UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

ANÀLISIS DEL FUNCIONAMIENTO HIDRÀULICO DEL SISTEMA DE ADUCCIÒN Y DISTRIBUCIÒN DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE VILLA DE CURA, ESTADO ARAGUA

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Como parte de los requisitos para optar al título de

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

REALIZADO POR Daniel Alejandro Briceño Silva

Francesco Pellegrino Soto

PROFESOR GUIA Ing. Bruno Magalhaes

FECHA Junio 2015

UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

ANÀLISIS DEL FUNCIONAMIENTO HIDRÀULICO DEL SISTEMA DE ADUCCIÒN Y DISTRIBUCIÒN DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE VILLA DE CURA , ESTADO ARAGUA

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: 18 (Dieciocho)

JURADO EXAMINADOR

Firma
Nombre: CARLOS GRIFFIN

Firma
Nombre: BRUNO MAGALHAES

Firma
Nombre: HUMBERTO BAUSSON

REALIZADO POR Daniel Alejandro Briceño Silva
Francesco Pellegrino Soto

PROFESOR GUIA Ing. Bruno Magalhaes

FECHA Junio 2015

SINOPSIS

El presente trabajo especial de grado tiene como finalidad el análisis del funcionamiento hidráulico del sistema de aducción y distribución de agua potable en el Casco Central de la ciudad de Villa de Cura, Estado Aragua. La investigación consistió en adaptar un modelo de simulación matemático de acueductos, calibrado de manera tal que el mismo reflejara la situación actual del sistema con la información obtenida a través de mediciones, entrevistas a operadores y a recorridos con la comunidad en las zonas y sectores estudiados. Ello permitió determinar las principales deficiencias y fallas que existen en el sistema, las cuales han deteriorado la calidad del servicio prestado y los tiempos de abastecimiento. La metodología adoptada es la de levantamiento completo de información básica y a través del análisis y evaluación hidráulica de dicha información se determinaron las causas de los problemas.

El diagnostico físico realizado abarcó desde la infraestructura existente como estanques, tuberías, bombas, hasta los pozos que se encuentran dentro y fuera de la zona en estudio pero alimentan a la misma. Así como también las aducciones principales del sistema, incluyendo las estaciones de rebombeo. Con respecto al modelo de simulación matemático, se diagnosticó la operación actual del sistema y se verificó el funcionamiento hidráulico del modelo propuesto, el cual se concibió con ciclos de veinticuatro (24) horas considerando tanto demanda satisfecha como condiciones de racionamiento, aplicadas durante los umbrales de estudio, desde la fecha actual 2015 y los años donde se prevé que se alcance la densidad de saturación. Ambos casos son estudiados con un análisis de dotaciones y con las respectivas estimaciones de demanda.

Al ejecutar los procedimientos anteriores se pudieron establecer distintas conclusiones y acciones que pueden conllevar a un funcionamiento más eficiente y mejorar su operación, y se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Se requiere la sustitución inmediata de tuberías de asbesto - cemento con diámetros que van desde los 100 a los 300 mm en tubería matriz y en la malla de distribución.
- Es necesario eliminar el centro de abastecimiento de camiones cisterna de la Alcaldía de Zamora lo antes posible, debido a que a través del mismo se extrae un caudal diario aproximado de 10 litros por segundo originando también caídas de presión en el sistema.
- Es preciso la sustitución inmediata de equipos de bombeo en pozos Calichal I, Calichar II-B y Calichal III, Las Mercedes II.
- Se requiere la sustitución inmediata y reconexión de último tramo de aducción de Tocorón al estanque Sanabria Méndez.
- Es necesario la construcción a corto plazo de una estación de rebombeo a 3 km aguas arriba del estanque Sanabria Méndez en el nuevo tramo de la aducción de Tocorón y también donde inicia la línea principal de alimentación a Los Colorados.
- Es preciso a largo plazo la sustitución completa de las aducciones desde las estaciones El Mahomo y Tocorón hasta el estanque principal de la ciudad.
- Se requiere independizar la zona Los Colorados con una nueva línea y una estación de bombeo para esta zona.
- Se necesita a mediano plazo la sustitución de los equipos de bombeo en la estación de bombeo Tocorón.

INDICE

VOLUMEN I

CAPÍTULO **PÁGINA**

SINOPSIS ……..……. i

1. INTRODUCCIÓN
   1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA …….. 1
   1.2 OBJETIVO GENERAL ……. 3
      1.2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS …...……. 3
   1.3 ALCANCES Y LIMITACIONES …….. 4
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS …… 5
   2.1 BASES TEÓRICAS …… 5
      2.1.1 NECESIDADES Y DEMANDA DE AGUA …… 5
      2.1.2 ACUEDUCTOS, ADUCCIONES, REDES DE DISTRIBUCIÓN Y SUS COMPONENTES FÍSICOS …… 6
      2.1.3 DETERIORO DE LOS COMPONENTES FÍSICOS …… 9
      2.1.4 PÉRDIDAS DE ENERGÍA POR FRICCIÓN …… 10
   2.2 FUNCIONAMIENTO DEL MODELO MATEMÁTICO …… 10
3. MARCO METODOLÓGICO …… 14
   3.1 TIPOS DE INVESTIGACIÓN …… 14
   3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN …… 18
4. RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN BÁSICA …….. 20
   4.1 NORMAS, INFORMES, ESTUDIOS Y PROYECTOS …… 20
   4.2 PLANOS DE PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN …… 21
   4.3 PLAN DE ORDENACIÓN Y CENSO …… 21
   4.4 CARTOGRAFÍA …… 21
5. ESTUDIO DE POBLACIÓN Y DEMANDA …….. 22
   5.1 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA POBLACIÓN …… 22
      5.1.1 GENERALIDADES ……... 22
      5.1.2 METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN …….. 25
   5.2 ESTIMACIÓN DE LAS DEMANDAS DE AGUA DEL SISTEMA …… 28
      5.2.1 GENERALIDADES …… 28
      5.2.2 METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS DEMANDAS …….. 29

