más allá de este trabajo de grado, desde el principio de la carrera.

A mi mamá Yelitza Landaeta por tener esa sabiduría y palabras adecuadas que me mantuvieron motivado y con vista al frente, siempre hacia la meta.

A mi papá Jorge Urdaneta por demostrar día a día que el cansancio solo es una palabra, que siempre hay que hacer en un día todo lo que sea posible, también va dedicada a ti por ese apoyo tan grande que me has dado desde el comienzo de mi vida.

A mi hermano Jorge Urdaneta por ser mi ejemplo, y tener siempre esos consejos que siempre quedan grabados, ser mejor en cualquier ámbito de la vida. Gracias hermano.

A mi hermana Edith Urdaneta por siempre estar allí, regalando sonrisas, cariño, demostrando que siempre que esté ella no habrá día triste.

A mi tía Sandra Landaeta, prima Yetsebel Landaeta, abuelo Víctor Landaeta, abuela Judith Díaz por dar el cariño como solo la mejor familia lo sabe hacer.

A mi gran familia Urdaneta del Zulia, por hacer sentir ese gran cariño y apoyo a pesar de la distancia, tía María, Rosmary, Emiliana.

A todas esas amistades que la universidad me permitió conocer al principio, a mitad y al final de la carrera, como lo son Eduardo, Rosmar, Richard, Adriana, José, David, Henry, María, Karla, Marines, Yuribeth, Ana, en resumidas palabras team plaza y team iguaneros, por el apoyo como grupo de proyectos, grupos de estudios y amistad.

Luis E. Urdaneta L.

AGRADECIMIENTOS

El primer agradecimiento de mi trabajo de grado va dirigido a mi madre Isabel Obispo y a mi padre José Carrizalez, quienes desde mi inicio en la carrera han estado conmigo luchando y dándome lo mejor de ellos para día y noche sienta su amor incondicional y pueda apoyarme en sus manos en momentos difíciles a lo largo de estos 10 semestres.

A nuestra tutora la Ing. Adriana Márquez por ayudarnos en cualquier momento a lo largo de la carrera y también brindarnos sus conocimientos en este proyecto con paciencia.

A mi compañero Luis Urdaneta por siempre estar conmigo desde el inicio, en momentos buenos y malos, aprendiendo y luchando para cumplir nuestra meta, por ser un hermano que me regalo la carrera.

A mi hermano Martín Carrizalez quien desde el día uno de mi inicio en la carrera estuvo conmigo brindándome una mano amiga, aprendiendo juntos y apoyándome al máximo en este proyecto.

A todo el personal obrero y Administrativo tanto del Complejo Deportivo IAMDESANDI como del MINEA porque fueron atentos y colaboradores con nosotros en todo momento.

A la familia Urdaneta Landaeta por ser parte de mi familia y hacerme sentir parte de la suya, por siempre apoyarnos en cualquier circunstancia.

A todos los profesores que a lo largo de la carrera contribuyeron en mi formación académica, profesional y humana.

A mis compañeros Génesis Cuervo, Adriana Torrealba, Eduardo Mejías, Blas Flores, Yuribeth Delgado, Ana Torres, Marines Matute, Richard Peralta, Leonardo Lanza entre tantos otros compañeros de La Plaza, quienes compartieron conmigo momentos únicos y son los hermanos que la vida y la universidad me regalo a lo largo de esta maravillosa experiencia.

A la ilustre Universidad de Carabobo por permitirme formar parte de su familia y brindarme el mayor conocimiento posible a lo largo de mi formación como Ingeniero Civil.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente debo agradecer a nuestra tutora la Ing. Adriana Márquez por el apoyo y conocimientos transmitidos durante la carrera y esta última etapa del trabajo de grado.

Las personas que brindaron gran apoyo desde el principio de la tesis como el Ing. Víctor Carrillo, el Licdo. Juan de Farías, Jonathan pertenecientes al Ministerio del Poder Popular para el Ambiente.

Los trabajadores del complejo deportivo Iamdesandi por su buen recibimiento durante todo el periodo de estudio del pozo. Jesús, José Verdespina, Dionisio gracias por su colaboración.

A los trabajadores del laboratorio de Maracay por el apoyo y buena disposición para el análisis de las muestras.

Muchas gracias a mis padres, hermanos, tíos por estar siempre aquí preguntando que hace falta y cómo podemos seguir, todo el esfuerzo y dedicación GRACIAS.

A mis compañeros César y Ángel que fueron bastante importantes en el periodo de mediciones para resolver cualquier problema que se presentó.

Mis agradecimientos a Jackie, Artur, Fiti y Diana que a pesar de la distancias todos sus consejos y apoyo fueron muy acertados y en el momento más oportuno.

Karla, Génesis, Yuri, Ana, David, Víctor, Adri, Kendra, Marines a ustedes gracias por ser una motivación de seguir adelante ya que son personas capaces de lograr mucho, gracias por todos y cada uno de los semestres compartidos.

A la ilustre UNIVERSIDAD DE CARABOBO por la oportunidad, conocimientos y experiencias brindadas durante todo este trayecto.

Finalmente agradezco a mis compañeros de la PROMO 76, todos mis amigos que estuvieron en cualquier grupo de proyecto conmigo y a mi gran amiga y compañera de tesis Angélica Carrizalez, hoy te digo que el destino fué perfecto si tendría que hacer otra tesis contigo no lo dudaría ni un segundo.

Luis E. Urdaneta L.



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



ANÁLISIS DE LOS PARAMETROS HIDRAULICOS DEL ACUIFERO DEL MUNICIPIO SAN DIEGO DURANTE 2017. CASO: SECTOR CENTRO.

Trabajo Especial de Grado Presentado ante la Ilustre Universidad de Carabobo para Optar por el título de Ingeniero Civil

Autor (es):

Carrizalez, Angélica CI: 20787157

Urdaneta, Luis CI: 21021912

Tutor (a):

Msc. Ing. Márquez Adriana

Resumen

El objetivo de este trabajo de grado es analizar los parámetros hidráulicos del acuífero del Municipio San Diego durante 2017 en la zona Centro, inicialmente se procede a visitar los distintos pozos que se encuentran en la zona Centro del Municipio San Diego del Estado Carabobo, para seleccionar el pozo a ser estudiado, dicho pozo es el del Complejo Deportivo Iamdesandi de coordenadas UTM 613796E; 1130970N, estas coordenadas se obtuvieron mediante el software Google Earth. Del pozo se toma una muestra de agua el día 07/02/2017 para realizar un análisis físico-químico y bacteriológico. El día 31/03/2017 se realiza la prueba de caudal variable, utilizando un tobo de 18 litros de capacidad, la sonda PLM y cronómetro como herramientas necesarias para estimar los parámetros de transmisividad y coeficiente de almacenamiento, además los días 15/03 23/03 30/03 31/03 03/04 05/05 del 2017 se evalúan los niveles estáticos, dinámicos y caudal del pozo. En cuanto a los resultados de dichos parámetros se obtuvo una transmisividad baja de 31,87 m²/día debido a que al material que compone el suelo y un coeficiente de almacenamiento de 5,24E-14

clasificándolo como un acuífero confinado, resultando en promedio el nivel estático en 15,94 m, dinámico en 23,50 m y caudal de 4,02 l/s. pH resultó en 7,49, cloruro 4 mg/l, sulfato 17 mg/l, estando dentro del rango permitido por la Norma Sanitaria de Calidad del Agua Potable, Gaceta N° 36.395, así como también la presencia de coliformes totales estuvo por debajo del 1,1 NMP/100 ml, coliformes fécales por debajo de 1,1 NMP/100 ml y los sólidos totales disueltos fueron 225 siendo menor que 1500 establecido en la Gaceta N° 36.395. En cuanto a los cambios de niveles variaron en promedio 20 cm el estático y 50 cm el dinámico.

ÍNDICE

	P.p
DEDICATORIA.....	IV
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTOS.....	VI
AGRADECIMIENTOS.....	VII
RESUMEN.....	VIII
INTRODUCCIÓN.....	XVII
CAPÍTULO I.....	19
Planteamiento del problema.....	19
Objetivo de la investigación.....	22
Objetivo General.....	22
Objetivos Específicos.....	22
Justificación de la investigación.....	22
Alcances y Limitaciones.....	23
CAPÍTULO II.....	25
Antecedentes de la Investigación.....	25
Marco de Referencia.....	26
Bases teóricas.....	29
CAPITULO III.....	40
Tipo de Investigación.....	40
Población.....	41
Muestra.....	42
Técnicas e instrumentos de Recolección de Información.....	43
Fases de la Investigación.....	44
Fase I: Identificar los pozos de agua subterránea en la zona centro del municipio San Diego del estado Carabobo.....	44
Fase II: Describir los parámetros hidráulicos presentes en la zona.....	48
Fase III: Estimar los parámetros hidráulicos de transmisividad y coeficiente de almacenamiento del acuífero del municipio San Diego del estado Carabobo...	55
CAPITULO IV.....	59
RESULTADOS Y DISCUSION.....	59
Discusión de resultados.....	76
CAPITULO V.....	79
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	79
Recomendaciones.....	80
Bibliografía.....	81
Anexos.....	83

ÍNDICE DE FIGURAS

	P.p
Figura 1. Mapa Sectorizado del Municipio	27
Figura 2. Acuífero Libre y Confinado. Fuente: González Vallejo, (2004).....	30
Figura 3. Acuífero Semiconfinado. Fuente: González Vallejo, (2004).....	31
Figura 4. Tipos de acuíferos. Fuente: Caraballo y Montaña, (2012).....	32
Figura 5. Función de pozo en acuífero confinado (curva de Theis) Fuente: Benítez (1963).....	38
Figura 6. Curva en campo descenso vs tiempo. Fuente: Benítez (1963).....	39
Figura 7. Sonda marca PLM utilizada para medir nivel.	43
Figura 8. Tobo de 18 litros, para medir caudal.	44
Figura 9. Cronómetro.	44
Figura 10. Entrada del programa Google Earth.	45
Figura 11. Marca de posición. Programa Google Earth.	46
Figura 12. Herramientas de Google Earth.	46
Figura 13. Coordenadas UTM. Programa Google Earth.	47
Figura 14. Ubicación de ambos pozos. Programa Google Earth	47
Figura 15. Recipientes para tomar las muestras de agua para realizar los análisis físico-químico y bacteriológico del pozo Iamdesandi	50
Figura 16. Equipo utilizado para mediciones en campo del pozo Iamdesandi	51
Figura 17. Medición de nivel estático del pozo IAMDESANDI en compañía del Licdo. Juan De Farías Coordenadas UTM 613796E; 1130970N Elevación: 459 msnm. Zona centro, Municipio San Diego, estado Carabobo. Fecha: 24/01/2017	51
Figura 18. Lectura del nivel freático del pozo Iamdesandi (estático). Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm. Zona centro, Municipio San Diego, Edo. Carabobo. Fecha: 23/03/17.	52
Figura 19. Medición del nivel freático del pozo Iamdesandi (estático). Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm. Zona centro, Municipio San Diego, Edo. Carabobo. Fecha: 30/03/17	52
Figura 20. Medición del caudal del pozo Iamdesandi. Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm. Zona centro, Municipio San Diego, Edo. Carabobo. Fecha: 31/03/17.	53
Figura 21. Medición del nivel freático del pozo Iamdesandi (estático). Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm.	

	Zona centro, Municipio San Diego, Edo. Carabobo. Fecha: 31/03/17.	53
Figura 22.	Medición de nivel estático del pozo Iamdesandi. Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm. Zona centro, Municipio San Diego, Edo. Carabobo. Fecha: 03/04/2017.	54
Figura 23.	Medición de nivel estático del pozo de observación. Coordenadas UTM 613503E; 1134139N. Elevación: 469 msnm. Zona centro, Municipio San Diego, Edo. Carabobo. Fecha: 03/04/2017.	54
Figura 24.	Medición de nivel estático del pozo Iamdesandi en compañía de José Verdespina Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm. Zona centro, Municipio San Diego, Edo. Carabobo. Fecha: 05/04/2017.	55
Figura 25.	Herramienta regla del Programa Google Earth.	56
Figura 26.	Distancia entre ambos pozos, mediante el Programa Google Earth.	57
Figura 27.	Coincidencia de puntos sobre la gráfica de Theis patrón.	58
Figura 28.	Distribución de porcentajes según el uso de los pozos de la zona centro, San Diego. Edo. Carabobo.	59
Figura 29.	Comparación de los resultados de los Sólidos Disueltos Totales respecto a las normas sanitarias de calidad de agua potable, gaceta n 36.395, pozo Iamdesandi de Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm. Zona Centro, Municipio San Diego, Edo. Carabobo.	63
Figura 30.	Comparación de los resultados de la Dureza Total respecto a las normas norma de calidad de aguas naturales, industriales y residuales, COVENIN 2771-91, pozo Iamdesandi de Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm. Zona centro, Municipio San Diego, Edo. Carabobo.	63
Figura 31.	Comparación de los resultados del pH respecto a las normas sanitarias de calidad de agua potable, gaceta n 36.395, pozo Iamdesandi de Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm. Zona centro, Municipio San Diego, Edo. Carabobo.	64
Figura 32.	Comparación de los resultados del Cloruro respecto a las normas sanitarias de calidad de agua potable, gaceta n 36.395, pozo Iamdesandi de Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm. Zona centro, Municipio San Diego, Edo. Carabobo.	64
Figura 33.	Comparación de los resultados del Sulfato respecto a las normas sanitarias de calidad de agua potable, gaceta n 36.395, pozo Iamdesandi de Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm. Zona centro, Municipio	

	San Diego, Edo. Carabobo.....	65
Figura 34.	Comparación de los resultados del Nitrito respecto a las normas sanitarias de calidad de agua potable, gaceta n 36.395, pozo Iamdesandi de Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm. Zona centro, Municipio San Diego, Edo. Carabobo.....	65
Figura 35.	Comparación de los resultados del Nitrato respecto a las normas sanitarias de calidad de agua potable, gaceta n 36.395, pozo Iamdesandi de Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm. Zona centro, Municipio San Diego, Edo. Carabobo.....	66
Figura 36.	Comparación de los resultados de los Coliformes Totales respecto a las Norma para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia, Gaceta N° 5305 Pozo Iamdesandi de Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm. Zona centro, Municipio San Diego, Edo. Carabobo.....	66
Figura 37.	Comparación de los resultados de los Coliformes Fecales respecto a las Norma para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia, Gaceta N° 5305 Pozo Iamdesandi de Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm. Zona centro, Municipio San Diego, Edo. Carabobo.....	67
Figura 38.	Variación del Nivel Estático en el pozo Iamdesandi durante el periodo de mediciones Coordenadas UTM 613796E; 1130970N.Elevación: 459 msnm. San Diego, Edo Carabobo.....	70
Figura 39.	Variación del Nivel Dinámico en el pozo Iamdesandi durante el periodo de mediciones Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm. San Diego, Edo Carabobo.....	70
Figura 40.	Variación del Caudal en el pozo Iamdesandi durante el periodo de mediciones Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm. San Diego. Edo. Carabobo.	71
Figura 41.	Variación del Nivel Estático en el Pozo Los Colores (pozo de observación) durante el periodo de mediciones Coordenadas UTM 613503E; 1134139N. Elevación: 469 msnm, San Diego. Edo. Carabobo.	71
Figura 42.	Caudal vs Tiempo del pozo Iamdesandi, Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm. San Diego Edo.Carabobo.	73
Figura 43.	Descenso vs Tiempo en el Pozo Iamdesandi (Prueba de Caudal Variable), Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm. San Diego Edo Carabobo.	74

Figura 44. Informe de resultados del análisis físico-químico y bacteriológico del pozo Iamdesandi del Municipio San Diego Estado Carabobo.	
Fuente: Laboratorio Ambiental Aragua.....	86
Figura 45. Medicion de nivel del pozo Iamdesandi de coordenadas UTM . 613796E; 1130970N; elevación 459 m.s.n.m. Municipio San Diego, estado Carabobo. Fecha: 24/01/2017.	89
Figura 46. Medicion de nivel del pozo Iamdesandi de coordenadas UTM 613796E; 1130970N; elevación 459 m.s.n.m. Municipio San Diego, estado Carabobo. Fecha: 15/03/2017.	90
Figura 47. Medicion de nivel del pozo Iamdesandi de coordenadas UTM 613796E; 1130970N; elevación 459 m.s.n.m. Municipio San Diego, estado Carabobo. Fecha: 23/03/2017.	90
Figura 48. Medicion de nivel del pozo Iamdesandi de coordenadas UTM 613796E; 1130970N; elevación 459 m.s.n.m. Municipio San Diego, estado Carabobo. Fecha: 30/03/2017.	91
Figura 49. Medición de nivel estático del pozo de observación Coordenadas UTM 613503E; 1134139N. Elevación: 469 msnm. Zona norte, Municipio San Diego, Edo. Carabobo. Fecha: 03/04/2017	91
Figura 50. Medición de nivel estático del pozo de observación Coordenadas UTM 613503E; 1134139N. Elevación: 469 msnm. Zona norte, Municipio San Diego, Edo. Carabobo. Fecha: 03/04/2017.....	92
Figura 51. Planilla de inventario de aguas subterranas del pozo Iamdesandi de coordenadas UTM 613796E; 1130970N; elevación 459 m.s.n.m. Municipio San Diego, Estado Carabobo.....	93
Figura 52. Carta de Aprobación Complejo Deportivo Iamdesandi. Fecha: 02/05/2017.....	96

ÍNDICE DE TABLAS

	P.p
Tabla 1. Valores típicos de coeficiente de almacenamiento. Fuente: Instituto Geológico y Minero de España.....	35
Tabla 2. Valores de coeficiente de almacenamiento típicos según tipo de suelo. Fuente: Instituto Geológico y Minero de España.....	36
Tabla 3. Valores de Transmisividad. Fuente: Benítez (1992). Captación de Aguas Subterráneas.....	37
Tabla 4. Identificación geográfica del pozo en estudio.	42
Tabla 5. Ubicación geográfica de los pozos	48
Tabla 6. Programación de mediciones del pozo Iamdesandi.	49
Tabla 7. Programación de mediciones del pozo de observación.	50
Tabla 8. Identificación Geográfica del pozo de observación.	56
Tabla 9. Identificación geográfica del pozo en estudio y el de observación.	60
Tabla 10. Parámetros relativos a la calidad organoléptica del agua potable. Fuente: Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable, Gaceta N° 36.395.....	61
Tabla 11. Componentes inorgánicos. Fuente: Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable, Gaceta N° 36.395.....	62
Tabla 12. Aguas Subtipo 1ª, Límites y Rangos. Fuente: Norma para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia, Gaceta N° 5305.....	62
Tabla 13. Clasificación de las aguas según su dureza. Fuente: norma de calidad de aguas naturales, industriales y residuales, COVENIN 277191.....	62
Tabla 14. Resultados del análisis físico-químico del pozo Iamdesandi.	68
Tabla 15. Nivel estático, dinámico y caudal del pozo Iamdesandi.	69
Tabla 16. Identificación del pozo utilizado para la estimación de los parámetros hidráulicos de transmisividad y coeficiente de almacenamiento	72
Tabla 17. Valores obtenidos de la prueba de caudal variable en el pozo Iamdesandi Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm. San Diego Edo. Carabobo.	73
Tabla 18. Punto de ajuste en el cálculo de transmisividad y coeficiente de almacenamiento.	75
Tabla 19. Parámetros necesarios para la aplicación de Theis	76
Tabla 20. Parámetros de Transmisividad y Coeficiente de Almacenamiento del Pozo Iamdesandi.	76
Tabla 21. Caudal, Nivel Estático, Nivel Dinámico del Pozo de Bombeo y de Observación durante el Periodo de Mediciones	88

INTRODUCCIÓN

Desde tiempos inmemoriales la utilización de los recursos naturales en la evolución de las condiciones de vida del ser humano ha sido clave dentro del proceso de adaptación a la sociedad; en este sentido, el agua calificada para el consumo humano pasó de ser solo utilizada por las personas para la limpieza de sus hogares, higiene, consumo y riego de los cultivos a la implementación industrial. De allí que, a medida que la humanidad avanza o evoluciona la explotación de los recursos naturales ha venido incrementándose, pasando de ser un bien de libre alcance para la población a poseer restricciones en su utilización.