CAPÍTULO **PÁGINA**

5.3 DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA 34
5.3.1 DEFINICIÓN DE NODOS DE DEMANDA..... 35
5.3.2 ÁREAS TRIBUTARIAS DE NODOS 35
6. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO EXISTENTE Y DIAGNÓSTICO FÍSICO DE LOS COMPONENTES 36
6.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN 36
6.2 DIAGNÓSTICO FÍSICO DE LOS COMPONENTES ACTUALES: ESTANQUES DE ALMACENAMIENTO, ESTACIONES DE BOMBEO Y POZOS 38
6.2.1 ESTANQUE PRINCIPAL SANABRIA MÉNDEZ 38
6.2.2 ADUCCIONES 39
6.2.3 ESTACIONES DE BOMBEO 41
6.2.4 POZOS QUE ABASTECEN EL CASCO CENTRAL 43
6.2.5 MANIOBRAS Y CIERRES DE VÁLVULAS REALIZADAS POR LA EMPRESA HIDROLÓGICA ACTUALMENTE..... 47
6.3 DESCRIPCIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DEL CASCO CENTRAL 49
7. DIAGNÓSTICO DEL FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO EXISTENTE 52
7.1 GENERALIDADES 52
7.2 CALIBRACIÓN 53
7.2.1 CRITERIOS Y PARÁMETROS ADOPTADOS EN LA CALIBRACIÓN 53
7.2.2 RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN 54
7.3 CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE LA RED ACTUAL 57
7.3.1 CRITERIOS Y PARÁMETROS ADOPTADOS 58
7.3.2 RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO PARA EL CASO ACTUAL CICLO 1 – CASCO CENTRAL 59
7.3.3 RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO PARA EL CASO ACTUAL CICLO 2 – LOS COLORADOS 60
8. VERIFICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DEL SISTEMA PROPUESTO 61
8.1 CRITERIOS Y PARÁMETROS ADOPTADOS PARA LA SITUACIÓN ACTUAL Y FUTURA 61
8.2 CASOS ANALIZADOS 62
8.2.1 PROPUESTAS A CORTO PLAZO: DEMANDA SATISFECHA – SITUACIÓN ACTUAL 66

CAPÍTULO **PÁGINA**

8.2.2 PROPUESTAS A CORTO PLAZO: DEMANDA SATISFECHA – SITUACIÓN FUTURA …… 72
8.2.3 PROPUESTAS A MEDIANO PLAZO: DEMANDA SATISFECHA - SITUACIÓN ACTUAL …… 76
8.2.4 PROPUESTAS A MEDIANO PLAZO: DEMANDA SATISFECHA - SITUACIÓN FUTURA …… 81
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ……. 85
10. BIBLIOGRAFÍA …… 90
11. REFERENCIAS ……. 91
ANEXO 1: MEDICIONES REALIZADAS POR LA EMPRESA HIDROLÓGICA
ANEXO 2: INFORMACIÓN DE LAS BOMBAS
ANEXO 3: REPORTE FOTOGRÁFICO
ANEXO 4: PLANOS

Índice de Tablas

Tabla **Página**

Tabla 5.1.- Resumen de Población y Densidades Actuales ..…….... 26

Tabla 5.2.- Resumen de Población y Densidades Futuras…….. 27

Tabla 5.3.- Resumen de Demandas Casco Central – Situación Actual ……. 30

Tabla 5.4.- Resumen de Demandas Zonas fuera del Casco Central – Situación Actual ……. 31

Tabla 5.5.- Resumen de Demandas del Casco Central – Situación Futura …….. 32

Tabla 5.6.- Resumen de Demandas Zonas fuera del Casco Central – Situación Futura …….. 33

Tabla 6.1.- Cuadro Características de Estaciones de Bombeo …… 43

Tabla 6.2.- Cuadro Características de Pozos …….. 46

Tabla 7.1.- Plan de Operación Bajo Situación de Racionamiento – Demanda Satisfecha …….. 58

Tabla 8.1.- Casos y propuestas …… 63

Tabla 8.2.- Resumen de tuberías a sustituir en la situación actual – propuestas a corto plazo …… 67

Tabla 8.3.- Equipos de bombeo en funcionamiento en la situación actual – propuestas a corto plazo …….. 69

Tabla 8.4.- Tabla con parámetros de los nodos en situación actual – propuestas a corto plazo ……. 71

Tabla 8.5.- Equipos de bombeo en funcionamiento en la situación futura - propuestas a corto plazo …… 73

Tabla **Página**

Tabla 8.6.- Tabla con parámetros de los nodos en situación futura – propuestas a corto plazo …… 75

Tabla 8.7.- Resumen de tuberías a sustituir en la situación actual – propuestas a mediano plazo …….. 77

Tabla 8.8. – Equipos de bombeo en funcionamiento en la situación actual - propuestas a mediano plazo …… 78

Tabla 8.9.- Tabla con parámetros de los nodos en situación actual – Propuestas a mediano plazo ……. 80

Tabla 8.10.- Equipos de bombeo en funcionamiento en la situación futura - propuestas a mediano plazo ……. 82

Tabla 8.11.- Tabla con parámetros de los nodos en situación futura – propuestas a mediano plazo …… 84

Índice de Figuras

Figura **Página**

Figura 5.1.- Áreas Nodales ……..…… 23

Figura 6.1.- Conducciones Magdaleno – Villa de Cura (1) y San Joaquín de Güere - Villa de Cura (2) ……. 41

Figura 6.3.- Ubicación de los Pozos ……... 47

Figura 6.3.- Tuberías de aducción y distribución Villa de Cura …… 51

Figura 7.1.- Curvas Isóbaras resultantes de la Calibración en horas de máxima demanda …….. 55

Figura 7.2. – Curvas Isóbaras resultante de la Calibración en horas de mínima demanda …… 56

Figura 8.1.- Curvas Isóbaras con propuestas en horas de máxima demanda…… 64

Figura 8.2.- Curvas Isóbaras con propuestas en horas de mínima demanda…….. 65

Índice de Gráficos

Gráfico **Página**

Gráfico 5.1. - Curva de Variación Horaria de la Demanda …….. 29

Gráfico 8.1.- Comportamiento del estanque en situación actual con propuestas a corto plazo …….. 70

Gráfico 8.2.- Comportamiento del estanque en situación futura con propuestas a corto plazo ……. 74

Gráfico 8.3- Comportamiento del estanque en situación actual con propuestas a mediano plazo …….. 79

Gráfico 8.4- Comportamiento del estanque en situación futura con propuestas a mediano plazo ……. 83

1. INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Desde el principio de los tiempos el hombre ha tenido que satisfacer sus necesidades esenciales, para lo cual se vio obligado a crear servicios básicos y así cubrirlas. La más relevante por su importancia vital es la de agua potable, por lo que civilizaciones antiguas como la romana, diseñaron sistemas de abastecimiento que permitían captar y transportar el agua desde un punto accesible en la naturaleza hasta los centros poblados donde sería consumida. Dichos sistemas llevaban el agua por gravedad, ya que esta se conseguía en lugares geográficamente y altimétricamente adecuados respecto a las poblaciones abastecidas.

Estos sistemas, junto a las civilizaciones que los crearon, han sufrido grandes transformaciones. Ahora son más complejos, están formados por fuentes, obras de captación, líneas de aducción o impulsión, plantas de tratamiento, estanques de almacenamiento, líneas matrices, redes de distribución y tomas domiciliarias. Debido a ello, y a pesar de los esfuerzos técnicos económicos realizados, hoy día persisten las deficiencias en la prestación, cobertura y calidad del servicio de agua potable, en gran parte motivado a la diferencia entre el crecimiento poblacional y de demanda y las inversiones necesarias para cubrir dichos incrementos.

Los recursos hídricos son de gran importancia para el desarrollo de toda sociedad, dado que se relacionan de forma directa con miles de actividades de la vida diaria como el alimento, el aseo, la salud entre muchas otras, proporcionando calidad de vida a todos los individuos. Por ello es indispensable realizar mejoras e incorporaciones continuamente en los sistemas de distribución de agua potable.

Venezuela no escapa de igual forma a esta realidad mundial. La mayor parte de su población está concentrada en el eje Centro-Norte-Costero, sin embargo algunos de los recursos hídricos más importantes se encuentran a centenares de kilómetros de distancia, en el

eje Apure Orinoco y en el estado Cojedes. Estos reservorios incluyen los ríos más caudalosos del país como el Aro, el Caura y el Caroní, así como embalses de una cierta envergadura como el Pao La Balsa o el Pao Cachinche. Este estado de cosas obliga a realizar un notable esfuerzo para trasladar el agua por vastas distancias y, en consecuencia, por impedir la pérdida de una considerable cantidad de ella.

El área de estudio del siguiente Trabajo Especial de Grado es el Casco Central de la ciudad de Villa de Cura, la cual es la capital del Municipio Zamora, ubicado en el Estado Aragua, y posee una densidad poblacional de 235,6 habitantes por hectáreas, según el CENSO 2011 del Instituto Nacional de Estadística (I.N.E). Según la misma fuente, su tasa de crecimiento poblacional ha ido aumentando y su sistema de abastecimiento de agua potable no ha sido modificado para ello. Este sistema consta de dos aducciones principales que operan con bombeo desde el Sistema Regional del Centro II, fuente principal de agua del Estado Aragua, el estanque Sanabria Méndez y un total de diez (10) fuentes subterráneas (pozos profundos).

Actualmente se registran irregularidades en los tiempos de servicio y abastecimiento en la mayoría de los sectores de la ciudad, y ello ha originado la creación de una red alternativa de distribución a través de camiones cisterna, los cuales extraen un gran caudal promedio diario (10 litros por segundo) y también afectan las presiones en la red del Casco Central. Aunado a esto, la cantidad de pérdidas existentes en las dos aducciones encargadas de llenar el estanque, debido a su mal estado, y la falta de dispositivos mecánicos que regulen la cantidad de aire en ambas, trae como consecuencia que el estanque Sanabria Méndez no cumpla con su función como controlador piezométrico y compensador. En la actualidad el estanque no está siendo alimentado de ninguna de las dos aducciones mencionadas y no se encuentra en funcionamiento.

Entre los problemas existentes también está la cantidad de pozos profundos que se encuentran fuera de servicio, las tomas ilegales, realizadas por las poblaciones adyacentes a lo

largo de la tubería y no contempladas en el plan de distribución, y finalmente la falta de agua proveniente del Sistema Regional del Centro II.

Las acciones y operaciones implementadas por la empresa hidrológica encargada del sistema (Hidrológica del Centro C.A.) solo son soluciones coyunturales y a corto plazo, las cuales se van ejecutando en la medida que los problemas se presentan, sin tomar en cuenta el aumento de la población a través del tiempo. Los planteamientos anteriores originaron las siguientes interrogantes que constituyen el norte de la presente investigación:

- ¿Se pueden evaluar las condiciones actuales del sistema utilizando un modelo matemático?
- Si el modelo matemático seleccionado fue concebido para el diseño de proyectos ¿Se puede realizar una calibración de los resultados arrojados por el modelo para que estos se ajusten lo más posible a la situación actual?
- ¿Qué correcciones se pueden plantear e implementar en el sistema que contribuyan a solucionar el problema hidráulico de la zona del Casco Central de Villa de Cura?