En tal sentido, el agua potable ha venido siendo utilizada en todos los aspectos de la producción, distribución, consumo, higiene personal, aseo industrial y doméstico, lo que genera problemas en la distribución de dicho recurso a la población, en la actualidad a nivel mundial el acceso al agua potable es uno de los factores más importantes para el desarrollo de la economía y de las condiciones mínimas de vida de todo ser vivo, por consiguiente se sabe que la tasa de crecimiento poblacional es mayor lo que genera la reducción de las fuentes de abastecimiento de agua potable.

En este contexto, el recurso hídrico es considerado el elemento esencial para todo ser viviente y de la sociedad moderna, sin embargo, este recurso natural no solo es parte esencial de nuestra propia naturaleza física y la de otros seres vivos, sino que contribuye a la realización de todas las actividades humanas. El agua ofrece grandes beneficios al hombre, pero actualmente el acceso a este vital líquido con condiciones adecuadas cada vez resulta más difícil por varios factores entre los cuales se mencionan la contaminación de ríos, el aumento de la demanda del agua debido al crecimiento poblacional, de esta manera surge la necesidad de construir pozos que sustentan urbanismos.

En relación con lo antes mencionado, el conocer los parámetros hidráulicos de los pozos ubicados en el municipio San Diego del Estado Carabobo permitirá emprender el monitoreo de su sustentabilidad y así evitar la sobre explotación del acuífero, de igual forma, permitirá tener una base de datos en relación a la oferta y la demanda del agua que servirá a las autoridades de dicha localidad al momento de desarrollar conjuntos urbanísticos contribuyendo en la optimización de la distribución del recurso hídrico.

En otro sentido, el presente trabajo especial de grado se encuentra estructurado de la siguiente forma; en el capítulo I, se muestra el planteamiento del problema, los objetivos de la investigación tanto generales como específicos, la justificación, los alcances y limitaciones; en el capítulo II se encuentran los antecedentes, el marco de referencia y bases teóricas de la investigación, en el capítulo III se describe el tipo de investigación realizada, en el capítulo IV se representan los resultados obtenidos y su discusión, mostrando en el capítulo V las conclusiones y recomendaciones de este trabajo de grado.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

Según el Banco Mundial (2006) El descenso del nivel freático medio se produce siempre que hay una extracción continuada de agua en el acuífero. Sin embargo, este descenso no significa que el acuífero esté sobreexplotado. Normalmente lo que sucede es que el nivel freático busca una nueva cota de equilibrio en que se estabiliza. La sobreexplotación se produce cuando las extracciones totales de agua superan a la recarga, pudiendo ser una causa el crecimiento acelerado de la población aledaña.

De igual manera, Herrera (2012) establece que un acuífero es un depósito de agua que circula en el subsuelo, esta agua circula por un medio con poros relativamente pequeños, aunque existen excepciones, asimismo establece que un acuífero se considera sobreexplotado cuando la recarga es menor que la extracción de agua. Considera que el crecimiento de la ciudad afecta la cantidad de agua que puede infiltrarse al acuífero, es decir, la cantidad de agua que queda para la recarga, disminuye conforme crece la ciudad.

En este sentido, Herrera (2012) cuando hay sobreexplotación de los acuíferos, los niveles tienden a disminuir a medida que transcurre el tiempo, por lo general, en zonas más profundas la calidad del agua es menor.

En relación con lo anterior, Según el Banco Mundial (2001) el agua subterránea se explota mediante la perforación de pozos de extracción, generalmente en campos de pozo.

La extracción de agua subterránea da como resultado una disminución en los niveles de los acuíferos. Cuando la extracción es limitada, los niveles se estabilizan a un nuevo nivel de equilibrio, de manera que la afluencia a las zonas en que se bombean las aguas subterráneas equilibra la extracción. Sin embargo, en los casos en que la extracción de agua subterránea es intensa y concentrada, a tal punto que excede considerablemente las tasas medias de recarga locales, esos niveles pueden seguir bajando durante décadas. Las caídas graves pueden reducir el rendimiento de los pozos, y dar lugar a un ciclo costoso e ineficiente de profundización de los pozos para recuperar productividad, o incluso a la pérdida prematura de las inversiones causada por el abandono de los pozos.

No obstante, una consecuencia de la sobreexplotación es el empeoramiento de la calidad química de las aguas subterráneas, a causa de factores como la menor disolución de las aguas antiguas almacenadas en el acuífero con las nuevas de la recarga anual, lo que favorece la concentración de sales, la salinización de los pozos por el avance de las aguas marinas tierra adentro al alterarse del equilibrio agua dulce-agua salada, la recarga inducida de las aguas contaminadas de los ríos a los acuíferos, ya que los ríos pasan de ser efluentes a ser influyentes, recarga inducida de las aguas contaminadas por lixiviación de los focos contaminantes situados sobre el acuífero. También pueden producirse riesgos geofísicos como la sobreexplotación de algunos acuíferos puede inducir a la subsidencia del terreno al disminuir la presión efectiva que ejercen las aguas subterráneas, produciéndose asentamientos y colapsos de suelos y el abandono del bombeo en un acuífero sobreexplotado puede provocar una subida rápida del nivel freático, inundando aquellas edificaciones que habían sido construidas cuando los niveles estaban más bajos.

Sin embargo, en Venezuela las aguas subterráneas se estiman en una magnitud de reservas de aproximadamente 7.700 millones de m³ en una superficie total de 468.000 km², de los cuales el volumen aprovechable es de 23 millones de m³, sin incluir las reservas de la margen derecha del río Orinoco. Igualmente, se estima que los acuíferos con mayor potencial hidrogeológico cubren una superficie total de 352.000 km², que representa el 42% del territorio nacional. (GEO Venezuela, Venezuela Perspectivas del Ambiente en Venezuela, 2010).

En este orden, en el Estado Carabobo los usos principales del agua son: el doméstico, industrial, riego y recreacional. La demanda doméstica y parte de la industrial está servida por HIDROCENTRO; el resto de la parte industrial y la de riego proviene de la perforación de pozos profundos.

En consecuencia, el agua representa uno de los factores fundamentales para el desarrollo de las actividades económicas del estado, es de allí, que surge el objeto de estudio de esta investigación, a fin de estimar los parámetros hidráulicos del acuífero del municipio San Diego 2017, zona Centro, que permitirán una estimación de sus parámetros que sean aprovechables tanto en la administración del estado como de los pobladores que reciben dicho beneficio.

De allí que, en base al planteamiento antes descrito surgen las siguientes interrogantes:

¿Cuáles pozos subterráneos podrán ser medidos en su variable de nivel?

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

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

1.3 Objetivos de la Investigación

Objetivo General

Analizar los parámetros hidráulicos del acuífero del Municipio San Diego, Edo. Carabobo.

Objetivos Específicos

1. Identificar los pozos de agua subterránea en la zona centro del Municipio San Diego. Edo Carabobo.
2. Describir los parámetros físico-químicos del agua proveniente del pozo en la zona Centro del Municipio San Diego. Edo 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.

1.4 Justificación

De manera general, el agua subterránea es de esencial importancia para nuestra civilización porque supone la mayor reserva de agua potable en las regiones habitadas por los seres humanos. Puede aparecer en la superficie en forma de manantiales, o puede ser extraída mediante pozos. En tiempos de sequía, puede servir para mantener el flujo de agua superficial, pero incluso cuando no hay escasez, es preferible utilizar agua subterránea porque no tiende a estar contaminada por residuos o microorganismos.

Por lo tanto, la principal importancia de conocer los parámetros hidráulicos y la calidad del agua del acuífero del Municipio San Diego del Estado Carabobo es para saber si hay alteraciones de estos que puedan ocasionar daños en la salud de los

habitantes de dicho Municipio, previniendo a tiempo cualquier eventualidad de esta naturaleza. Además de ello conocer dichos parámetros brinda soporte técnico a las autoridades y a la Fundación para el mantenimiento urbano y conservación del municipio San Diego (FUMCOSANDI). Esta fundación se encarga del mantenimiento de las áreas verdes, caminerías, aceras y zonas recreativas tales como plazas, parques, bulevares entre muchas otras actividades en pro de la conservación ambiental y agrado social del Municipio San Diego del Estado Carabobo.

De igual forma, saber dichas estimaciones de los parámetros hidráulicos permitirá a los entes reguladores del estado y a sus beneficiarios un mejor conocimiento bien sea en el plano social, o como en el desarrollo urbanístico de la zona, ya que tener conocimiento de esto conlleva a saber la capacidad que tiene el acuífero para brindar el beneficio a un número de habitantes, de tal forma influye en el aspecto económico permitiendo conocer si un proyecto de inversión se puede o no realizar en la zona.

Cabe destacar que el estudio de los parámetros hidráulicos del acuífero está adscrito a la línea de investigación modelación hidrológica del Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales UC CIHAM-UC.

Además, el conocimiento de los parámetros hidrológicos permite a los participantes de esta investigación y estudios futuros, abordar temas como la preservación y explotación del acuífero por parte de las comunidades aledañas, uso irracional, contaminación de los pozos, entre otros temas.

1.5 Alcances

- El alcance del estudio en las estimaciones de los parámetros de los acuíferos del municipio san diego servirá para el fortalecimiento en la planificación y proyección de los entes reguladores de las aguas subterráneas, manteniendo el equilibrio ecológico. Las mediciones serán tomadas una o dos veces por semana durante 2 meses.

- Se obtendrán resultados físico-químicos y bacteriológicos para saber la calidad del agua de los pozos de la Zona Centro de San Diego, tales estudios serán: pH, cloruro, sólidos disueltos totales, dureza total, nitrato, nitrito, entre otros.

1.6 Limitaciones

- El trabajo especial de grado solo contempla el estudio para el Municipio San Diego del Estado Carabobo que se encuentra en el extremo Centro-Norte de la región central del país, utilizando la zona Centro del Municipio como lugar de estudio. Cabe destacar que este estudio sigue la línea de investigación adjunta al Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales de la Universidad de Carabobo.
- Se toma una única muestra para analizar la calidad del agua debido a que se cuenta con el apoyo del Laboratorio Ambiental Aragua, Dirección Estatal para Ecosocialismo y Aguas.
- Debido a la falta de mantenimiento y mala construcción de los pozos en la Zona Centro, dificulta la realización de ensayos, ya que al momento de utilizar los aparatos se ponen en riesgos los instrumentos al quedar atascados con los cables de los equipos para el bombeo, varios pozos de la Zona Centro no cumplen con las especificaciones de proveer un pozo de observación según la norma para la ubicación, construcción y mantenimiento de pozos destinados a la distribución de agua potable Gaceta N° 36.298
- Al momento de seleccionar los pozos a los cuales se le van a realizar los estudios físico-químicos y medir los parámetros hidráulicos, muchos pozos se encontraron clausurados debido a que están contaminados y además de ello la clausura es por incumplir la norma para la ubicación, construcción y mantenimiento de pozos destinados a la distribución de agua potable Gaceta N° 36.298 y estar fuera del decreto N° 2048 de esta misma norma.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Antecedentes de La Investigación

Según Tamayo y Tamayo (2006), “En los antecedentes se trata de hacer una síntesis conceptual de las investigaciones o trabajos realizados sobre el problema formulado con el fin de determinar el enfoque metodológico de la misma investigación. El antecedente puede indicar conclusiones existentes en torno al problema planteado.

En la presentación de antecedentes se busca aprovechar teorías existentes sobre el problema con el fin de estructurar el marco metodológico. Debe estar en función del problema y ser un medio seguro para lograr los objetivos del mismo”.

Para Barelli (2011). En su trabajo de grado titulado: Estudio Hidrológico de Aguas Subterráneas en un Sector del Campo Bares, Estado Anzoátegui. Este trabajo tuvo como finalidad realizar un estudio detallado en torno a un modelo de flujo de aguas subterráneas, con el propósito de identificar la distribución de permeabilidades, las direcciones y velocidades de flujo subterráneo en la zona. Fue elaborado un perfil litológico que muestra las unidades litoestratigráficas, profundidades de perforación y distribución de rocas permeables entre los tres pozos. Así mismo se determinó en mapas topográficos, las zonas de recarga y descarga en los sedimentos permeables del acuífero. Dentro de los resultados obtenidos se generó una base cartográfica de georeferencia digital de la zona de estudio en la plataforma ArcGis 9.2®, conteniendo información geológica tanto regional como local; igualmente se implementó recopilada

de geología regional y geología local, y se implementó la plataforma de Visual Modflow 4.2 Pro®, para producir un modelo hidrogeológico de aguas subterráneas digitalizado entre los tres pozos mencionados, cuyo fin fue el de obtener las direcciones y velocidades de flujo subterráneo de la zona en estudio.

Vázquez y Hernández (2016) en su tesis titulada Estimación de Parámetros Hidráulicos en el Acuífero del Municipio San Diego, Estado Carabobo en el año 2016, Sector Zona Industrial. Obteniendo como resultado una Transmisividad de 3,46 ($\text{m}^2/\text{día}$) lo cual se denomina bajo, lo cual indica un movimiento horizontal del agua lento y un Coeficiente de Almacenamiento de $5,94\text{E}-16$ que es un valor también bajo lo que clasifica el acuífero de tipo confinado.

Vegas y Palma (2016) en su tesis titulada Estimación de Parámetros Hidráulicos del Municipio San Diego 2016: Zona Norte, Estado Carabobo. En el estudio realizaron días de visitas para la toma del nivel estático, nivel dinámico y aforo, con el fin de representar gráficos de variaciones de caudal vs periodo de muestreo y nivel vs periodo de muestreo. Como resultado de la investigación lograron estimar que el acuífero era confinado teniendo un Coeficiente de Almacenamiento de $1,55\text{E}-14$ y una Transmisividad de $19,47$ ($\text{m}^2/\text{día}$).

Marco de referencia

San Diego, es uno de los 14 municipios autónomos que conforman el Estado Carabobo, ubicado en la Región Central de Venezuela. Forma parte del Área Metropolitana de la ciudad de Valencia. Está ubicado al norte del Lago de Valencia, teniendo una población para el 2014 según Catastro de 131.368 habitantes. Limita al norte con el Municipio Puerto Cabello, por la divisoria de aguas de la Cordillera de la Costa, atravesando el Parque San Esteban; al sur con los Municipios Valencia y Los

Guayos, por el eje de la Autopista Regional del Centro, desde el distribuidor el Morro hasta Punta Tapiaca; al este con el Municipio Guacara, siguiendo la divisoria de aguas del cerro la Josefina desde Punta Tapiaca hasta el límite con el Municipio Puerto Cabello y al oeste con los Municipios Valencia y Naguanagua, por la divisoria de aguas del cerro El Trigal, pasando por estrecho de Bárbula hacia el límite con el Municipio Puerto Cabello.

Sectorización del Municipio San Diego

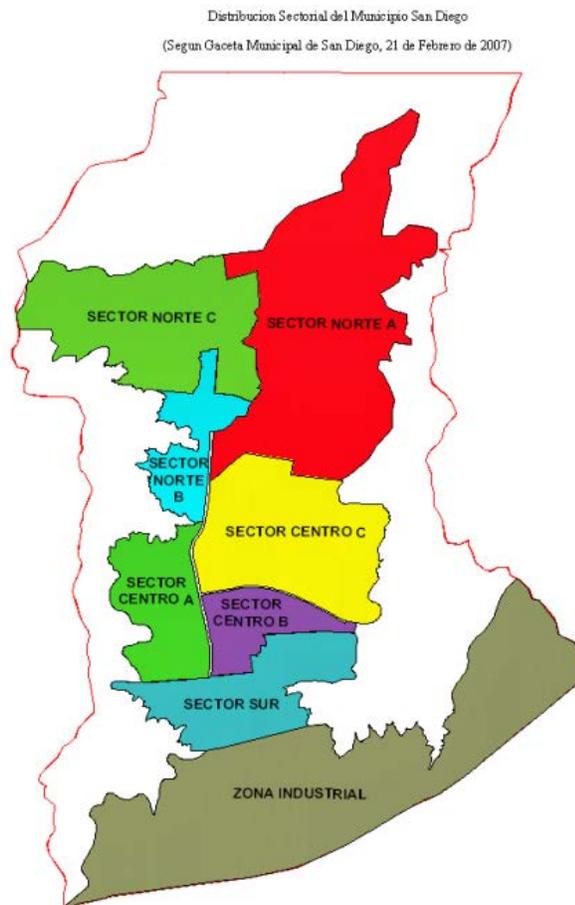


Figura 1 Mapa Sectorizado del Municipio San Diego, Edo. Carabobo

Fuente: Alcaldía de San Diego (Pagina web)

- **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 Higuerote, Villa del Rey, Asoprobivisan, la Leonera, El Otro Lado, Las Morochas I, II, III, IV, Valle Fresco Norte, La Ponderosa, El Manantial, Santa Eduvigés, 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, Resd. 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, Resd. Los Anaucos, Terranostra, Resd. Orión, Aceprovisa, 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.