1.2 OBJETIVO GENERAL

Analizar el funcionamiento de un sistema de aducción y distribución real a través de la adaptación de un software prediseñado, para el planteamiento de mejoras en la Zona de Villa de Cura, ubicada en el estado Aragua.

1.2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar las condiciones actuales del sistema de aducción y distribución de la zona de Villa de Cura.
- Establecer el modelo matemático de simulación del sistema de aducción y distribución en la zona de Villa de Cura.

- Comparar la evaluación de las condiciones actuales con el modelo matemático establecido para realizar un proceso de calibración.
- Proponer planteamientos correctivos para mejorar la infraestructura de aducción y distribución en base a las condiciones evaluadas.

1.3 ALCANCES Y LIMITACIONES

- Se estudió solo el Casco Central de la ciudad de Villa de Cura por ser el área con mayor problemática de abastecimiento en sus redes de distribución. Esa zona abarca un total de 250 hectáreas.
- Se tomaron en cuenta aquellos pozos profundos que surten de agua a la red de distribución, a pesar de no estar ubicados dentro del área seleccionada.
- Solo se tomaron en cuenta las tuberías principales, matrices y de redes de distribución de hasta 100 mm (4 pulgadas).
- La cantidad de mediciones realizadas fue limitada por la indisponibilidad de equipos de medición, razones técnico económicas e inseguridad existente en la ciudad de estudio.
- Se plantearon soluciones para una ingeniería conceptual, no se realizó ni una ingeniería de detalle ni un análisis de tipo económico.
- Las tomas ilegales de los centros poblados adyacentes al trazado de las tuberías de aducción se consideraron como una pérdida, sin embargo, no se plantearon alternativas para solucionar los problemas de agua de las poblaciones que mantienen dichas tomas.
- Para el catastro de las tuberías que se encuentran en zonas inaccesibles o dentro de sembradíos privados, se trabajó con el inventario de la empresa hidrológica.
- Se delimitaron las aducciones provenientes del sistema regional desde las estaciones de bombeo Tocorón y Mahomo hasta el estanque Sanabria Méndez.
- No forma parte del alcance de este trabajo especial de grado el análisis necesario para la perforación de nuevas fuentes subterráneas.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. BASES TEÓRICAS

2.1.1. Necesidades y demandas de agua

Según Bolinaga, la demanda de agua de una población es el volumen total de agua que teóricamente se está consumiendo, cuyo cálculo representa solo un objetivo intermedio que conlleva a alcanzar el objetivo final del proyecto a diseñar, que no es más que el cálculo de las necesidades que se deseen cubrir. (1984, p.17). Cabe decir que comúnmente el concepto de demanda es confundido con el de consumo, debido a que la demanda es un valor teórico normativo y el consumo es un valor que se obtiene a través de mediciones propias del acueducto.

Otro factor que puede generar diferencia entre el consumo y la demanda es el racionamiento aplicado a los centros poblados. Al existir racionamiento los usuarios tienden a consumir más agua en el momento del día cuando se les suministra, de esta manera almacenan en los hogares una cantidad adicional para cubrir los períodos sin suministro.

Otro valor que debe ser considerado es el de dotación, definido por Bolinaga como "la suma de los requerimientos razonables [valores de caudales normados] de los diferentes usos que conforman el abastecimiento urbano: domestico, comercial, (…); agregando a ellos las pérdidas que ocurran en las redes de distribución, por las juntas imperfectas, malos empotramientos o tuberías rotas" (1984, p.22).

Dichos valores, como se indicó con anterioridad, son normados por los institutos pertinentes, los cuales basan sus cálculos en las necesidades per cápita dependiendo de la localidad. Los centros poblados con mucha cantidad de población no pueden ser tratados con los mismos parámetros que ciudades de pequeña densidad poblacional. Otro factor importante

son los medidores que ayudan a evitar una dotación mayor por el mal uso del agua, debido a una conducta de despilfarro estimulada por los bajos precios del servicio.

Se entiende también como dotación "la cantidad de agua que se requiere suministrar en un cierto periodo de tiempo a cada usuario del acueducto (casa, edificio, industria, escuela, etc.) para satisfacer adecuadamente sus correspondientes necesidades" (Palacios, 2011, p.31)

2.1.2. Acueductos, aducción, redes de distribución y sus componentes físicos

Un acueducto es un sistema o conjunto de sistemas acoplados que permite transportar el agua, en forma continua y con presión suficiente, desde el lugar en que se encuentra en la naturaleza hasta el punto de consumo. Entre los elementos que lo conforman se encuentra la red de distribución. (**https://saraemor.wordpress.com/introduccion/, 2015)**

Según la Universidad de Tolima, Colombia, aducción es aquel componente a través del cual se transporta agua desde la fuente hasta el depósito regulador.

Según Moreno, la red de distribución la componen todas aquellas tuberías que abastecen al usuario del sistema de acueducto. El recorrido de dichas tuberías se realiza generalmente siguiendo el trazo de las distintas vías, como carreteras, y calles de menor concurrencia de vehículos debido a que estas poseen una ruta preseleccionada con pendientes controladas y, a la hora de generar cualquier tipo de reparación, el acceso es mucho más sencillo que si se localizaran dentro de terrenos privados. (2006, p.18). Las redes de distribución son clasificadas como ramificadas o de mallas, ello dependerá de la topografía del terreno y de la localización de las fuentes que suministran agua a la red. Las redes ramificadas son aquellas que tienen un ramal troncal y una serie de ramificaciones, mientras que las malladas son aquellas que poseen tuberías interconectadas entre sí, creando un circuito cerrado.

Las estaciones de bombeo que según la Organización Panamericana de la Salud (OPS, sf) "son un conjunto de estructuras civiles, equipos, tuberías y accesorios, que toman el

agua directa o indirectamente de la fuente de abastecimiento y la impulsan a un reservorio de almacenamiento o directamente a la red de distribución" (p.3).

La bomba es el componente mecánico fundamental dentro de las estaciones de bombeo. Esta es capaz de darle al líquido la energía necesaria para transportarlo por las tuberías hasta cotas de alto nivel.

Cada bomba posee una curva de operación que dependerá de varios componentes mecánicos como el motor y el número de etapas, entre otros. La curva opera en rangos de caudales y presiones elegidos según la necesidad, para lograr un funcionamiento eficiente de la bomba y del sistema aguas abajo. En otras palabras, es la curva de operación junto a otros factores, como el consumo eléctrico, lo que determinará el tipo de bomba a utilizar.

Según la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Nuevo León, los pozos también forman parte de los componentes más importantes en los acueductos, debido a que representan una solución al abastecimiento de agua en aquellos casos en que las poblaciones se encuentran en lugares remotos. Entre los tipos de pozos el más común, en las zonas rurales, es el excavado por ser poco profundo y susceptible de ser obtenido de forma manual. (sf, p.18-20)

También se encuentran los pozos hincados, los cuales se obtienen hincando un tubo mediante golpes y combinándolo con una bomba que extrae el agua. Este tipo de pozo es utilizado generalmente en lugares donde el nivel freático es alto y el suelo blando.

Existen también los pozos perforados, en los cuales ya es necesario el uso de maquinaria de percusión y rotativa.

Dentro de los acueductos también se encuentran los estanques que tienen como función principal almacenar agua. Según Méndez,

> el almacenaje de agua en los estanque cumple diversas funciones, tales como las de absorber las fluctuaciones de la demanda de los centros de consumo,

> uniformizando los caudales de la aducción; dotar a los sistemas de distribución de volúmenes de reserva para ciertas contingencias (incendios, por ejemplo) o para complementar los gastos en las tuberías matrices durante los períodos de máxima demanda; o bien, cuando se colocan en la entrada de una estación de bombeo, para suplir los déficit o almacenar los excesos momentáneos de agua en la línea de flujo, que puedan generarse por una operación inapropiada del sistema. Dependiendo de las condiciones en cada caso de proyecto, los estanques podrán ser enterrados o superficiales. *(1995, p.9)*

Otro factor importante que se le atribuye a los estanques es controlar la línea de altura piezométrica o el de mantener la variación de las presiones en el sistema dentro de un rango aceptable.

Un componente fundamental dentro del acueducto son las ventosas que según Serrano (SF, p.1) "son dispositivos mecánicos sencillos, imprescindibles en todo tipo de redes de distribución de agua, cuya misión es asegurar el correcto funcionamiento de las tuberías, regulando la cantidad de aire libre que existe en el interior de las mismas". Al funcionar de forma correcta evita procesos químicos que desgastan internamente a la tubería y hace perder sus propiedades, así como evita fenómenos como el golpe de ariete.

Otro componente importante de un sistema de acueductos son las válvulas, entre las que se encuentran las válvulas *check* o de retención, que según Rodríguez son utilizadas para que el fluido dentro de las líneas no se regrese cuando una bomba sale de operación. Estas se cierran automáticamente cuando el flujo intenta escurrirse en una dirección diferente a la determinada en su diseño. (2011, p.42)

También existen las válvulas de mariposa cuya función es a abrir o cerrar totalmente el paso del flujo dentro de las tuberías, las cuales en algunos casos son utilizadas incorrectamente

para regularlo. Estas válvulas que generalmente no son diseñadas para resistir altas presiones, en casos especiales pueden ser construidas para cumplir esa función. (2011, p.25)

Otras válvulas son las aliviadoras de presión, que ayudan a disminuir los aumentos desmesurados de la presión nominal y las válvulas reductoras de presión que evitan el uso de tuberías resistentes a grandes presiones. (2011, p.51)

Finalmente otros componentes mecánicos son las cajas rompedoras de presión y las chimeneas de equilibrio, indispensables en atmosferas de alta presión porque son idóneas para aliviarlas.

2.1.3. Deterioro de los componentes físicos del sistema

Con el paso del tiempo, los componentes físicos que integran el sistema de distribución de agua potable se empiezan a deteriorar y a perder sus condiciones óptimas de operación. El proyectista debe considerar esta debilidad a la hora del diseño y planteamiento de mejoras para que eventualmente el sistema siga operativo con una capacidad hidráulica eficiente.

Entre los principales problemas que afectan las aducciones están las incrustaciones o deposiciones de compuestos como el carbonato de sodio o la cal, químicos que son añadidos al agua en las plantas de tratamiento para su potabilización.

Otro hecho que puede llegar a dañar los componentes metálicos del sistema hidráulico es la corrosión, que según Quiminet, no es más que la destrucción del metal por la interacción, tanto con el medio ambiente como con el agua que transporta, por efectos de un fenómeno electroquímico. Este es un proceso que debilita la integridad estructural de la tubería y hace que sufra fallos como pérdida del flujo, daños en las instalaciones y hasta puede llegar a poner en riesgo vidas humanas. (2015, sp). La corrosión puede evitarse con un debido mantenimiento de la tubería a través de la aplicación de un recubrimiento de pinturas anticorrosivas, revestimientos e inhibidores de tuberías, entre otros. Estos procesos de deterioro afectan principalmente a las tuberías metálicas, mientras que materiales como PVC,

PEAD, PRFV, el concreto o el asbesto cemento son relativamente inertes por su composición química.