Bases Teóricas

Tipos de acuíferos

Según su circunstancia hidráulica y estructurales

Los acuíferos según sus circunstancias hidráulicas y estructurales pueden funcionar de 3 distintas formas, las cuales se pueden visualizar en las figuras 2, 3 y 4.

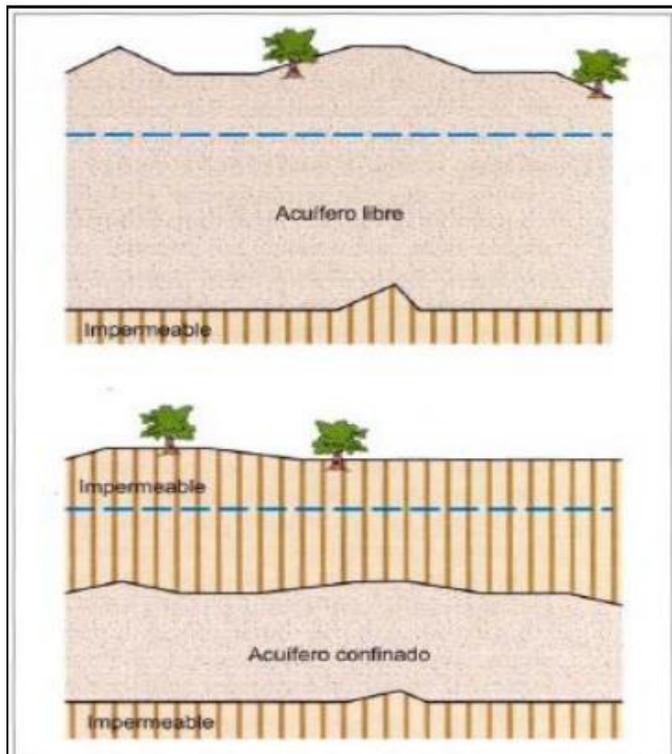


Figura 2. Acuífero libre y confinado. Fuente: González Vallejo, 2004

Acuíferos libres

Es aquel acuífero que se encuentra en directo contacto con la zona subsaturada del suelo. En este acuífero la presión de agua en la zona superior es igual a la presión atmosférica, aumentando en profundidad a medida que aumenta el espesor saturado.

Acuíferos confinados o cautivos

Son aquellas formaciones en las que el agua subterránea se encuentra encerrada entre dos capas impermeables y es sometida a una presión distinta a la atmosférica (superior). Sólo recibe el agua de lluvia por una zona en la que existen materiales permeables, recarga alóctona donde el área de recarga se encuentra alejada del punto de medición, y puede ser directa o indirecta dependiendo de si es agua de lluvia que

entra en contacto directo con un afloramiento del agua subterránea, o las precipitaciones deben atravesar las diferentes capas de suelo antes de ser integrada al agua subterránea. A las zonas de recarga se les puede llamar zonas de alimentación. Debido a las capas impermeables que encierran al acuífero, nunca se evidenciarán recargas autóctonas (situación en la que el agua proviene de un área de recarga situada sobre el acuífero), caso típico de los acuíferos semiconfinados y los no confinados o libres (freáticos).

También cautivos o bajo presión, son aquellos en los que el agua contenida se encuentra bajo una presión mayor que la atmosférica. Esta situación se debe a que se encuentran limitados por estratos impermeables (acuiclusos).

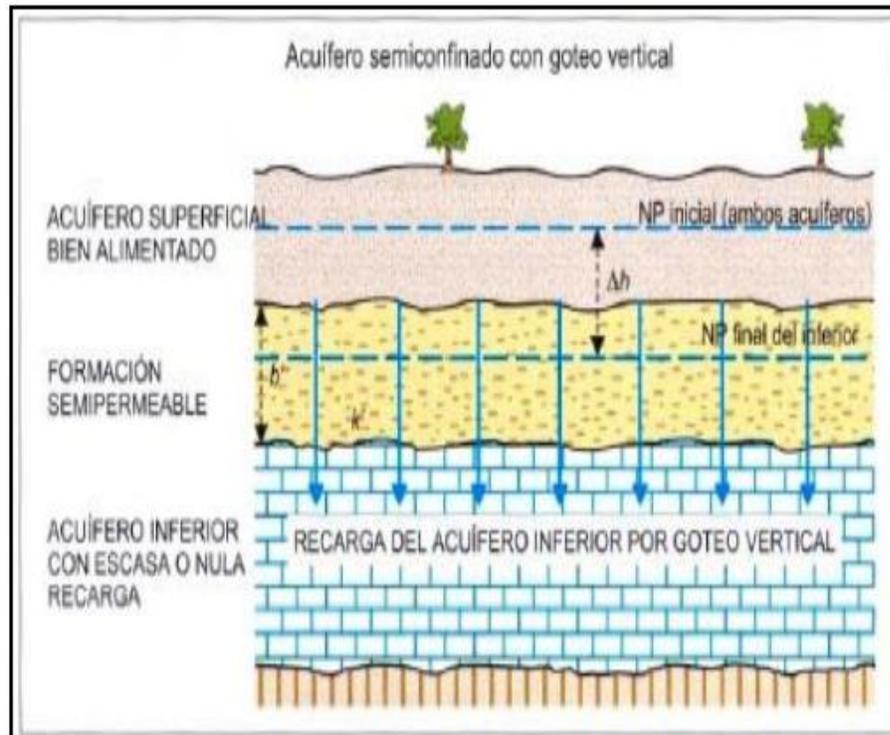


Figura 3. Acuífero semiconfinado. Fuente: González Vallejo, 2004

Acuíferos semiconfinados

En estos casos, los materiales que los rodean no son todos impermeables; así, el paquete superior o semiconfinante lo constituye una formación semipermeable que permite el paso del agua de otros acuíferos superiores al inferior semiconfinado. La velocidad del movimiento del agua en estos acuíferos ante un bombeo es más moderada que en los cautivos y los radios de influencia tienen valores medios entre los libres y los cautivos. Un acuífero semiconfinado es un sistema físico integrado por un acuífero superior bien alimentado, un paquete semipermeable o acuitardo y un acuífero inferior semiconfinado; la diferencia de niveles entre el acuífero superior e inferior acarrea una transferencia de agua verticalmente que alimenta al acuífero inferior. (González de Vallejo, 2004).

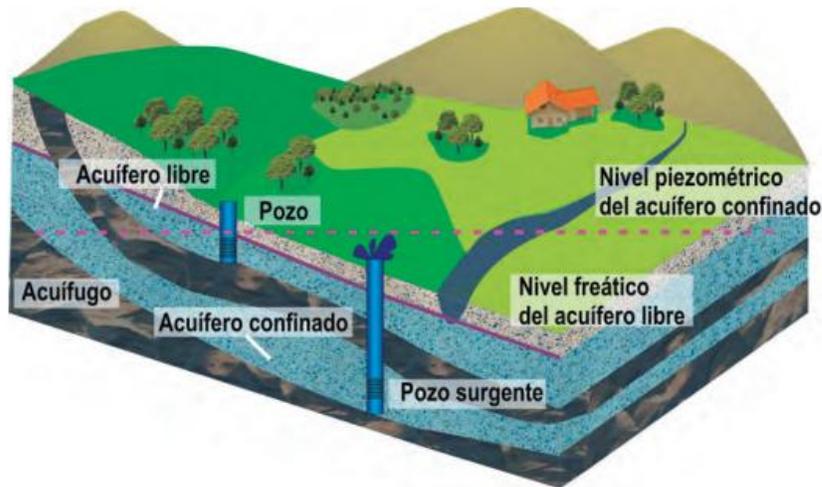


Figura 4. Tipos de acuíferos. Fuente: Caraballo y Montaña, 2012

Nivel freático

El nivel freático corresponde (en un acuífero libre) a la profundidad a la cual se encuentra el agua subterránea. En éste caso, la presión de agua del acuífero es igual a

la presión atmosférica. También se conoce como capa freática, tabla de agua o simplemente freático. Al perforar un pozo en un acuífero libre, el nivel freático es la profundidad a la que se encuentra el agua, medida desde la superficie del terreno. En el caso de un acuífero confinado, el nivel de agua que se observa en el pozo, corresponde al nivel piezométrico, el cual es equivalente a la presión hidrostática a la cual está sometido el acuífero.

Calidad del agua subterránea

Características generales del agua.

El agua cubre el 75% de la superficie de la corteza terrestre, localizada principalmente en los océanos, donde se concentra el 95% del agua total. Su gravedad específica es: 1. Calor específico: 1. A presión atmosférica normal hierve a 100° C y se congela a 0° C. Alcanza su densidad máxima a los 4° C (un gramo por cm³), en las propiedades del agua se han basado múltiples medidas físicas, como la graduación del termómetro, el peso específico, el calor específico, entre otros. Tratándose del agua destinada al abastecimiento humano, cuando ésta no es tratada se llama agua natural y el agua tratada se le llama agua depurada, también el agua potable no debe tener sabor ni olor extraños. No obstante, conviene que el agua contenga cierta cantidad de sal, ya que en caso contrario, resulta insípida. Debe ser inodora, tanto en fría como caliente desprende leve alcalinización, debe poseer un sabor agradable que le confieren las sales y gases disueltos en ella (Figuera, 2005).

Características físico-químicas del agua subterránea.

El proceso de infiltración a través del suelo es muy importante para la composición química del agua subterránea. Con frecuencia gran parte de su componente geoquímico es adquirido por ella en los primeros metros de su recorrido, aunque después su recorrido se extienda por varios kilómetros. Esto se debe

principalmente a que el agua en el suelo tiende a ser ácida por la reacción con el CO₂, una cantidad importante de este gas está contenido en los poros del suelo (Figuera, 2005).

La evolución físico-química depende de los minerales con los que entre en contacto y el tiempo del mismo contacto. Por otro lado, un mecanismo importante que altera las condiciones físico-químicas del agua en el subsuelo es la adición de material contaminante, biótico o abiótico, como consecuencia de las actividades humanas que incluye la sobre explotación de las capas acuíferas, así como las actividades agrícolas, industriales y mineras, los rellenos sanitarios o vertederos, los pozos sépticos o cuerpos de aguas que han sido contaminados por alguno de los anteriores (Figuera, 2005).

Más allá del proceso que intervino en la evolución físico- química del agua subterránea, su contenido mineral o de material orgánico, debe ser determinado con la mayor precisión mediante análisis de campo y laboratorio para poder recomendar sobre su uso más adecuado. Con el tiempo, mediante los estudios sobre la calidad del agua y sus efectos, se han ido estableciendo los valores de concentración de estos componentes disueltos o en suspensión en el agua, cuyo exceso restringe su aprovechamiento. Para el caso de nuestro país estos límites están establecidos en el Decreto N° 883, (Gaceta oficial n° 5021, 1995) en “Normas para la clasificación y el control de calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos”.

Citando el Decreto 883, en el artículo 3°, son clasificadas las aguas de la siguiente manera:

Aguas tipo 1: Aguas destinadas al uso doméstico y al uso industrial que requiera agua potable, siempre que ésta forme parte de un producto o un subproducto destinado al consumo humano o que entre en contacto con él. Y a su vez se subdividen:

Subtipo 1A: Aguas que desde el punto de vista sanitario pueden ser acondicionados con la sola adición de desinfectantes.

Subtipo 1B: Aguas que pueden ser acondicionadas por medio de tratamientos convencionales de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y cloración.

Subtipo 1C: Aguas que pueden ser acondicionadas por procesos de potabilización no convencional.

Las características o parámetros evaluados en los pozos son:

- ✓ El coeficiente de almacenamiento (S)
- ✓ Transmisividad (T)

El coeficiente de transmisividad y el de almacenamiento son muy importantes, porque ellos definen las características hidráulicas del acuífero.

Coefficiente de almacenamiento: volumen de agua que puede ser liberado por un acuífero, por una columna cuya base tiene un área unitaria y una altura igual al espesor del acuífero, cuando se produce un descenso de una unidad del nivel piezométrico. Valores comunes para acuíferos confinados en el orden de 10^{-4} .

Tabla 1. Valores de coeficiente de almacenamiento. Fuente: Instituto Geológico y Minero de España

Tabla 2.4 - Valores típicos de coeficientes de almacenamiento.

Tipo de material permeable.	Forma de funcionamiento del acuífero.	Valores medios de S.
Kárstico Calizas y dolomías Jurásicas Calizas y dolomías Cretácicas y terciarias.	Libre	$2 \cdot 10^{-2}$
	Semiconfinado	$5 \cdot 10^{-4}$
	Confinado	$2 \cdot 10^{-5}$
Calizas y dolomías Cretácicas y terciarias.	Libre	$2 \cdot 10^{-2} - 6 \cdot 10^{-2}$
	Semiconfinado	$10^{-3} - 5 \cdot 10^{-4}$
	Confinado	$10^{-4} - 5 \cdot 10^{-5}$
Poroso intergranular Gravas y arenas.	Libre	$5 \cdot 10^{-2} - 15 \cdot 10^{-2}$
	Semiconfinado	10^{-3}
	Confinado	10^{-4}
Kársticos y porosos Calcarenitias marinas terciarias.	Libre	$15 \cdot 10^{-2} - 18 \cdot 10^{-2}$

IGME 1984

Tabla 2. Valores de coeficiente de almacenamiento típicos según tipo de suelo.

Fuente: Instituto Geológico y Minero de España

Material acuífero	Funcionamiento del acuífero	Valor de S
Acuíferos kársticos Calizas Dolomías	Libre	0,02 – 0,06
	Semiconfinado	$10^{-3} - 5 \cdot 10^{-4}$
	Confinado	$10^{-4} - 5 \cdot 10^{-5}$
Acuíferos porosos intergranulares Gravas Arenas	Libre	0,05 – 0,15
	Semiconfinado	10^{-3}
	Confinado	10^{-4}
Acuíferos kársticos y porosos Calcarenitas	Libre	0,15 – 0,18

Transmisividad: Se define como el caudal que se filtra a través de una franja vertical de terreno de ancho unitario y de altura igual a la de la zona saturada bajo un gradiente unitario y a una temperatura fija de 20 °C.

$$T=kb$$

k: Conductividad hidráulica (permeabilidad)

b: Espesor saturado

$$Q=kiA$$

Si la sección tiene una longitud L y una potencia b igual a la del acuífero:

$$A=HL$$

$$Q=kHiL$$

La Transmisividad es $T=kb$

La Ley de Darcy se puede expresar como $Q= TiL$

La Transmisividad tiene dimensiones L^2T^{-1} y unidades de m²/día.

El coeficiente de transmisividad indica cuánta agua se moverá a través de la formación; mientras que el coeficiente de almacenamiento, indica cuánta agua está almacenada en la formación con posibilidades de ser removida por bombeo o drenaje.

Cuando se perfora un acuífero, la transmisividad es un parámetro que da una idea de la productividad del acuífero; es decir, de la capacidad del mismo para permitir la extracción del agua en el pozo (Arocha et al., 1967)

Tabla 3. Valores de Transmisividad. Fuente: Benítez (1992) Captación de Aguas Subterráneas

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

$$T \text{ (m}^2\text{/día)} = 100 q_e = 100 Q \text{ (l/seg)} / \Delta s \text{ (m)}$$

Formula de Theis

La expresión propuesta por Charles Vernon Theis, desarrollada para acuíferos confinados, es la que se muestra a continuación:

$$d = \frac{Q}{4\pi T} \cdot W(u) \quad \text{Despejando} \quad T = \frac{Q}{4\pi d} \cdot W(u) \quad \text{Ecuación (I)}$$

$$u = \frac{r^2 S}{4Tt} \quad \text{Despejando} \quad S = \frac{4Ttu}{r^2} \quad \text{Ecuación (II)}$$

$$W(u) = -0.577 - \ln(u) + u - \frac{u^2}{2 \cdot 2!} + \frac{u^3}{3 \cdot 3!} - \frac{u^4}{4 \cdot 4!} + \frac{u^5}{5 \cdot 5!} - \dots \quad \dot{\circ}$$

$$W(u) = \int_u^{\infty} \frac{e^{-u}}{u} du$$

d: Depresión (m)

Q: Caudal (m³/s)

T: Transmisividad (m²/s)

r: Distancia del pozo de observación al pozo de bombeo (m)

S: Almacenamiento (m²/s)

t: Tiempo desde el inicio del bombeo (s)

W(u): Función de Pozo (Integral Exponencial)

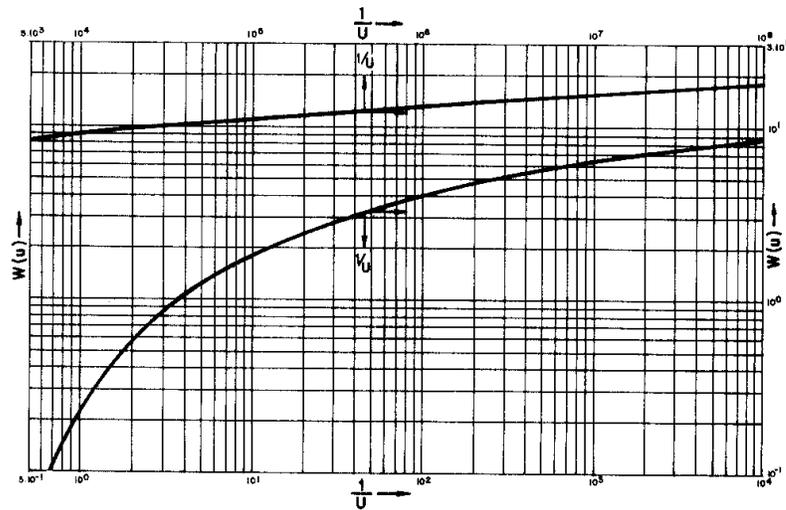


Figura 5. Función de pozo en acuífero confinado (curva de Theis). Fuente: Benítez (1963)

El cálculo de los parámetros se basa en el llamado método de coincidencia de curvas, que hace coincidir la curva tipo $\log(W(u))$ versus $\log(1/u)$ con tres alternativas de curvas:

- ✓ Representación $\log(s)$ v/s $\log(r^2/t)$
- ✓ Representación $\log(s)$ v/s $\log(t)$
- ✓ Representación $\log(s)$ v/s $\log(r^2)$

Con cada una de ellas se obtienen los términos que permiten determinar, haciendo uso de las ecuaciones I y II, los parámetros del acuífero T y S.

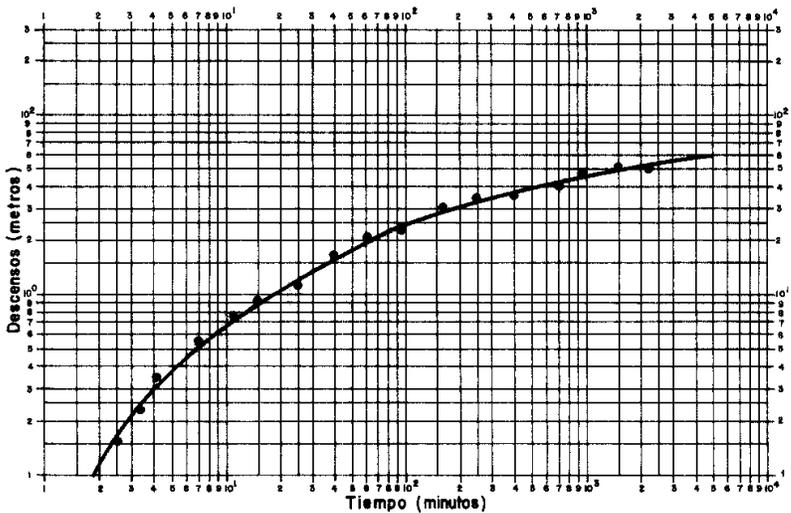


Figura 6. Curva en campo descenso vs tiempo. Fuente: Benítez (1963)

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

El marco metodológico de la investigación se refiere a las vías a seguir desde que se inicia la investigación hasta la finalización del mismo. En este sentido Franco, Y (2011) define el marco metodológico como:

“Es el conjunto de acciones destinadas a describir y analizar el fondo del problema planteado, a través de procedimientos específicos que incluyen las técnicas de observación y recolección de datos, determinan el “cómo” se realizará el estudio, esta tarea consiste en hacer operativa los conceptos y elementos del problema que estudiamos, al respecto Carlos Sabino nos dice: “En cuanto a los elementos que es necesario operacionalizar pueden dividirse en dos grandes campos que requieren un tratamiento diferenciado por su propia naturaleza: el universo y las variable” (Pág. 118).

El objetivo de esta investigación es analizar los parámetros hidráulicos del acuífero del Municipio San Diego Edo Carabobo. Caso: Sector Centro.

Tipo de investigación

En cuanto al tipo de investigación de este estudio se puede decir que es del tipo descriptivo con modalidad de campo, siguiendo los lineamientos explicados por Arias 2012:

Arias (2012), “La investigación explicativa se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. En este sentido, los estudios explicativos pueden ocuparse tanto de la determinación de las causas (investigación post facto), como de los efectos (investigación experimental), mediante

la prueba de hipótesis. Sus resultados y conclusiones constituyen el nivel más profundo de conocimientos”. (pag.26)

Arias (2012) “La investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de todos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variables alguna, es decir, el investigador obtiene la información pero no altera las condiciones existentes”. Demostrando así que la investigación se caracteriza por ser de campo, puesto que se recolecta la información en el lugar donde ocurren los hechos en el área del acuífero ubicado en el Edo. Carabobo, San Diego, Caso: Sector Zona Centro.

Población

Para Chávez (2007), la población “es el universo de estudio de la investigación, sobre el cual se pretende generalizar los resultados, constituida por características o estratos que le permiten distinguir los sujetos, unos de otros”. (p.162)

En este mismo orden de ideas, Corbetta (2007), define a la población como “un conjunto de N unidades, que constituyen el objeto de un estudio; donde N es el tamaño de la población”. (p. 274).

La población a la cual está referida el presente trabajo lo constituye la población finita de 17 pozos pertenecientes al Municipio San Diego del Estado Carabobo, Sector Centro. Cabe destacar que la fuente de información para obtener dicho número de pozos fue aportado por el Ministerio del Poder Popular para Ecosocialismo y Aguas (MINEA).

Muestra

Balestrini (2006), señala que: “una muestra es una parte representativa de una población, cuyas características deben producirse en ella, lo más exacta posible. (pág. 141)”.

De Barrera (2008), señala que la muestra se realiza cuando:

La población es tan grande o inaccesible que no se puede estudiar toda, entonces el investigador tendrá la posibilidad de seleccionar una muestra. El muestreo no es un requisito indispensable en toda investigación, eso depende de los propósitos del investigador, el contexto, y las características de sus unidades de estudio. (pág. 141).

En este caso se seleccionó un pozo de la población, ubicado en la zona Centro del Municipio San Diego, el pozo del Instituto Autónomo Municipal de Deporte San Diego (Iamdesandi) de coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación 459 msnm y el otro pozo “Los Colores” (pozo de observación) de coordenadas UTM 613503E; 1134139N. Elevación 469 m.s.n.m.

Tabla 4. Identificación geográfica del pozo en estudio Municipio San Diego, Edo. Carabobo.

IDENTIFICACION DEL POZO DE AGUA SUBTERRANEA						
URBANIZACION	COORDENADAS (m)			PROFUNDIDAD (m)	MUNICIPIO	USO
	X	Y	Z			
Urb. Valle Verde Av. Circunvalación Sur	613796	1130970	459	N/E	San Diego	Abastecimiento Poblacional

Técnicas e instrumentos de recolección de información

Bavaresco (2001), sostiene que las técnicas conducen a la verificación del problema, planteado por consiguiente, que cada tipo de investigación determinará las técnicas a utilizar y cada técnica establecerá sus herramientas o medios a emplear. La técnica a utilizar en la presente investigación es la de observación estructurada, ya que permite a los autores captar la realidad sin distorsionar la información, pues lleva a establecer la verdadera realidad del fenómeno. Siempre consultando la información documentada, ya que en muchos casos la información requerida para esta investigación se encontraba registrada por propietarios de pozos y entes públicos.

Los instrumentos de recolección de datos son los medios que utiliza el investigador para medir el comportamiento o atributos de la variable. Entre estos se pueden mencionar: la observación directa, sondeos, encuestas entre otros.

Para este trabajo de investigación se utilizó un instrumento elaborado por el Ministerio Popular del Ambiente del Estado Carabobo, la cual trata de una ficha de registro en la que es necesario identificar la ubicación del pozo, nivel del agua, uso, estado actual.



Figura 7. Sonda marca PLM utilizada para medir nivel.



Figura 8. Tobo de 18 litros, para medir caudal.

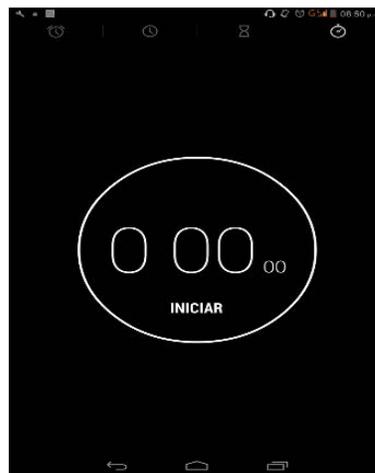


Figura 9. Cronómetro.

Fases de la investigación

Fase I: Identificar los pozos de agua subterránea en la zona Centro del Municipio San Diego del Estado Carabobo.

Con el apoyo del Ing. Víctor Carrillo y el Licdo. Juan De Farías perteneciente al Ministerio del Poder Popular para Ecosocialismo y Aguas, se coordinó y ejecutó un recorrido por varios pozos de la zona Centro de San Diego, para así seleccionar la ubicación del pozo estudiado en el presente trabajo.

En cada pozo que se llegaba, como primer paso y determinante para la selección del pozo, era introducir la sonda por el orificio destinado para esto, muy importante debido al poco mantenimiento de los pozos, la sonda se podía quedar atascada, presentando así dificultades para un correcto estudio durante todo el periodo de mediciones.

En esta misma fase se ubican las coordenadas UTM de ambos pozos en estudio, mediante el software Google Earth.

1. Se inicia el programa y en “buscar” se escribió “San Diego, Carabobo” para tener un punto de partida.

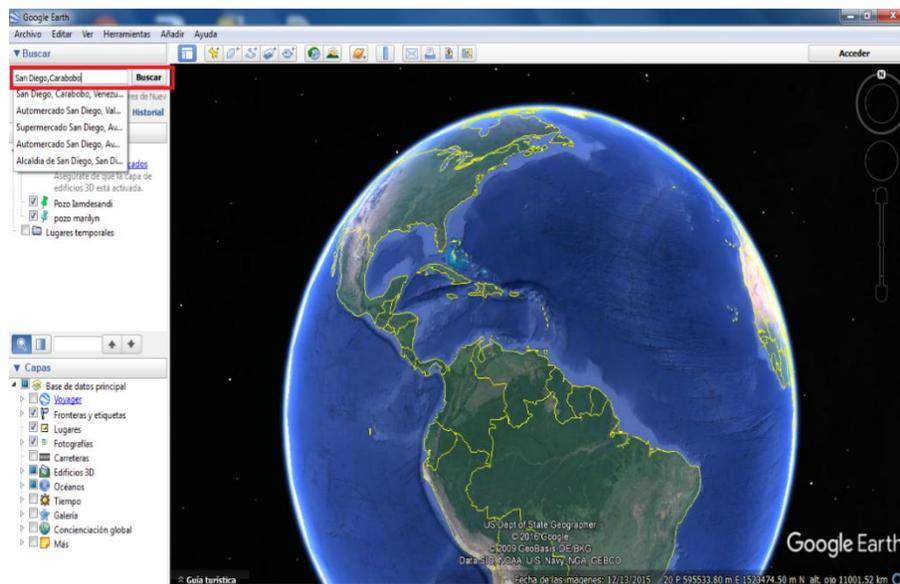


Figura 10. Entrada a la ubicación geográfica. Fuente: Google Earth.

2. Ubicar la marca en donde se encuentra el primer pozo y posteriormente se determinan sus coordenadas UTM. Para esto se debe dar clic en el icono amarillo

(añade un marcador de posición), de la barra de herramientas ubicada en la parte superior.

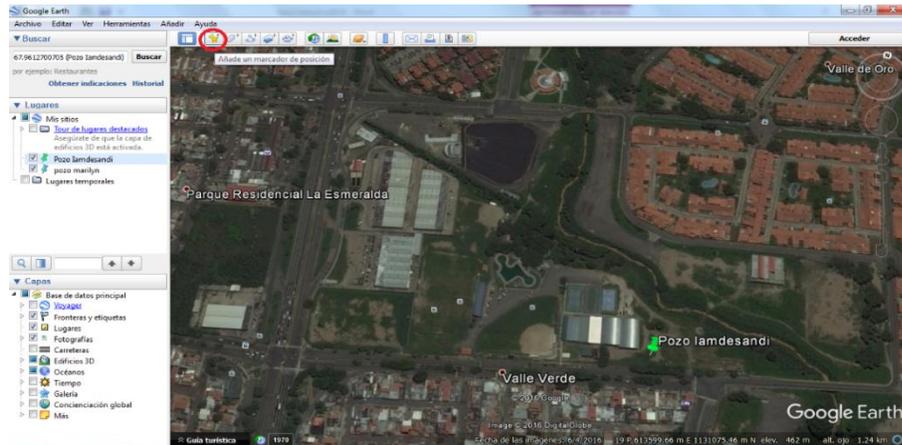


Figura 11. Marca de posición. Fuente: Google Earth.

3. El programa por defecto los resultados de las coordenadas los arroja en grados, minutos y segundos, se deben convertir a UTM, para esto se da clic en herramientas luego opciones, como se muestra en la siguiente figura.

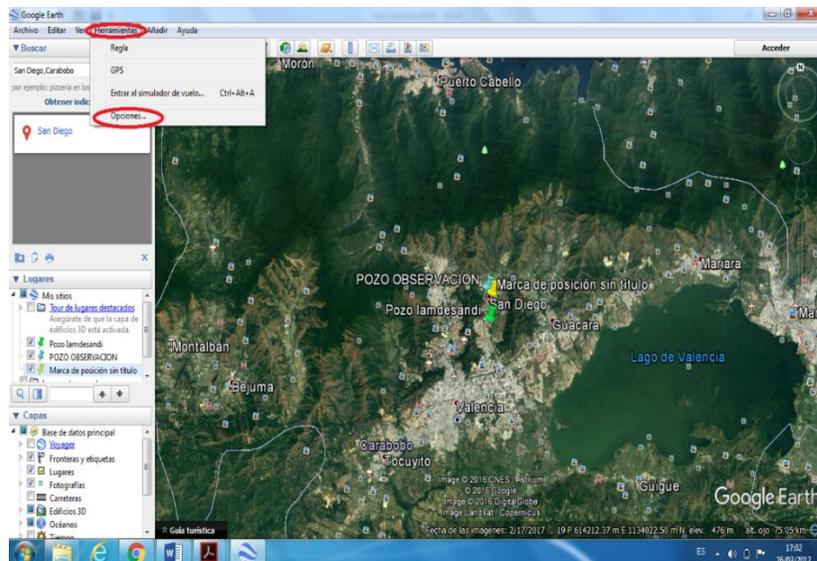


Figura 12. Herramientas. Fuente: Google Earth.

4. Se cambia la opción para obtener los resultados en UTM. Luego de opciones de herramientas, en el grupo Lat./long. Se selecciona la opción Universal Transversal de Mercator. Luego aplicar y aceptar.

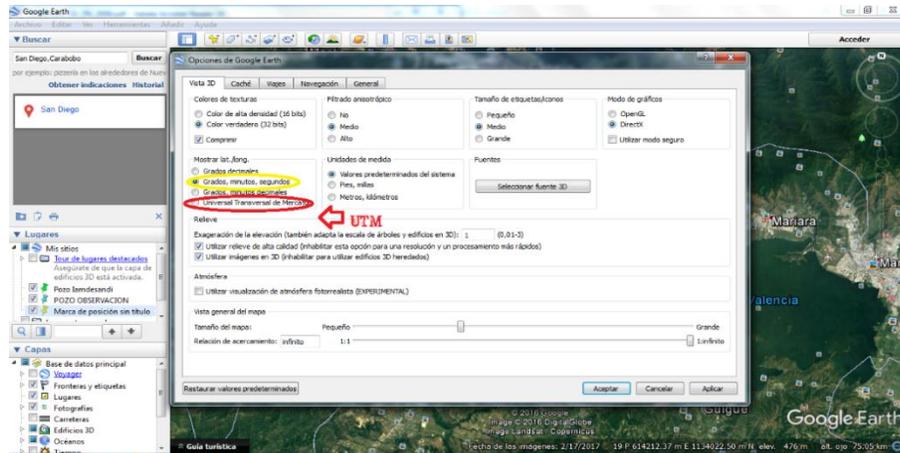


Figura 13. Coordenadas UTM. Fuente: Google Earth.

5. Se aplica el mismo procedimiento para obtener las coordenadas del segundo pozo (de observación). Se muestran ambos en la siguiente figura.

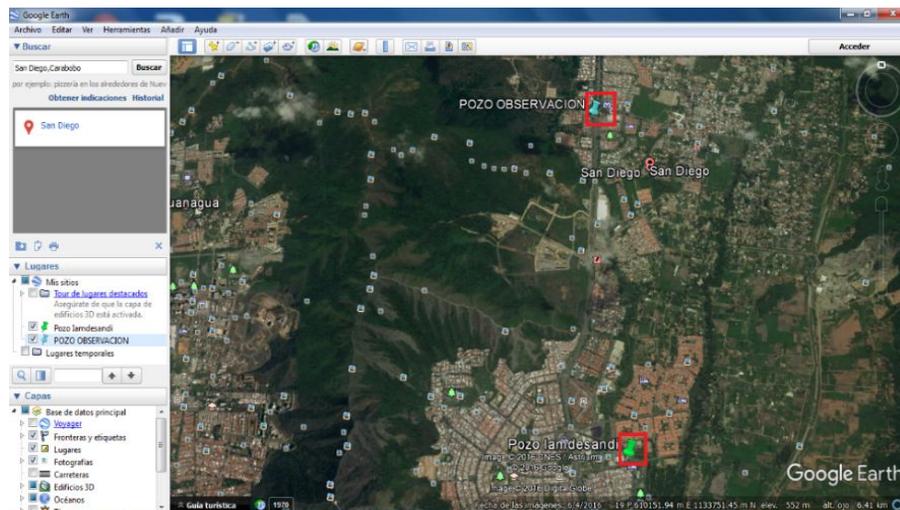


Figura 14. Ubicación de ambos pozos. Fuente: Google Earth.

Tabla 5. Ubicación geográfica de los pozos.

COORDENADAS UTM	N	E	ELEVACIÓN (m)
POZO BOMBEO	1130970	613796	459
POZO OBSERVACIÓN	1134139	613503	469

Fase II: Registrar la variación del caudal y niveles del pozo en estudio de la zona centro, del Municipio San Diego, Edo Carabobo durante el año 2017.

En la primera semana de medición se toma una muestra para ser analizada en el Laboratorio Ambiental Aragua. Dirección Estatal para Ecosocialismo y Aguas donde se le realizarán los análisis físico-químico y bacteriológico del agua existente en el pozo de bombeo de la zona centro de San Diego en el Instituto Autónomo Municipal de Deporte San Diego (Iamdesandi).

En esta fase se medirán los niveles de ambos pozos, tanto el de observación como el de bombeo, adicionalmente al pozo de bombeo se le hará las pruebas de caudal variable, todo esto con el fin de obtener datos para realizar dos gráficos, uno de nivel vs tiempo y otro de caudal vs tiempo. Se muestra el procedimiento ejecutado en campo:

1. Con el uso de la sonda se mide el nivel estático de ambos pozos, para ello se introduce el sensor por el orificio destinado para medir el nivel freático hasta que encienda la luz, la cual indica que en ese momento hizo contacto con el agua, importante saber que para medir el nivel estático el sistema de bombeo deberá estar apagado 12 horas antes de realizar la medición.
2. Se toma la medida, recordando que se debe restar cierta longitud, debido a que la medida deberá ser hasta el nivel del suelo, para nuestro caso se resta 75 cm.

3. Se enciende el sistema de bombeo para realizar la prueba de caudal variable y obtener el nivel para distintas aberturas de la llave.
4. Encendida la bomba se abre completamente la llave se mide caudal y nivel, luego se va cerrando la llave y se mide nuevamente caudal y nivel, así hasta que esté completamente cerrada la llave.
5. Para medir caudal se deja llenar un tobo de 18 litros y se registra el tiempo que tarda en llenarse.
6. Entre cada variación de caudal se dejan pasar aproximadamente 3 min, para que se establezca el nivel del pozo y así obtener una correcta medición.
7. Se tabulan los datos de caudal, capacidad del tobo, tiempo de llenado, niveles del pozo en una base de datos en Excel.