2.1.4. Pérdidas de energía por fricción

Hasta el presente no ha sido posible realizar una correlación rigurosa entre las características de los conductos, las propiedades del fluido, las referencias del movimiento, los esfuerzos cortantes, además de otros elementos. Por lo que algunas de las ecuaciones que se utilizan para el cálculo de pérdidas de energía por la fricción en la práctica son empíricas o de carácter experimental.

Las pérdidas de energía por fricción son generadas porque al estar el fluido en movimiento a través de una tubería, existe una resistencia (viscosidad) que se opone a dicho movimiento, convirtiéndose parte de la energía que lleva el sistema en energía térmica que se disipa a través de las paredes de la tubería por la que circula el líquido.

La fórmula de Hazen - Williams es una de las ecuaciones empíricas más utilizadas para evaluar estas pérdidas por la gran cantidad de información de tipo experimental que se ha reunido desde su publicación.

2.2. FUNCIONAMIENTO DEL MODELO MATEMÁTICO

Los modelos de simulación de la operación de acueductos tienen como objetivo el diagnóstico y verificación del funcionamiento hidráulico de sistemas de abastecimiento de agua a través de períodos de veinticuatro (24) horas, mediante la resolución de la red de distribución en función de las condiciones impuestas por los niveles de los tanques y caudales en los alimentadores; todo esto en los diferentes intervalos considerados en dicho período, los cuales son función de la curva de variación horaria de la demanda. Para su adecuada utilización se requiere incorporar como data toda la infraestructura de la red de servicios a ser simulada, conformada por:

- Nodos de Demanda: con su correspondiente caudal de consumo, elevación, curva de variación de consumo.
- Tuberías: indicando diámetro, longitud, coeficiente de rugosidad, puntos de interconexión (nodo de entrada – nodo de salida).
- Estanques: capacidad, configuración geométrica y altimétrica, valvulería existente.
- Estaciones de bombeo: curvas de operación, nodos de interconexión, ubicación altimétrica, restricciones.
- Válvulas: ubicación, tipo, curva de pérdida.

La resolución matemática de los caudales a través de las distintas tuberías de la red de distribución para cada intervalo analizado, se determina en función de dos condiciones principales:

- Aplicación de la Ecuación de la Continuidad en cada nodo, es decir, la sumatoria de los caudales influentes es igual a la sumatoria de los caudales efluentes.

$$\sum Q_i = \sum Q_e$$

donde: Q_i = caudal influente (m^3/s)

Q_e = caudal efluente (m^3/s)

- La sumatoria algebraica de las pérdidas por fricción a lo largo de un circuito cerrado de tuberías es nula.

$$\sum hf_i = 0$$

Dónde:

$$hf_i = \frac{K \times Q^{1,852} \times L}{C^{1,852} \times D^{4,87}}$$

hf_i = pérdidas por fricción (m); Q = caudal (m^3/s)

C = coeficiente de rugosidad de Hazen - Williams; D = diámetro (m)

L = longitud de tubería (m) K =10,66809 (ctte)

(Méndez 1995, cap.2, p.19)

El modelo de simulación seleccionado para el análisis del sistema de aducción y distribución de agua potable del Casco Central de la ciudad de Villa de Cura, ha sido el modelo WaterCad V8i, cuyo uso fue previamente autorizado por la Hidrológica del Centro C.A. y elaborado por Bentley, Exton, Estados Unidos.

Dicho modelo es una herramienta poderosa de fácil manipulación que ayuda en el diseño y diagnóstico de complejos sistemas de tuberías a presión. Mediante su utilización es factible modelar tanto situaciones puntuales de operación, como por largos períodos de simulación; igualmente puede simular variaciones en las condiciones de calidad del agua, y la influencia de la utilización de químicos durante ciertos períodos de tiempo. Su interface con AUTOCAD V2012 permite una rápida y fácil visualización de la red, incluyendo tuberías, tanques, bombas; también es factible simular varios escenarios, visualizarlos y compararlos. AUTOCAD V2012 es un producto elaborado por AutoDesk, Mill Valley, California, Estados Unidos.

Como actividad adicional realizada durante esta fase del trabajo se requirió invertir tiempo en la calibración del programa de simulación, probar su comportamiento y resultados, y compararlos con valores registrados en las campañas de mediciones referenciadas y con datos de operación reales suministrados por la Hidrológica del Centro C.A.

También fue posible detectar que el modelo matemático presenta algunas limitaciones en el algoritmo utilizado por WaterCad que pudiera inducir a resultados inadecuados, por ser un programa matemático y no físico. Algunas de estas limitaciones son:

- No permite simular el flujo de agua a superficie libre.
- Deben existir en la red de distribución algunos elementos que suministren la totalidad del agua demandada (tanques, embalses, nodos influentes, etc.), ya que el programa genera situaciones irreales cuando existen discrepancias entre el caudal demandado y el caudal suministrado.
- El programa puede extrapolar puntos imaginarios en las curvas características de las bombas. Esto sucede porque para el modelo es matemáticamente factible utilizar equipos con cargas dinámicas de operación negativa, lo cual no tiene una contraparte en la realidad. La finalidad de este mecanismo es generar caudales de bombeo que satisfagan las necesidades teóricas de la red.
- El programa puede arrojar valores de presiones negativas para lograr suministrar el caudal demandado, lo cual no tiene una contraparte en la realidad y se traduce en que dichos puntos no son abastecidos.

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. TIPOS DE INVESTIGACIÓN

Cuando se inicia el capítulo de la metodología lo primero que se encuentra el investigador es la definición del tipo de investigación que desea realizar. La escogencia del tipo de investigación determinará los pasos a seguir del estudio, sus técnicas y métodos que puedan emplear en el mismo. En general determina todo el enfoque de la investigación influyendo en instrumentos, y hasta la manera de cómo se analiza los datos recaudados. Así, el punto de los tipos de investigación en una investigación va a constituir un paso importante en la metodología, pues este va a determinar el enfoque del mismo.