Fechas de las mediciones:

**Tabla 6. Programación de mediciones del pozo.
IAMDESANDI Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm.
Zona centro, Municipio San Diego, Estado Carabobo.**

PROGRAMACION POZO IAMDESANDI
24/01/2017
15/03/2017
23/03/2017
30/03/2017
31/03/2017
03/04/2017
05/04/2017

Tabla 7. Programación de mediciones del pozo los Colores (pozo de observación). Coordenadas UTM 613503E; 1134139N. Elevación: 469 msnm. Zona norte, Municipio San Diego, Edo. Carabobo.

PROGRAMACION POZO DE OBSERVACION
15/03/2017
23/03/2017
30/03/2017
31/03/2017
03/04/2017
05/04/2017



Figura 15. Recipientes para tomar las muestras de agua para realizar los análisis físico-químico y bacteriológico del pozo Iamdesandi Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm. Zona centro, Municipio San Diego, Estado Carabobo.



Figura 16. Equipo utilizado para mediciones en campo del pozo Iamdesandi. Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm. Zona centro, Municipio San Diego, Estado Carabobo.



Figura 17. Medición de nivel estático del pozo IAMDESANDI en compañía del Licdo. Juan De Farías Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm. Zona centro, Municipio San Diego, Estado Carabobo. Fecha: 24/01/2017



Figura 18. Lectura del nivel freático del pozo Iamdesandi (estático).
Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm. Zona centro,
Municipio San Diego, Edo. Carabobo. Fecha: 23/03/17.



Figura 19. Medición del nivel freático del pozo Iamdesandi (estático).
Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm. Zona centro,
Municipio San Diego, Edo. Carabobo. Fecha: 30/03/17.



Figura 20. Medición del caudal del pozo Iamdesandi. Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm. Zona centro, Municipio San Diego, Edo. Carabobo. Fecha: 31/03/17.



Figura 21. Medición del nivel freático del pozo Iamdesandi (estático). Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm. Zona centro, Municipio San Diego, Edo. Carabobo. Fecha: 31/03/17.



Figura 22. Medición de nivel estático del pozo IAMDESANDI Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm. Zona centro, Municipio San Diego, Edo. Carabobo. Fecha: 03/04/2017.



Figura 23. Medición de nivel estático del pozo de observación Coordenadas UTM 613503E; 1134139N. Elevación: 469 msnm. Zona norte, Municipio San Diego, Edo. Carabobo. Fecha: 03/04/2017.



Figura 24. Medición de nivel estático del pozo IAMDESANDI en compañía de José Verdespina Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm. Zona centro, Municipio San Diego, Edo. Carabobo. Fecha: 05/04/2017.

Fase III. Estimar los parámetros hidráulicos de transmisividad y coeficiente de almacenamiento del acuífero del Municipio San Diego. Caso: Sector Centro.

Con los datos obtenidos en la fase II se estimaran los parámetros hidráulicos de transmisividad y coeficiente de almacenamiento, se debe crear una tabla en Excel en donde se evidencie el cambio de nivel debido a cada variación en la abertura de la llave, el intervalo de tiempo con que se realizará la prueba de caudal variable, así como también la distancia entre ambos pozos (observación y de bombeo). Ya conociendo esto se determinara el coeficiente r^2/t y luego realizar la gráfica de la función del pozo de bombeo. Para la realización de esta fase se procedió a:

1. Se selecciona el pozo que se utilizará de observación y mediante el programa Google Earth se ubicaran las coordenadas y se medirá la distancia mínima entre ambos pozos. Esto para aplicar el método Theis.

Tabla 8. Identificación Geográfica del pozo de observación
Coordenadas UTM 613503E; 1134139N. Elevación: 469 msnm. Zona
norte, Municipio San Diego, Edo. Carabobo

IDENTIFICACION DEL POZO DE AGUA SUBTERRANEA						
URBANIZACION	COORDENADAS (m)			PROFUNDID AD (m)	MUNICIPI O	USO
	X	Y	Z			
Monteserino	613503	1134139	469	98	San Diego	Abastecimient o Poblacional

1. Para hallar la distancia entre ambos pozos se utiliza la herramienta “regla” del programa Google Earth.

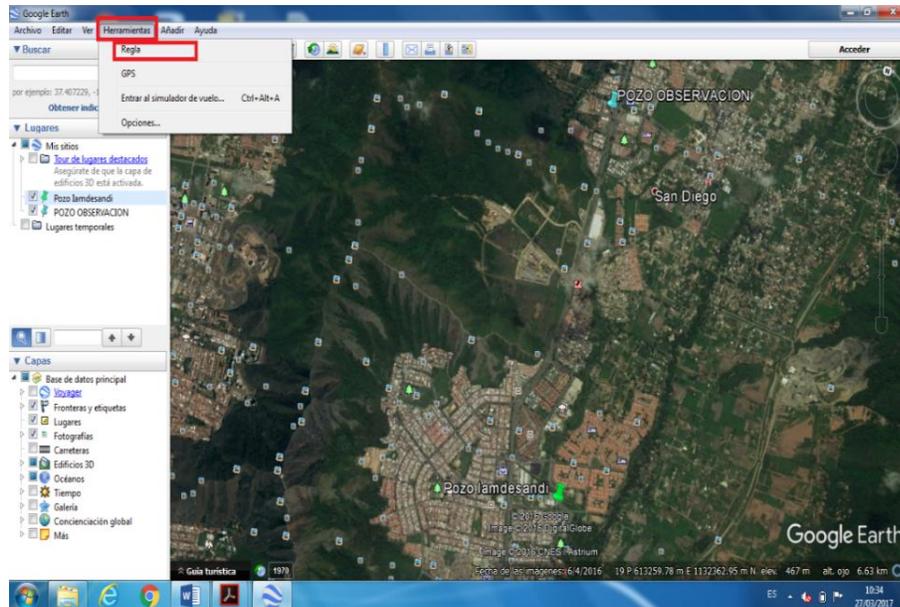


Figura 25. Herramienta regla. Fuente: Google Earth.

2. Aparecerá la pestaña de regla, luego se selecciona distancia en metros, seguido de esto hacer clic en el primer pozo y luego en el segundo pozo, obteniendo así la distancia lineal entre ellos.

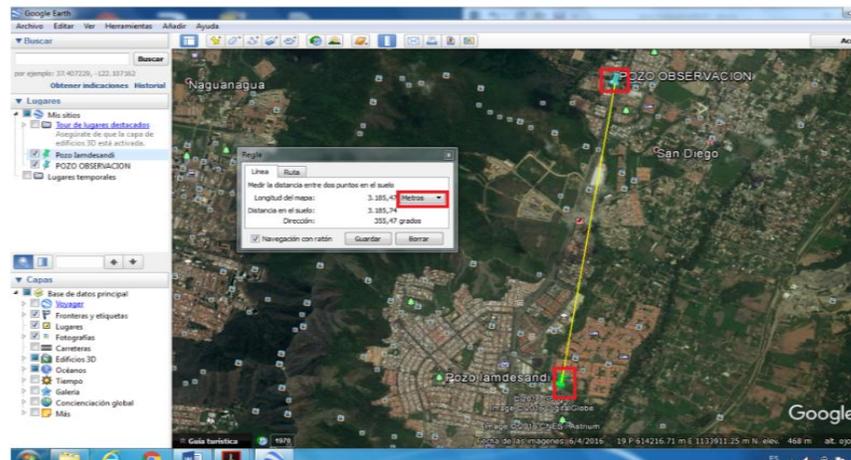


Figura 26. Distancia entre ambos pozos. Fuente: Google Earth.

3. Ya obtenida la distancia de 3185 metros entre los pozos (observación y bombeo).
4. Con los datos obtenidos de los descensos, tiempo y distancia entre los pozos, se calcula el coeficiente r^2/t , luego se realiza la gráfica de la función del pozo.
5. Seguido de esto se deben superponer las gráficas de la función del pozo con la gráfica del método de Theis haciendo coincidir los puntos de las muestras de campo con la gráfica patrón, importante mantener el eje X o Y de ambas graficas en un mismo sentido y dirección, con esto se obtiene $W(u)$.

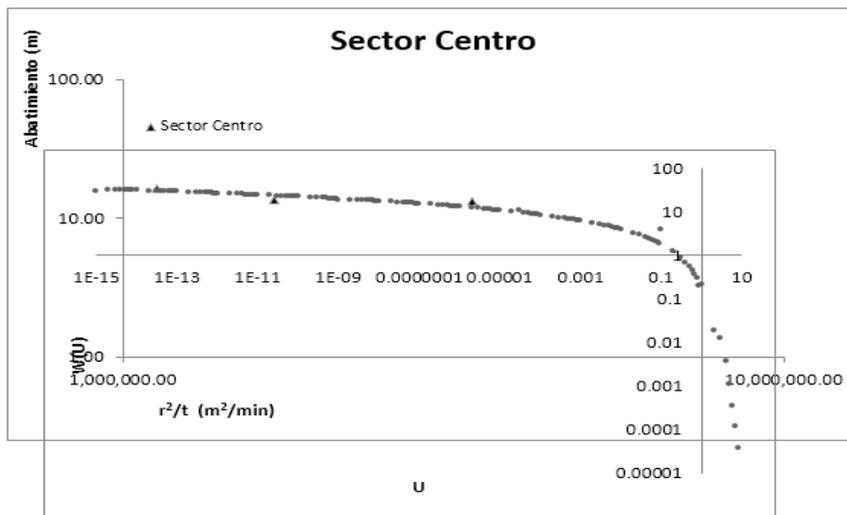


Figura 27. Coincidencia de puntos sobre la gráfica de Theis patrón.

6. A partir de las gráficas superpuestas se obtiene $W(u)$ y la función auxiliar $1/U$, luego se despeja la transmisividad de la ecuación del método de Theis.

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

7. Una vez obtenida la transmisividad se estima el coeficiente de almacenamiento a través del despeje de la siguiente ecuación.

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

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

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

Los resultados de la identificación de los pozos de agua subterránea de la zona centro del municipio San Diego del Estado Carabobo, muestran un total de 17 pozos de agua subterránea, clasificándolos de acuerdo a su uso se observó que 16 pozos son destinados al abastecimiento poblacional, representando un 94.12 % y un pozo destinado para uso comercial representando un 5.88 %, además, se encontró un solo pozo inactivo ubicado en Valle de Oro. Los datos los facilitó el ingeniero Victor Carrillo de su trabajo de grado Vulnerabilidad Hidrogeológica del Acuífero del Municipio San Diego, Estado Carabobo.

La distribución del porcentaje se muestra en la figura 28.

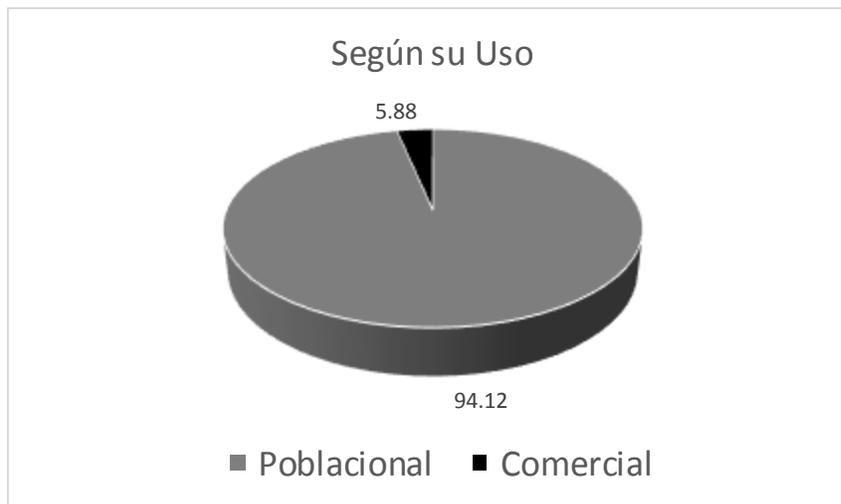


Figura 28. Distribución de porcentajes según el uso de los pozos de la zona centro, San Diego. Edo. Carabobo.

La ubicación geográfica tanto del pozo de estudio como el pozo de observación, se realizó con la ayuda del software Google Earth, permitiendo así obtener las coordenadas UTM:

En la urb. Valle Verde Av. Circunvalación Sur el pozo Iamdesandi las coordenadas 613796 E; 1130970N, elevación 459 m.s.n.m

Urb. Montaserino (pozo de observación), las coordenadas 613503E; 1134139N, elevación 469 m.s.n.m

Tabla 9. Identificación geográfica del pozo de bombeo y el de observación del Municipio San Diego, Edo. Carabobo.

IDENTIFICACION DE LOS POZOS DE AGUA SUBTERRANEA							
URBANIZACION	COORDENADAS (m)			PROFUNDIDAD	SECTOR	MUNICIPIO	USO
	X	Y	Z				
Urb. Valle Verde Av. circunvalación Sur (bombeo)	613796	1130970	459	-	CENTRO	San Diego	Abastecimiento Poblacional
Montaserino (observación)	613503	1134139	469	98	Montaserino	San Diego	Abastecimiento Poblacional

Resultados de la descripción de los parámetros físico-químicos del agua proveniente del pozo en la zona Centro del Municipio San Diego. Edo Carabobo.

Se realizó un análisis físico-químico y bacteriológico de las aguas crudas captadas en el pozo profundo del Instituto Autónomo Municipal de Deporte San Diego (Iamdesandi) localizado en el municipio San Diego, Estado Carabobo, los resultados indican que los parámetros cumplen con los rangos máximos permitidos según las normas sanitarias de calidad de agua potable gaceta n 36.395, la norma COVENIN 2771-91 Aguas Naturales, Industriales y Residuales, la Norma para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia, Gaceta N° 5305 y la norma COVENIN 3124:2001 FIAMBRE. El análisis de la muestra se realizó

como colaboración y aporte a este trabajo de grado por el Laboratorio Ambiental Aragua. Dirección Estatal para Ecosocialismo y Aguas.

Tabla 10. Parámetros relativos a la calidad organoléptica del agua potable.

Fuente: Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable, Gaceta N°36.395.

PARAMETROS RELATIVOS A LA CALIDAD ORGANOLEPTICA DEL AGUA POTABLE			
PARAMETROS	UNIDAD	VALOR DESEABLE <	VALOR MAXIMO ACEPTABLE (a)
COLOR	UCV (b)	5	15 (25)
TURBIEDAD	UNT (c)	1	5 (10)
OLOR O SABOR	-	Aceptable para la mayoría de los consumidores	
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/l	600	100
DUREZA TOTAL	mg/LcaCo ₃	250	500
pH	-	6.5-8.5	9.0
ALUMINIO	mg/l	0.1	0.2
CLORURO	mg/l	250	300
COBRE	mg/l	1.0	(2.0)
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	3.0	5.0

- (a) Los valores entre paréntesis son aceptados provisionalmente en casos excepcionales, plenamente justificados ante la autoridad sanitaria.
- (b) UCV: unidades de color verdadero.
- (c) UNT: unidades nefeleométricas de turbiedad.

Tabla 11. Componentes inorgánicos. Fuente: Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable, Gaceta N° 36.395

componentes	Valor máximo aceptable (mg/l)
nitrito	0.03
nitrato	45.0

Tabla 12. Aguas Subtipo 1ª, Límites y Rangos. Fuente: Norma para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia, Gaceta N° 5305

parámetro	Limite o rango máximo
Organismos coliformes totales	Promedio mensual menor de 2000 NMP por cada 100 ml
Coliformes fécales	9.0

Tabla 13. Clasificación de las aguas según su dureza. Fuente: norma de calidad de aguas naturales, industriales y residuales, COVENIN 2771-91.

CLASIFICACION DE LAS AGUAS SEGÚN SU DUREZA	
TIPO DE DUREZA	mg/l de dureza
Suave	0 - 75
Moderadamente dura	75 - 150
Dura	150 - 300
Muy dura	>300



Figura 29. Comparación de los resultados de los Sólidos Disueltos Totales realizados el 07/02/2017 respecto a las normas sanitarias de calidad de agua potable, gaceta n 36.395, pozo Iamdesandi de Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm. Zona centro, Municipio San Diego, Edo. Carabobo

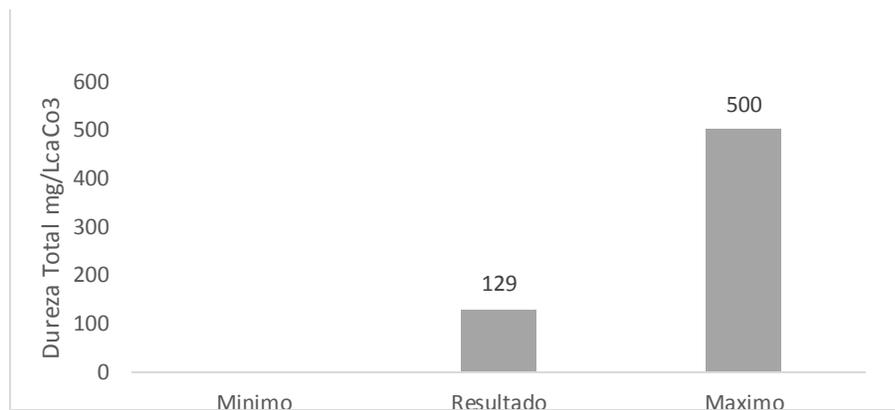


Figura 30. Comparación de los resultados de la Dureza Total realizados el 07/02/2017 respecto a las normas norma de calidad de aguas naturales, industriales y residuales, COVENIN 2771-91, pozo Iamdesandi de Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm. Zona centro, Municipio San Diego, Edo. Carabobo

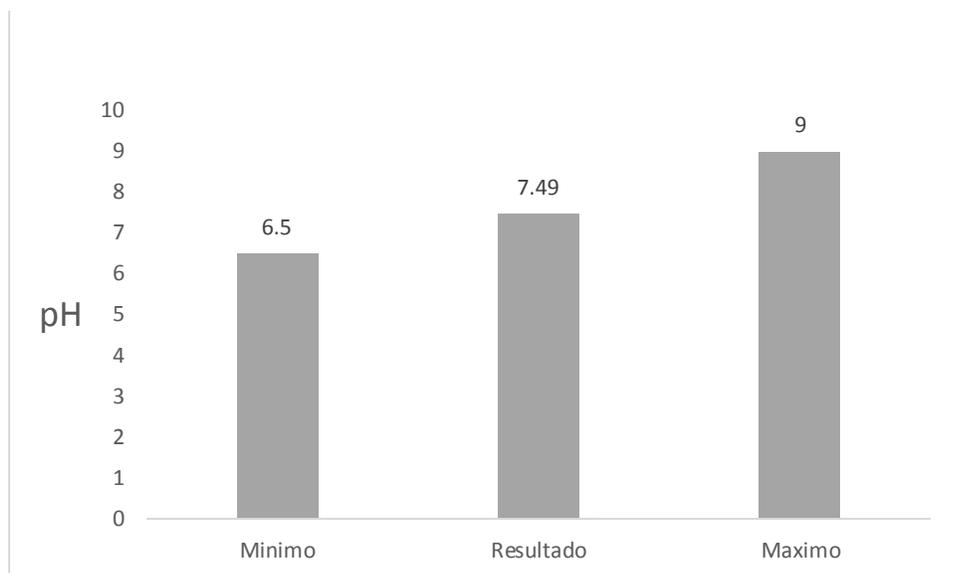


Figura 31. Comparación de los resultados del pH realizados el 07/02/2017 respecto a las normas sanitarias de calidad de agua potable, gaceta n 36.395, pozo Iamdesandi de Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm. Zona centro, Municipio San Diego, Edo. Carabobo



Figura 32. Comparación de los resultados del Cloruro realizados el 07/02/2017 respecto a las normas sanitarias de calidad de agua potable, gaceta n 36.395, pozo Iamdesandi de Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm. Zona centro, Municipio San Diego, Edo. Carabobo

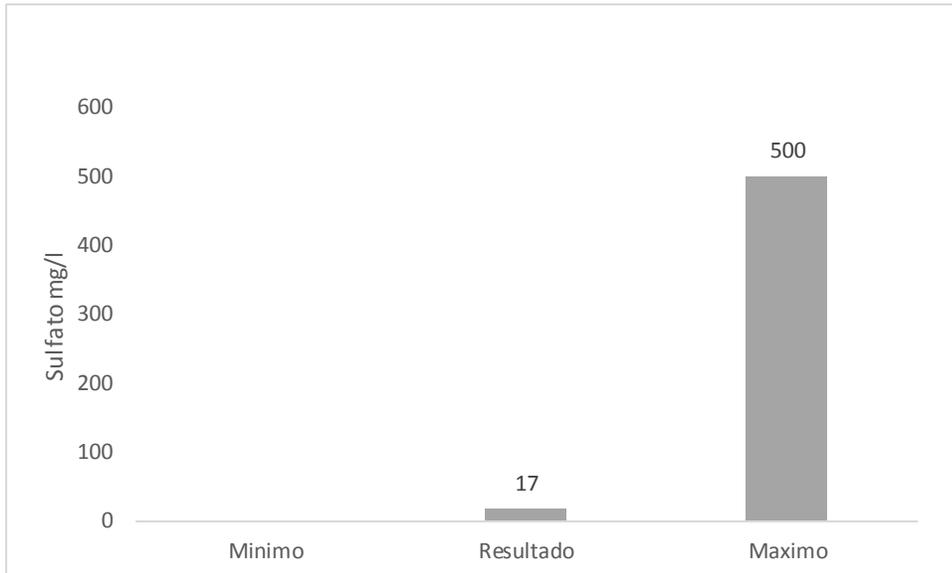


Figura 33. Comparación de los resultados del Sulfato realizados el 07/02/2017 respecto a las normas sanitarias de calidad de agua potable, gaceta n 36.395, pozo Iamdesandi de Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm. Zona centro, Municipio San Diego, Edo. Carabobo

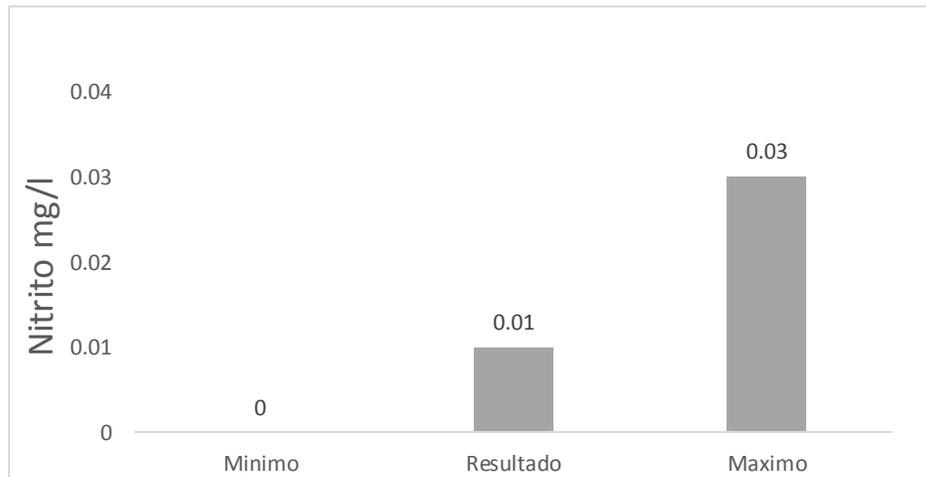


Figura 34. Comparación de los resultados del Nitrito realizados el 07/02/2017 respecto a las normas sanitarias de calidad de agua potable, gaceta n 36.395, pozo Iamdesandi de Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm. Zona centro, Municipio San Diego, Edo. Carabobo

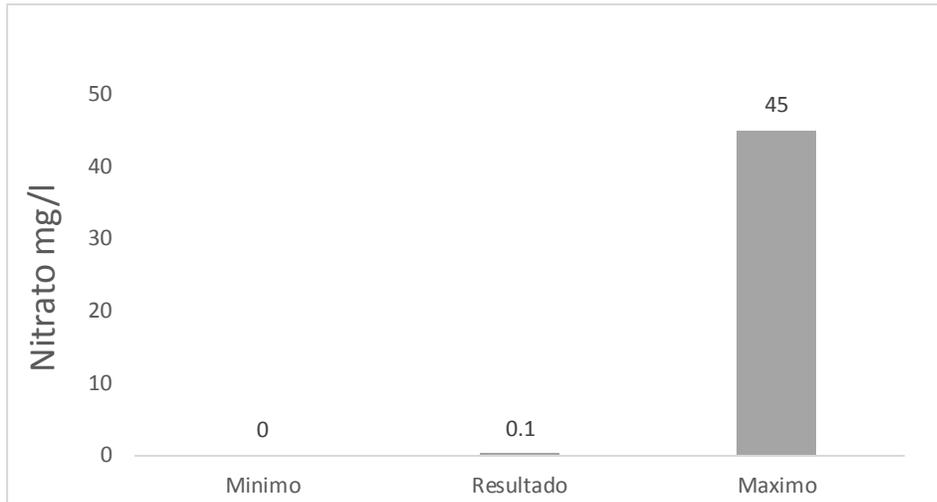


Figura 35. Comparación de los resultados del Nitrato realizados el 07/02/2017 respecto a las normas sanitarias de calidad de agua potable, gaceta n 36.395, pozo Iamdesandi de Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm. Zona centro, Municipio San Diego, Edo. Carabobo



Figura 36. Comparación de los resultados de los Coliformes Totales realizados el 07/02/2017 respecto a las Norma para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia, Gaceta N° 5305 Pozo Iamdesandi de Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm. Zona centro, Municipio San Diego, Edo. Carabobo

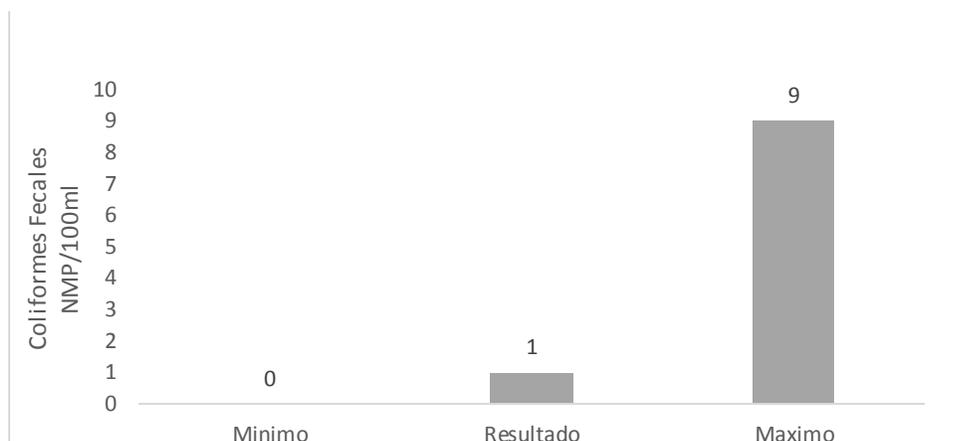


Figura 37. Comparación de los resultados de los Coliformes Fecales realizados el 07/02/2017 respecto a las Norma para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia, Gaceta N° 5305
Pozo Iamdesandi de Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm. Zona centro, Municipio San Diego, Edo. Carabobo

Observando los resultados suministrado por el Laboratorio Ambiental Aragua. Cabe destacar lo siguiente:

- La dureza total de la muestra del pozo Iamdesandi resultó ser 129, encontrándose así dentro del rango que establece la norma COVENIN 2771-91, clasificándose en moderadamente dura.
- El pH se encuentra dentro del rango permitido por la Norma Sanitaria de Calidad del Agua Potable, Gaceta N° 36.395
- Los coliformes totales y fécales arrojaron vales menores de 1.1 NMP/100ml, por lo que está permitido según la norma para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia, Gaceta N° 5305.

- Los resultados para el nitrito y nitrato son 0.01 y 0.1 respectivamente, cumpliendo con lo establecido en la Norma Sanitaria de Calidad del Agua Potable, Gaceta N° 36.395.
- Los sólidos totales disueltos fueron 232 siendo menor que 1500 establecido en la Gaceta 36.395.
- Analizando así cada uno de los parámetros y observando que todos y cada uno de ellos se encuentran dentro del rango permitido, indica que el agua es apta para el consumo humano.

**Tabla 14. Resultados del análisis físico-químico del pozo Iamdesandi
Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm. Zona centro,
Municipio San Diego, Edo. Carabobo.**

Codigo	Parametro	Unidad	Resultados	Agua Tipo 1.	Observaciones
2510-B	Conductividad Electrica	$\mu S/cm$	357	N.A	.....
2340-C	Dureza Total	$mg/l CaCO_3$	129	500	CUMPLE
3500-D	Dureza Calcica	$mg/l CaCO_3$	100	N.A	.....
3500-Mg-E	Dureza Magnesica	$mg/l CaCO_3$	29	N.A	.....
2320-B	Alcalinidad	$mg/l CaCO_3$	149	N.A	.....
4500HB	pH		7,49	6,0 - 8,5	CUMPLE
2540-C	Solidos Totales Disueltos	mg/l	232	1.500	CUMPLE
4500-B	Cloruro	mg/l	4	600	CUMPLE
4500-E	Sulfato	mg/l	17	400	CUMPLE
4500-C	Nitrito (N)	mg/l	< 0,01	Suma nitrito y nitrato <10	CUMPLE
4500-C	Nitrato (N)	mg/l	< 0,1		
3500-D	Calcio	mg/l	40	N.A	.....
3500-E	Magnesio	mg/l	17	N.A	.....
9221-B	Coliformes Totales	$NMP/100 ml$	< 1,1	< 2.000	CUMPLE
9221-C	Coliformes Fecales	$NMP/100 ml$	< 1,1	N.A	.....

Resultados de la descripción de los parámetros hidráulicos presentes en la zona.

Para describir los resultados de los parámetros hidráulicos se tiene que en el pozo del Instituto Autónomo Municipal de Deporte San Diego (Iamdesandi) mantiene un

nivel dinámico promedio de 23,5 m, nivel estático de 15,94 m y caudal medio de 4,02 l/s como se muestra en la tabla 14, adicionalmente se muestran las gráficas que evidencian los cambios de caudal y de nivel durante el tiempo que se realizaron las mediciones.

Tabla 15. Nivel estático, dinámico y caudal del pozo Iamdesandi Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm. Zona centro, Municipio San Diego, Edo. Carabobo.

NIVEL ESTATICO, NIVEL DINAMICO Y CAUDAL DEL POZO EN ESTUDIO	
Parámetros	Pozo Iamdesandi
N. dinámico (m)	23,5
N. estático (m)	15,94
Caudal (l/s)	4,02

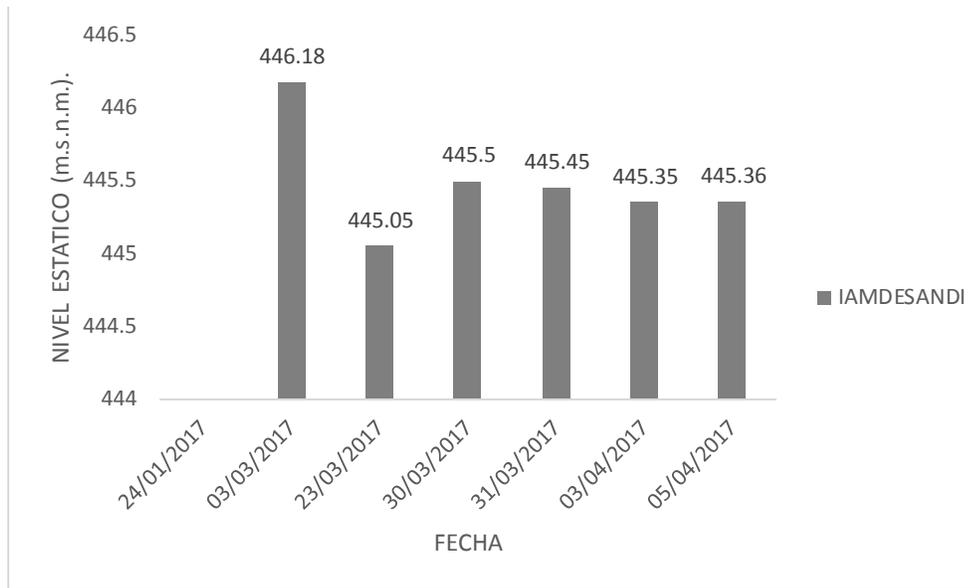


Figura 38. Variación del Nivel Estático en el pozo IAMDESANDI durante el periodo de mediciones Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm. Municipio San Diego Edo Carabobo.

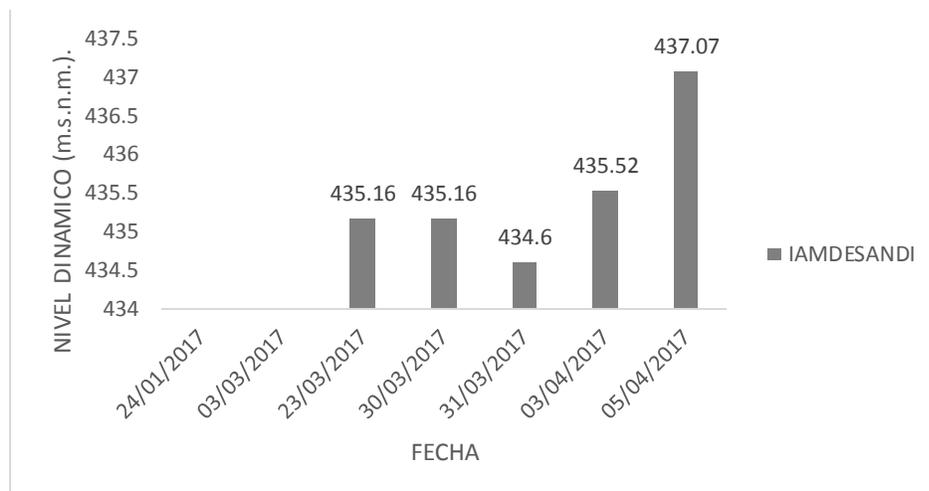


Figura 39. Variación del Nivel Dinámico en el pozo IAMDESANDI durante el periodo de mediciones Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm. San Diego, Edo. Carabobo.

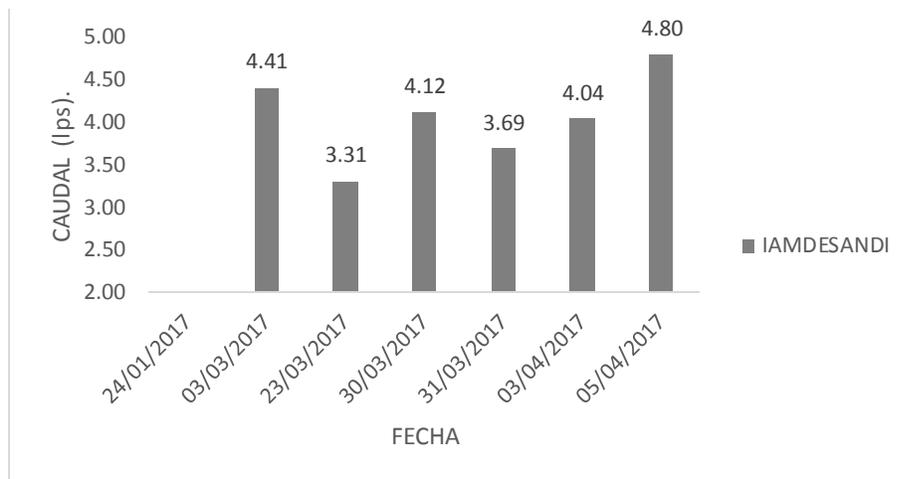


Figura 40. Variación del Caudal en el pozo IAMDESANDI durante el periodo de mediciones Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm. San Diego, Edo. Carabobo.