Este puede dividirse en dos tipos principales de campo o de laboratorio, que a su vez puede clasificarse en cuatro tipos principales:

Hernández, Fernández y Baptista (2003) establecen cuatro tipos de investigación: Estudios Exploratorios, Descriptivos, Correlaciónales y Explicativos; basándose en la estrategia de investigación que se emplea, ya que el diseño, los datos que se recolectan, la manera de obtenerlos, el muestreo y otros componentes del proceso de investigación son distintos.

Para los efectos de la presente investigación se emplearon los Estudios Explicativos, ya que este tipo de estudio busca el porqué de los hechos, estableciendo relaciones de causa-efecto

-El proceso formal:

Este se refiere al método que se emplea en el estudio, se divide en: Método deductivo, inductivo e hipotético-deductivo.

Se utilizó el Método deductivo, ya que parte de una premisa general para obtener las conclusiones de un caso particular. Pone el énfasis en la teoría, modelos teóricos, la explicación y abstracción, antes de recoger datos empíricos, hacer observaciones o emplear experimentos.

-El grado de abstracción:

Este se divide en Investigación pura (básica) e Investigación aplicada. La más indicada para el estudio de esta investigación fue la Investigación aplicada y su principal objetivo se basa en resolver problemas prácticos, con un margen de generalización limitado. De este modo genera pocos aportes al conocimiento científico desde un punto de vista teórico.

-El grado de generalización:

El cual se divide en Investigación fundamental y de acción. La más indicada de usar fue la Investigación acción, ya que esta se centra en generar cambios en una realidad estudiada y no coloca énfasis en lo teórico. Trata de unir la investigación con la práctica a través de la aplicación, y se orienta en la toma de decisiones y es de carácter ideográfico.

-La naturaleza de los datos:

Esta se divide en Metodología cuantitativa y cualitativa. Se usó en la investigación la cuantitativa, la cual se aplica a cualquier campo la investigación de las Ciencias Físico-Naturales. El objeto de estudio es externo al sujeto que lo investiga tratando de lograr la máxima objetividad. Intenta identificar leyes generales referidas a grupos de sujeto o hechos. Sus instrumentos suelen recoger datos cuantitativos los cuales también incluyen la medición sistemática, y se emplea el análisis estadístico como característica resaltante.

-La orientación:

Esta se divide en:

- Investigación orientada a conclusiones: esta engloba la metodología cuantitativa.
- Investigación orientada a decisiones: No se centra en hacer aportes teóricos, más bien su objetivo es buscar soluciones a los problemas. La investigación acción forma parte de este tipo de investigación y se vale de algunas metodologías cualitativas.

-La naturaleza de los objetivos:

Se refiere en cuanto al nivel de conocimiento que se desea alcanzar. Entre ellas podemos mencionar la exploratoria, descriptiva, correlacional, explicativa, experimental y predicativa. La idónea para el caso en estudio es la Investigación experimental: El objetivo se centra en controlar el fenómeno a estudiar, emplea el razonamiento hipotético-deductivo. Emplea muestras representativas, diseño experimental como estrategia de control y metodología cuantitativa para analizar los datos.

-El tiempo en que se efectúan:

El tiempo determina el tipo de investigación, existen dos tipos: Investigaciones sincrónicas y diacrónicas. Y se utilizó la última, porque estudia fenómenos en un período largo con el objeto de verificar los cambios que se pueden producir.

-La dimensión cronológica:

Dividida en: Investigación histórica, descriptiva y experimental. Siendo la indicada la Investigación descriptiva, por describir los fenómenos como aparecen en la actualidad. Estos pueden ser longitudinales o transversales, cualitativos o cuantitativos.

-El enfoque:

Se puede dividir en: Método experimental y correlacional. Y se adoptó el primero, ya que se experimenta con una variable independiente que puede ser manipulada si así lo desea el investigador, esto implica que habrá una intervención o experimentación.

-Las fuentes:

Estas son, Investigación bibliográfica, metodológica y empírica. La apropiada es la última mencionada, por estar basada en la observación y experimentación, puede emplear metodología cualitativa y cuantitativa, razonamiento hipotético-deductivo, ser de campo o laboratorio y se pueden emplear métodos transversales o longitudinales, entre otros. También se utilizaron fuentes bibliográficas y metodológicas para la elaboración de los respectivos marcos teórico y metodológico.

-La naturaleza de la información:

La información que se recoge para responder al problema de investigación se basa en la Investigación cuantitativa que utiliza predominantemente información de tipo cuantitativo directo. Se pueden emplear en los estudios de las Ciencias Físicas. Entre ellas se encuentran: Los estudios cuantitativos, la investigación cualitativa, la participativa, el estudio de caso y el estudio etnográfico. Se utilizaron los estudios cuantitativos con datos secundarios: Los cuales, a diferencia de los anteriores, abordan análisis con utilización de datos ya existentes.

-El lugar:

Estos se dividen en: Investigación de laboratorio y de campo. La indicada fue la de campo, debido a que la investigación se centra en hacer el estudio donde el fenómeno se da de manera natural, de este modo se busca conseguir la situación lo más real posible. Se pueden incluir experimentos de campo y la investigación ex post facto empleando metodología cualitativa.

-La temporalización:

Son dos: Los Métodos transversales y Longitudinales. Utilizaremos los longitudinales, los cuales se realizan en un tiempo prolongado viendo la evolución del evento bajo estudio.

En conclusión, se utilizó el método deductivo a través de una investigación cuantitativa aplicada en acción de campo con datos de tipo experimental para la realización de estudios en un lapso de tiempo prolongado. Se basó en fuentes bibliográficas, metodológicas y empíricas. Todos estos aspectos epistemológicos, antes desarrollados, fueron tomados del Manual de normas para la elaboración y presentación de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador de 1998.