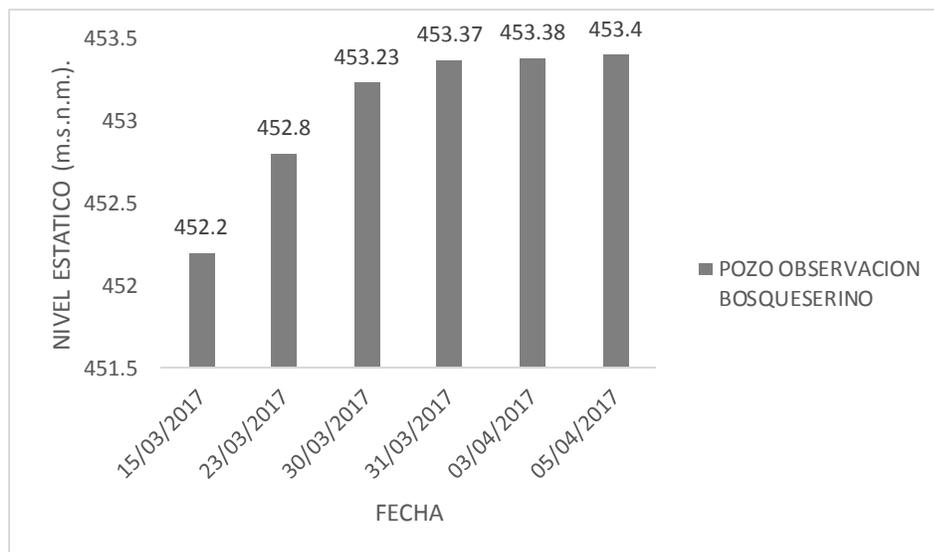


Figura 41. Variación del Nivel Estático en el Pozo Los Colores (pozo de observación) durante el periodo de mediciones Coordenadas UTM 613503E; 1134139N. Elevación: 469 msnm, San Diego. Edo. Carabobo.

Resultados de la estimación de los parámetros hidráulicos de transmisividad y coeficiente de almacenamiento del municipio San Diego. Edo. Carabobo.

Los resultados de la estimación de los parámetros hidráulicos como transmisividad y el coeficiente de almacenamiento del acuífero del Municipio San Diego del estado Carabobo, se logró mediante la prueba de caudal variable realizada el día 31/03/2017. Los resultados se muestran en la tabla 15. La prueba de caudal variable fue realizada en el pozo Iamdesandi de coordenadas UTM 613796E; 1130970N. San Diego, Edo. Carabobo, teniendo como pozo de observación el pozo Los Colores de coordenadas UTM 613503E; 1134139N. San Diego. Edo. Carabobo.

Tabla 16. Identificación del pozo utilizado para la estimación de los parámetros hidráulicos de transmisividad y coeficiente de almacenamiento del Municipio San Diego, Edo. Carabobo.

	Pozo de Observación		Pozo de Bombeo	
Coordenadas				
UTM	1134139N	613503E	1130970N	613796E
Descenso (m)	10			
r (m)	3185			

Tabla 17. Valores obtenidos de la prueba de caudal variable en el pozo Iamdesandi Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm. San Diego Edo. Carabobo.

PRUEBA DEL CAUDAL VARIABLE		
TIEMPO (min)	CAUDAL (l/s)	DESCENSO (m)
3	5,11	13,25
6	3,57	13,45
9	2,40	16,50

1. A partir de la prueba de caudal variable se realizó un gráfico de caudal vs tiempo donde evidencie el cambio del caudal a medida que se cierra la llave cada 3 minutos.

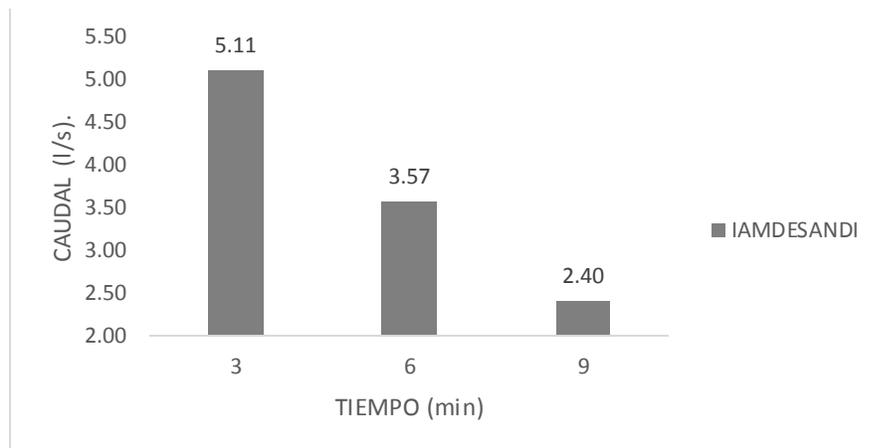


Figura 42. Caudal vs Tiempo del pozo Iamdesandi, Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm. San Diego Edo. Carabobo.

2. También se elaboró una gráfica de descenso vs tiempo, que evidencia de mejor manera la variación del nivel del pozo Iamdesandi durante la prueba de caudal variable.

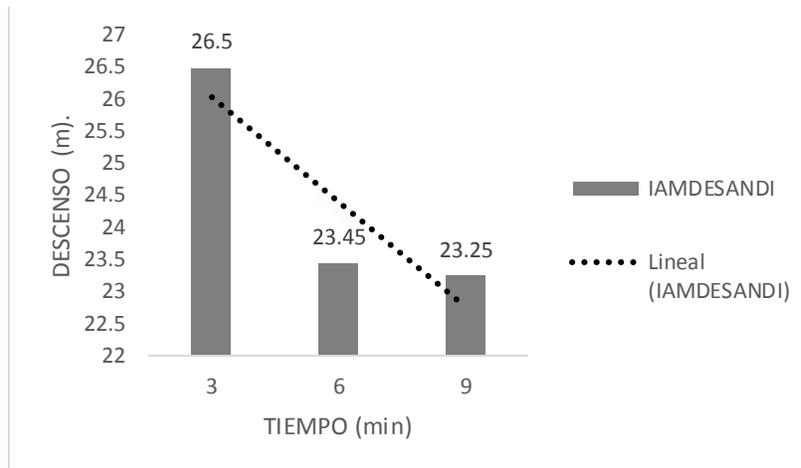


Figura 43. Descenso vs Tiempo en el Pozo IAMDESANDI (Prueba de Caudal Variable), Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm. San Diego Edo Carabobo.

3. Al aplicar el metodo de theis, se obtienen los parametros hidraulicos como lo es la transmisividad y el coeficiente de almacenamiento del acuífero en estudio, se calculan los puntos de ajuste a partir de la superposicion de las graficas (curva de theis y curva de la funcion del pozo), de esto se obtuvo como resultado una transmisividad de 31,87 m²/día y un coeficiente de almacenamiento de 5,24 E⁻¹⁴.

Ejemplo de cálculo de Theis.

$$d = \frac{Q}{4\pi T} W(u) \quad (1)$$

Donde:

d= descenso de un punto situado a la distancia r del pozo de bombeo.

Q= caudal de bombeo constante.

T= transmisividad.

u= se representa con la siguiente ecuación.

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

Despejando los valores de transmisividad y coeficiente de almacenamiento resulta:

$$T = \frac{QW(u)}{4\pi d} \quad (3) \quad S = \frac{4Tt}{r^2 \frac{1}{u}} \quad (4)$$

Sustituyendo valores en la ecuación (3)

$$QW(u) = W(u) \times Q \frac{m^3}{dia} = 12,55 \times 319,104 = 4004,75$$

W(u) se obtiene de la superposición de gráficas y Q es el caudal medio en m³/día

$$4\pi d = 4 \times \pi \times 10 = 125,66$$

$$T = \frac{4004,75}{125,66} = 31,87 \frac{m^2}{dia}$$

Sustituyendo valores en la ecuación (4)

$$\frac{r^2}{t} = 4.869.227.995$$

$$\frac{1}{u} = 500.000$$

$$T=31,87$$

$$S= 5,24E-14$$

Tabla 18. Punto de ajuste en el cálculo de transmisividad y coeficiente de almacenamiento del pozo Iamdesandi, San Diego, Edo. Carabobo.

Punto de Ajuste			
W(u)	u	ho-h (m)	r ² /t (m ² /min)
12,55	2,00E-06	13,25	3.381.408,33

Tabla 19. Parámetros necesarios para la aplicación de Theis en el pozo Iamdesandi, San Diego, Edo. Carabobo.

Parámetros para la aplicación de Theis				
QW(u)	1/u	4πd	4T	r²/t (m²/día)
4004,7552	500000	125,664	1,27E+02	4.869.227.995,2

Tabla 20. Parámetros de Transmisividad y Coeficiente de Almacenamiento del Pozo Iamdesandi de Coordenadas UTM 613796E; 1130970N. Elevación: 459 msnm. Zona centro, Municipio San Diego, Estado Carabobo.

Transmisividad	T (m²/día)	31,87
Coeficiente de Almacenamiento	S	5,24E-14

Análisis de la estimación de los parámetros hidráulicos del Acuífero del Municipio San Diego. Edo Carabobo.

En la estimación del coeficiente de almacenamiento se obtuvo 5,24E-14 que de acuerdo a la Tabla 2. Valores de Coeficientes de Almacenamiento dependiendo del tipo de suelo mostrado por el Instituto Geológico y Minero de España se clasifica como un Acuífero Confinado. Y un valor de Transmisividad de 31,87 m²/día, que comparándolo con la Tabla 3. Valores de Transmisividad de Benítez (1992) se clasifica como un acuífero con baja Transmisividad.

Discusión de Resultados

- Se realizó una visita guiada por los pozos en la Zona Centro del Municipio San Diego donde se constató la existencia de 17 pozos de agua subterránea, de los cuales

16 están destinados para abastecimiento poblacional, uno de estos se encuentra inactivo; y 1 para abastecimiento comercial.

- Se obtuvieron las coordenadas UTM tanto del pozo de observación (Pozo Los Colores) como del pozo de estudio (Pozo IAMDESANDI), mediante la aplicación del software Google Earth.
- Se realizó un análisis físico-químico y bacteriológico en el Laboratorio Ambiental Aragua. Dirección Estatal para Ecosocialismo y Aguas a muestras obtenidas del pozo en estudio de coordenadas UTM 613796E; 1130970N (Pozo IAMDESANDI) el día 07/02/2017, arrojando valores aceptables y dentro del rango máximo establecido por la Norma Sanitaria de Calidad de Agua Potable Gaceta N° 36.395, por La Norma para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia, Gaceta N° 5305 y la Norma de Calidad de aguas naturales, industriales y residuales COVENIN 2771-91.
- El estudio de los pozos se llevó a cabo durante tres meses continuos, con un aproximado de tres mediciones mensuales. Las variaciones del nivel estático oscilaron en promedio alrededor de los 20 cm, sin embargo, en la primera semana de medición el nivel freático se encontraba por debajo de los valores promedios debido al periodo de sequía que atravesaba en ese momento el Municipio, de allí se evidencia el cambio brusco en las siguientes semanas donde comenzó el periodo lluvioso.
Con respecto a las variaciones del nivel dinámico oscilaron en promedio alrededor de los 50 cm, sin embargo, en la última medición se observó una diferencia marcada de aproximadamente 3.00 metros.
- La prueba de caudal variable fue realizada el día 31/03/2017 en el Pozo de bombeo ubicado en el Complejo Deportivo IAMDESANDI de coordenadas UTM 613796E; 1130970N, y teniendo como pozo de observación al ubicado en la urbanización Los

Colores de coordenadas UTM 613503E; 1134139N. La distancia lineal obtenida entre ambos pozos fue de 3185 metros, estimada mediante el software Google Earth. El valor obtenido de transmisividad fue de 31,87 m²/día, que comparándolo con la Tabla 3. Valores de Transmisividad de Benítez (1992) se clasifica como un acuífero de baja transmisividad esto es debido al material que compone el suelo.

En cuanto al coeficiente de almacenamiento el valor obtenido fue de 5,24E-14 que de acuerdo a la Tabla 2. Valores de Coeficientes de Almacenamiento dependiendo del tipo de suelo mostrado por el Instituto Geológico y Minero de España se clasifica como un Acuífero Confinado.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Se estableció la ubicación geográfica de los pozos en estudio (Bombeo y Observación) mediante la aplicación del software Google Earth, resultando el Pozo de Bombeo ubicado en el Complejo Deportivo IAMDESANDI de coordenadas UTM 613796E; 1130970N, elevación 459 msnm; y el Pozo de Observación ubicado en la Urbanización Los Colores de coordenadas UTM 613503E; 1134139N, elevación 469 msnm. Sin embargo, se identificaron en la zona Centro del Municipio San Diego Estado Carabobo una totalidad de 17 pozos de agua subterránea, que clasificados de acuerdo a su uso, 16 pozos son destinados al abastecimiento poblacional, lo que representa un 94.12 % y 1 pozo destinado para uso comercial representando un 5.88 %; además de la totalidad de los pozos destinados al abastecimiento poblacional solo un pozo se encuentra inactivo por falta de mantenimiento el cual está ubicado en Valle de Oro.
2. Los estudios físico-químicos y bacteriológicos realizados a la muestra de agua del pozo de Bombeo (IAMDESANDI) realizado por el Laboratorio Ambiental Aragua, Dirección Estatal para Ecosocialismo y Aguas arrojaron valores aceptables según las especificaciones contenidas en la Norma Sanitaria de Calidad de Agua Potable Gaceta N° 36.395, La Norma para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia, Gaceta N° 5305 y la Norma de Calidad de aguas naturales, industriales y residuales COVENIN 2771-91, siendo el agua subterránea contenida en el pozo apta para el consumo humano.
3. La variación del nivel estático y dinámico del Pozo de Bombeo de coordenadas UTM 613796E; 1130970N (IAMDESANDI) se mantuvo en rangos aceptables a

lo largo del tiempo de estudio del mismo, lo cual indica que el pozo no se encuentra sobreexplotado.

4. La transmisividad se encuentra en el rango de clasificación Baja, lo que indica que la cantidad de agua que se filtra a través del suelo es considerablemente poca debido a la composición geológica del mismo.

Por otra parte, el coeficiente de almacenamiento se encuentra en el orden de $10E-14$ dentro del rango de clasificación de Acuífero Confinado, lo que indica que los estratos del suelo son lo suficientemente densos para permitir la liberación de columnas de agua del pozo con facilidad.

5. El estudio de los parámetros hidráulicos estimados como el coeficiente de almacenamiento y transmisividad servirá para tener control, cuidado y preservación del acuífero del Municipio San Diego del Estado Carabobo, los cambios en los niveles estáticos, dinámicos y de caudal durante el periodo de estudio, se mantuvieron constantes.

Recomendaciones

1. Realizar la prueba de caudal variable a los 17 pozos de la zona Centro del Municipio San Diego del Estado Carabobo, para tener una mejor estimación de los parámetros hidráulicos del acuífero.
2. Realizar estos estudios al menos dos veces al año para tener mejor control sobre el estado actual y comportamiento del acuífero.
3. Realizar el análisis físico-químico a los demás pozos de la zona Centro de San Diego para estar seguro que el agua de cada pozo esta apta para el consumo humano.

BIBLIOGRAFÍA

Enciclopedia Microambiental, Aguas, Universidad de Sevilla, España.

[Documento en línea]

http://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/agua_subterranea.asp
Leonel Barra O. (2004), Hidráulica de Pozos, Universidad Católica de Chile, Chile.

[Documento en línea]

https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2013/1/CI6114/1/material_docente/bajar?id_material=714006.

IGME, Hidrogeología del Campo de Nijar y Acuíferos Marginales Almería, Métodos en Régimen Variable, España.

[Documento en línea]

http://aguas.igme.es/igme/publica/libro35/pdf/lib35/in_3.pdf

Conceptos Básicos de la Hidrogeología

[Documento en línea]

<http://gea.ciens.ucv.ve/geoquimi/hidro/wp-content/uploads/2011/07/basicos.pdf>

Valores típicos transmisividad y coeficiente de almacenamiento

<http://www.agua.uji.es/pdf/bibliobasica.pdf>

<http://www.agua.uji.es/pdf/PRESRH08-11.pdf>

Plan Municipal de Desarrollo 2014-2017, Alcaldía del Municipio San Diego

[Documento en línea]

http://www.alcaldiasandiego.gob.ve/pdf/clpp_ibhm/Plan%20Mcpal.%20Desarrollo%202014-2017.pdf

NORMA PARA LA UBICACIÓN, CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO DE POZOS DESTINADOS AL ABASTECIMIENTO DEL AGUA POTABLE Gaceta N° 36.395 Decreto N° 2048.

NORMAS SANITARIAS DE CALIDAD DEL AGUA POTABLE N° 36.395.

AGUAS NATURALES, INDUSTRIALES Y RESIDUALES COVENIN 2771-91.
Benítez (1992). Nociones básicas de hidrología.

NORMA PARA LA CLASIFICACIÓN Y EL CONTROL DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS DE LA CUENCA DEL LAGO DE VALENCIA, GACETA N° 5305.

<http://tesisdeinvestig.blogspot.com/2011/06/marco-metodologico-de-finicion.html>
[Documento en línea]

http://msctecnologiaeducativa3.blogspot.com/p/poblacion-y-muestra_19.html
[Documento en línea]

https://es.wikipedia.org/wiki/Agua_subterranea
[Documento en línea]

<http://cuencas.fcien.edu.uy/cursos/materiales/Tema%2011b.pdf>
[Documento en línea]

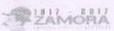
ANEXO A

Identificación y ubicación de los pozos del sector centro del Municipio San Diego del Estado Carabobo. Información facilitada por el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente

Nº POZO	X	Y	Z	Ppozo	Qm	ND	NE	Usuario	RF	Sector	Uso	Resp	Rnf	Lic.
1	613566	1129798	462.00	N/E	12.00	30.9	11.23	Hidrocentro	G-20008027-2	Urb. Morro I, Av 72-A C/C Av 142	Abastecimiento poblacional	HIDROCENTRO	NO	NO
2	613992	1129903	470.00	N/E	12.00	19.2	N/E	Hidrocentro	G-20008027-3	Urb. Morro, Av 144	Abastecimiento poblacional	HIDROCENTRO	NO	NO
3	614368	1131366	462.00	N/E	12.00	N/E	N/E	Hidrocentro	G-20008027-4	Urb Valle de Oro, Final Av Principal	Abastecimiento poblacional	HIDROCENTRO	NO	NO
4	614472	1131704	467.00	N/E	13.00	27.30	N/E	Hidrocentro	G-20008027-5	Zonas verdes de la Urb. Valle de oro cercanas a las zonas protectoras del rio	Abastecimiento poblacional	HIDROCENTRO	NO	NO
5	613367	1130435	465.00	N/E	20.00	24.00	N/E	Hidrocentro	G-20008027-6	Urb. La esmeralda, Donjulo Centeno, via de servicio C/C Av 1	Abastecimiento poblacional	HIDROCENTRO	NO	NO
6	612589	1130935	483.00	N/E	12.00	65.10	N/E	Hidrocentro	G-20008027-7	Urb. La esmeralda Av Circunvalación Sur, dentro de las instalaciones del	Abastecimiento poblacional	HIDROCENTRO	NO	NO
7	613060	1130595	460.00	N/E	20.00	51.4	N/E	Hidrocentro	G-20008027-8	Urb. La esmeralda, Av 76 C/C calle 154	Abastecimiento poblacional	HIDROCENTRO	NO	NO
8	612706	1130457	472.00	N/E	5.00	N/E	N/E	Hidrocentro	G-20008027-9	Urb. La esmeralda, Av 79 C/C calle 153	Abastecimiento poblacional	HIDROCENTRO	NO	NO
9	614197	1130251	463.00	120.00	20.00	12.00	10.00	Hidrocentro	G-20008027-10	Urb. Yuma, al final de a Av. Ppal, Detrás del colegio	Abastecimiento poblacional	HIDROCENTRO	NO	NO
10	612314	1131472	473.00	N/E	9.00	45.1	N/E	Hidrocentro	G-20008027-11	Urb. La esmeralda, dentro de las instalaciones del colegio Clorinda	Abastecimiento poblacional	HIDROCENTRO	NO	NO
11	613957	1130618	476.00	N/E	14.00	14.4	7.55	Hidrocentro	G-20008027-12	Urb. Valle Verde, dentro de las instalaciones del parque metropolitano	Abastecimiento poblacional	HIDROCENTRO	NO	NO
12	613280	1130041	466.00	143.00	2.00	27.00	17.5	Clinica Valle de Sandiego	J-31152695-1	Av. Donjulo centeno entre morro II y fin de siglo	Comercial	Alejandro Perez	SI	NO
13	613796	1130979	447.00	N/E	4.00	24.8	14.13	IAMDESANDI	G-20004918-9	Urb. Valle Verde Av circunvalación Sur	Abastecimiento poblacional	Francoiso Ojeda	NO	NO
14	613844	1131956	456.00	N/E	13.00	10.9	N/E	Monte mayor	G-20008027-12	Urb. Valle de Oro detrás de UJAP	Abastecimiento poblacional	HIDROCENTRO	NO	NO
15	612812	1131194	477.00	N/E	N/E	N/E	N/E	Hidrocentro	N/E	La Esmeralda	Abastecimiento poblacional			
16	614122	1130878	460.00	N/E	N/E	N/E	N/E	Hidrocentro	G-20008027-12	Valle de Oro	Abastecimiento poblacional			
17	613556	1123161	476.00	N/E	N/E	33.1	N/E	Asado los Miñotes	N/E	Los Jarales	Abastecimiento poblacional			

ANEXO B

Análisis Físico-Químico y Bacteriológico del Pozo Iamdesandi

DIRECCION ESTADAL PARA ECOSOCIALISMO Y AGUAS ARAGUA

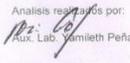
PLANILLA DE RESULTADOS

SOLICITADO POR: TESISTAS U.C.
 LUGAR DE CAPTACION: SALIDA POZO PROFUNDO, INDESANDI
 MOTIVO ANALISIS: CALIDAD FISICO - QUIMICA Y BACTERIOLOGICA AGUA
 APARIENCIA DE LAS MUESTRAS: AGUAS CRISTALINAS E INODORAS
 TIPO DE MUESTRA: SIMPLE
 FECHA DE CAPTACION: 07/02/2017
 DIRECCION: MUNICIPIO SAN DIEGO, ESTADO CARABOBO.
 OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON CAPTADAS POR LOS INTERESADOS. POZO CONFINADO.

CODIGO	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADOS	AGUA TIPO 1 SUB-TIPO 1A*	OBSERVACION
2510-B	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	µS/cm	357	N.A	.....
2340-C	DUREZA TOTAL	mg/l CaCO ₃	129	500	CUMPLE
3500-D	DUREZA CALCICA	mg/l CaCO ₃	100	N.A	.....
3500-Mg-E	DUREZA MAGNESICA	mg/l CaCO ₃	29	N.A	.....
2320-B	ALCALINIDAD	mg/l CaCO ₃	149	N.A	.....
4500HB	pH		7.49	6.0 - 8.5	CUMPLE
2540-C	SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	232	1 500	CUMPLE
4500-B	CLORURO	mg/L	4	600	CUMPLE
4500-E	SULFATO	mg/L	17	400	CUMPLE
4500-C	NITRITO (N)	mg/L	< 0.01	Suma nitrato y nitrato < 10	CUMPLE
4500-C	NITRATO (N)	mg/L	< 0.1		CUMPLE
3500-D	CALCIO	mg/L	40	N.A	.....
3500-E	MAGNESIO	mg/L	17	N.A	.....
9221-B	COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	< 1.1	< 2.000	CUMPLE
9221-C	COLIFORMES FECALES	NMP/100 ml	< 1.1	N.A	.....

* Decreto 3.219. Capítulo II. Artículos 5 y 8. De la clasificación de las aguas. "Normas para la clasificación y el control de la calidad de las aguas de la Cuenca del Lago de Valencia", publicado en Gaceta Oficial N° 5.305 Extraordinaria del 01/02/1.999

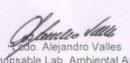
N.A: No Aplica un valor en las normas.

Analisis realizados por:
 Aux. Lab.  Amleth Peña
 Tsu.  Ángel López
 MSc.  Luisa Durán

Conclusión

Los parámetros físico-químicos y bacteriológicos evaluados a muestra de aguas crudas captadas en el pozo profundo Indesandi localizado el municipio San Diego, estado Carabobo indican que las mismas cumplen con los rangos máximos permitidos de los parámetros estudiados de acuerdo a lo establecido en el Artículo 5 y 8 del Decreto N° 3.219 de fecha 13/01/1.999, publicado en Gaceta Oficial de la Republica de Venezuela N° 5.305 Extraordinario de fecha 01/02/1.999 el cual contiene las "Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia", para ser clasificada como Agua Tipo 1, "Aguas destinadas al uso doméstico y al uso industrial que requiera de agua potable, siempre que ésta 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".

Igualmente se notifica que lo antes expuesto no le exime del cumplimiento de las exigencias de las normas sanitarias establecidas por otros organismos.


 Alejandro Valles
 Responsable Lab. Ambiental Aragua


 23 MAYO 2017

Oficina Auxiliar: Laboratorio Ambiental Aragua. Dirección Estatal para Ecosocialismo y Aguas Aragua
 Av. Aragua cruce con Av. Bermúdez, frente a C. C. Maracay Plaza. Maracay, Estado Aragua
 Teléfono: 0243-2358639

Figura 44. Informe de resultados del análisis físico-químico y bacteriológico del pozo Iamdesandi del Municipio San Diego Estado Carabobo. Fuente: Laboratorio Ambiental Aragua

ANEXO C
Mediciones de Campo

Tabla 21. Caudal, Nivel Estático, Nivel Dinámico del Pozo de Bombeo y de Observación durante el Periodo de Mediciones.

Coordenadas (UTM)		ELEVACION (m)		POZO IAMESANDI				POZO DE OBSERVACION		
E	N	459						E	N	ELEVACION (m)
613796	1130970							613503	134139	469
Fecha	CAPACIDAD TOBO (lts)	ABERTURA LLAVE	TIEMPO DE LLENADO (s)	CAUDAL (Lts/s)	CAUDAL PROMEDIO (Lts/s)	(Dinamico) (m)	(Estatico) (m)	Fecha	Nivel Estatico (m)	
15/03/2017	18	3/3 (full)	3.76	4.79	4.41	-	12.82	15/03/2017	16.8	
			4.21	4.28						
			4.00	4.50						
			4.20	4.29						
			4.28	4.21						
	2/3 (medio)									
1/3 (poco)										
23/03/2017	18	3/3 (full)	4.1	4.39	4.50	23.1	13.95	23/03/2017	16.2	
			4.16	4.33						
			4.22	4.27						
			3.51	5.13						
			4.12	4.37						
	2/3 (medio)	6.05	2.98	2.93	24.13					
		6.3	2.86							
		6.32	2.85							
		6.47	2.78							
		5.68	3.17							
		6.88	2.62							
	1/3 (poco)	6.89	2.61	2.51	24.3					
		6.74	2.67							
		7.33	2.46							
		8.12	2.22							
30/03/2017	18	3/3 (full)	3.47	5.19	5.26	22.87	13.5	30/03/2017	15.77	
			3.71	4.85						
			3.17	5.68						
			3.07	5.86						
			3.83	4.70						
	2/3 (medio)	4.93	3.65	3.91	24.35					
		3.94	4.57							
		4.79	3.76							
		4.4	4.09							
		5.14	3.50							
	1/3 (poco)	5.57	3.23	3.19	24.3					
		6.24	2.88							
		5.4	3.33							
	5.82	3.09								
	5.31	3.39								
31/03/2017	18	3/3 (full)	3.63	4.96	5.11	26.5	13.55	31/03/2017	15.63	
			3.03	5.94						
			3.35	5.37						
			3.83	4.70						
			3.94	4.57						
	2/3 (medio)	4.49	4.01	3.57	23.45					
		5.52	3.26							
		4.41	4.08							
		5.52	3.26							
		5.58	3.23							
	1/3 (poco)	7.73	2.33	2.40	23.25					
		7.75	2.32							
		7.7	2.34							
	6.68	2.69								
	7.71	2.33								

03/04/2017	18	3/3 (full)	3.33	5.41	5.38	22.26	13.65	03/04/2017	15.62
			3.37	5.34					
			3.38	5.33					
			3.35	5.37					
			3.31	5.44					
		2/3 (medio)	4.44	4.05	4.06	24.15			
			4.53	3.97					
			4.51	3.99					
			4.26	4.23					
			4.45	4.04					
		1/3 (poco)	6.38	2.82	2.69	24.03			
			6.69	2.69					
			6.71	2.68					
			6.69	2.69					
			7.01	2.57					
05/04/2017	18	3/3 (full)	3.73	4.83	5.69	20.71	13.64	05/04/2017	15.6
			2.95	6.10					
			3.28	5.49					
			3.24	5.56					
			2.78	6.47					
		2/3 (medio)	3.59	5.01	4.76	22.4			
			3.89	4.63					
			3.59	5.01					
			3.98	4.52					
			3.89	4.63					
		1/3 (poco)	4.62	3.90	3.94	22.68			
			4.6	3.91					
			4.67	3.85					
			4.49	4.01					
			4.48	4.02					

Memoria fotográfica de los días de mediciones



Figura 45. Medicion de nivel del pozo Iamdesandi de coordenadas UTM 613796E; 1130970N; elevación 459 m.s.n.m. Municipio San Diego, Estado Carabobo. Fecha: 24/01/2017.



Figura 46. Medicion de nivel del pozo Iamdesandi de coordenadas UTM 613796E; 1130970N; elevación 459 m.s.n.m. Municipio San Diego, Estado Carabobo. Fecha: 15/03/2017.



Figura 47. Medicion de nivel del pozo Iamdesandi de coordenadas UTM 613796E; 1130970N; elevación 459 m.s.n.m. Municipio San Diego, Estado Carabobo. Fecha: 23/03/2017.



Figura 48. Medición de nivel del pozo Iamdesandi de coordenadas UTM 613796E; 1130970N; elevación 459 m.s.n.m. Municipio San Diego, Estado Carabobo. Fecha: 30/03/2017.



Figura 49. Medición de nivel estático del pozo de observación Coordenadas UTM 613503E; 1134139N. Elevación: 469 msnm. Zona norte, Municipio San Diego, Edo. Carabobo. Fecha: 03/04/2017



Figura 50. Medición de nivel estático del pozo de observación Coordenadas UTM 613503E; 1134139N. Elevación: 469 msnm. Zona norte, Municipio San Diego, Edo. Carabobo. Fecha: 03/04/2017



PLANILLA DE INVENTARIO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

IDENTIFICACION	FECHA DE INVENTARIO	HOJA CARTOGRAFICA	COORDENADAS		HOJA	G.P.S
		22/8/2017	UTM.	NORTE 1130970			ESTE 613796
ESTADO: Carabobo	MUNICIPIO: San Diego			ELEVACION:	459	m
PROPIETARIO: Francisco Ojeda	LUGAR O SITIO: IAMDESANDI			TEMPERATURA:		m

CROQUIS DE UBICACIÓN

FECHA DE CONSTRUCCION:	
COMPañIA:	IAMDESANDI
DIRECCION:	Valle Verde Av. Circunvalacion
TELEFONO:	0424 4498090
N° ORIGINAL:	
N° MODIFICADO:	
FECHA:	
PROFUNDIDAD DEL POZO:	N/E
PERFORADA:	DIAMETRO:
ENTURBADA:	DIAMETRO:

PERTENECE A LA RED: SI: NO:

TIENE PLACA DE IDENTIFICACION: SI: NO:

N°: _____

ESTADO ACTUAL DEL POZO:

ACTIVO: NO ACTIVO:

TIEMPO SIN FUNCIONAR: _____

MOTIVO: _____

USO DEL AGUA	
INDUSTRIAL:	
ABASTECIMIENTO POBLAC:	X
COMERCIAL:	
AGRICOLA:	

INFORMACION EL CAMPO:	NIVELES			FECHA
	ESTATICO	DINAMICO	CAUDAL (l/s)	
INFORMACION:	15.94 (m)	23.5 (m)	4.02	31/3/2017

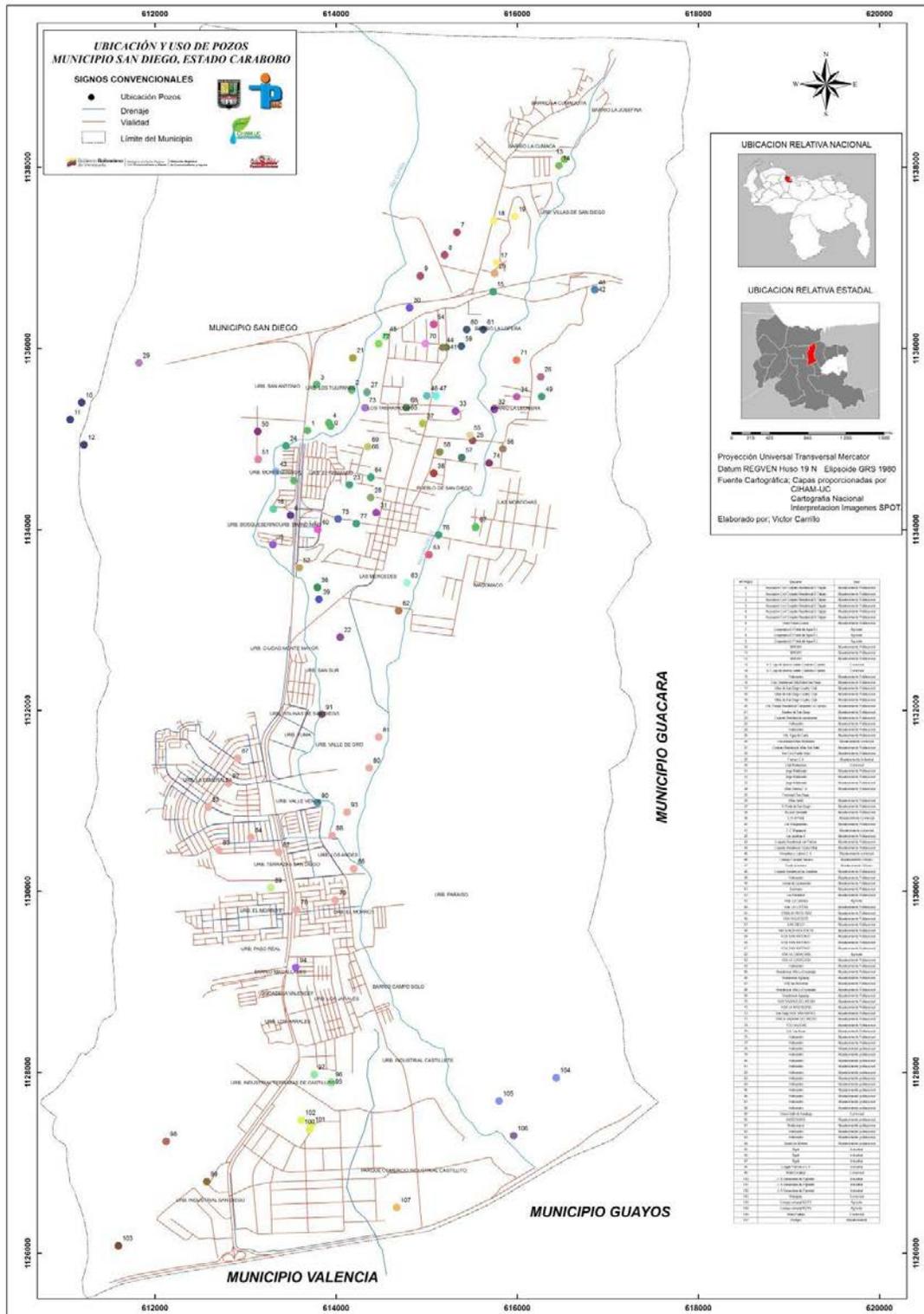


Figura 51. Planilla de inventario de aguas subterráneas del pozo Iamdesandi de coordenadas UTM 613796E; 1130970N; elevación 459 m.s.n.m. Municipio San Diego, Estado Carabobo

ANEXO D

Mapa de ubicación y uso de los pozos del municipio San Diego, Edo. Carabobo

Mapa de ubicación y usos de los pozos del Municipio San Diego Edo. Carabobo





San Diego, 02 de Mayo del 2017

Señores:
Complejo Deportivo IAMDESANDI
Atención:
Presente.-

Saludos cordiales

Por medio de la presente se hace constar que los bachilleres ANGELICA I. CARRIZALEZ O. C.I. 20.787.157 y LUIS E. URDANETA L. C.I. 21.021.912 han cumplido con la programación de muestreo reflejada en la tabla anexada a continuación, cumpliendo satisfactoriamente con los requisitos según su estudio para el trabajo de grado de la Facultad de Ingeniería, escuela Ingeniería Civil de la Universidad de Carabobo, sin más a que hacer referencia, gracias.

COMPLEJO DEPORTIVO IAMDESANDI	
Nº Medición	Fecha de Medición
1	24/01/2017
2	03/03/2017
3	23/03/2017
4	30/03/2017
5	31/03/2017
6	03/04/2017
7	05/04/2017



Angeli Carrizalez
ANGELICA I. CARRIZALEZ O.
C.I. 20.787.157

Luis Urdaneta
LUIS E. URDANETA L.
C.I. 21.021.912

**Figura 52. Carta de Aprobación Complejo Deportivo Iamdesandi.
Fecha: 02/05/2017**