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

a) La primera etapa consistió en el levantamiento de información (proyectos, planes de racionamiento e información de equipos de bombeo) en las oficinas de la Hidrológica del Centro C.A. y en el Casco Central de la ciudad de Villa de Cura, donde se verificaron las condiciones actuales del sistema a través de recorridos con operadores del mismo.
b) A continuación se determinó la población actual y futura del área de estudio, basándose en estudios existentes como censos, planes rectores de desarrollo y de planes urbanos locales, de esta manera se pudo estimar las demandas de agua de la población en los umbrales de estudio.
c) Posteriormente, se empleó el modelo matemático de simulación (WATERCAD V8i), con el cual se simuló el funcionamiento hidráulico del sistema a través de períodos de 24 horas. En dicha simulación se analizó la operación de estanques (variación de sus niveles), estaciones de bombeo y rebombeo (controlando apagados y encendidos a lo largo del día), ello en función de las demandas de la población y su fluctuación a lo

largo del día; bien sea bajo condiciones de demanda satisfecha o bajo los programas de racionamiento establecidos.

d) Se propusieron modificaciones viables en el sistema de aducción y distribución para optimizar la operación. Se incorporaron en el modelo matemático y se verificó el funcionamiento del sistema. Estas modificaciones incluyeron el correcto funcionamiento del estanque, la rehabilitación, incorporación y sustitución de equipos de bombeo, tanto de fuentes subterráneas como de estaciones y tuberías de distribución.

e) Los resultados obtenidos se evaluaron en función de la garantía del abastecimiento en todos los puntos de la red con adecuada presión, y de la recuperación total de los estanques al final del período analizado.

4. RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN BÁSICA

Para la recopilación de toda la información básica que se presenta a continuación se realizaron visitas y consultas a la Planoteca de la Hidrológica del Centro C.A., al Instituto Nacional de Estadística (INE) y al Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar. Así mismo, se consultaron proyectos y bibliografía existentes como el proyecto de Optimización del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable realizado por la proyectista TAHAL CONSULTING ENGINEERS L.T.D. Como complemento de toda esa información se realizaron numerosas reuniones y visitas con el personal que opera la jefatura de distribución Zona 1, la cual es la encargada de la Zona en estudio, tanto con ingenieros y técnicos operadores, como personal de la parte comercial y administrativa.

4.1 NORMAS, INFORMES, ESTUDIOS Y PROYECTOS

- Gaceta Oficial de La República de Venezuela, No 4044 Extraordinario – Normas Sanitarias para Proyecto, Construcción, Reforma y Mantenimiento de Edificaciones. – MSAS y MINDUR (Ministerios de Sanidad y Asistencia Social y del Desarrollo Urbano), 08/09/1988. (Ref. (1)).
- Normas para el diseño de los abastecimientos de agua. – INOS (Instituto Nacional de Obras Sanitarias), año 1975. (Ref. (3)).
- Optimización del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable Regional del Centro II y la Implementación de un Sistema de Control Operacional, Capítulo P, Red de Distribución de Villa de Cura, factibilidad - TAHAL CONSULTING ENGINEERS L.T.D. – Hidrológica del Centro C.A., año 2001. (Ref. (4)).
- Proyecto Acueducto de Villa de Cura. – Hidrológica del Centro C.A., año 2001. (Ref. (8)).

- Plano de Desarrollo Urbano de la ciudad de Villa de Cura. – Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 2.966 Extraordinario, año 1982. (Ref. (5)).

4.2 PLANOS DE PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN

- Plano de Zona de abastecimiento para la Red de Villa de Cura colocado sobre levantamiento aerofotogramétrico de la ciudad de Villa de Cura, Escala 1:5000, - Hojas T27, T28, U27, U28. – Hidrológica del Centro C.A., año 2001. (Ref. (6)).

4.3 PLAN DE ORDENACIÓN Y CENSO

- CENSO 2011. (Ref. (9)).
- Plano segmentado de la ciudad de Villa de Cura sobre levantamiento aerofotogramétrico de la ciudad de Villa de Cura, Escala 1:5000, - Hojas T27, T28, U27, U28. – Ministerio del Desarrollo Urbano, año 1992. (Ref. (7)).

4.4 CARTOGRÁFIA

- Levantamiento aerofotogramétrico de la ciudad de Villa de Cura, Escala 1:5000, - Hojas T27, T28, U27, U28. – Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar, año 1975. (Ref. (2)).

5. ESTUDIO DE POBLACIÓN Y DEMANDA

5.1 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA POBLACIÓN

5.1.1 GENERALIDADES

En el presente aparte se describen los distintos criterios adoptados para la determinación de la población servida por el sistema de distribución en estudio, el cual corresponde al Casco Central de la ciudad de Villa de Cura, así como la discriminación correspondiente por tipo de usuario y su evolución en el tiempo.

El cálculo de densidad de la población en la zona se realiza a través de la adaptación de los datos aportados del Censo 2001, elaborado por el Instituto Nacional de Estadísticas. Los planos segmentados son del mismo Instituto, pero basados en la cartografía tomada del Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar.

Los 75 segmentos y la data del Instituto Nacional de Estadísticas se combinaron y adaptaron a la zonificación suministrada por el Plan de Desarrollo Urbano (Ref. (5)). Todas las áreas de estudio son de tipo residencial.

Al terminar el proceso de combinación y adaptación a la zonificación del Plan de Desarrollo Urbano (Ref. (5)) y considerando al mismo tiempo los planos de redes de tuberías suministrados del área de estudio, las áreas nodales a trabajar quedaron como se muestra en el siguiente gráfico:

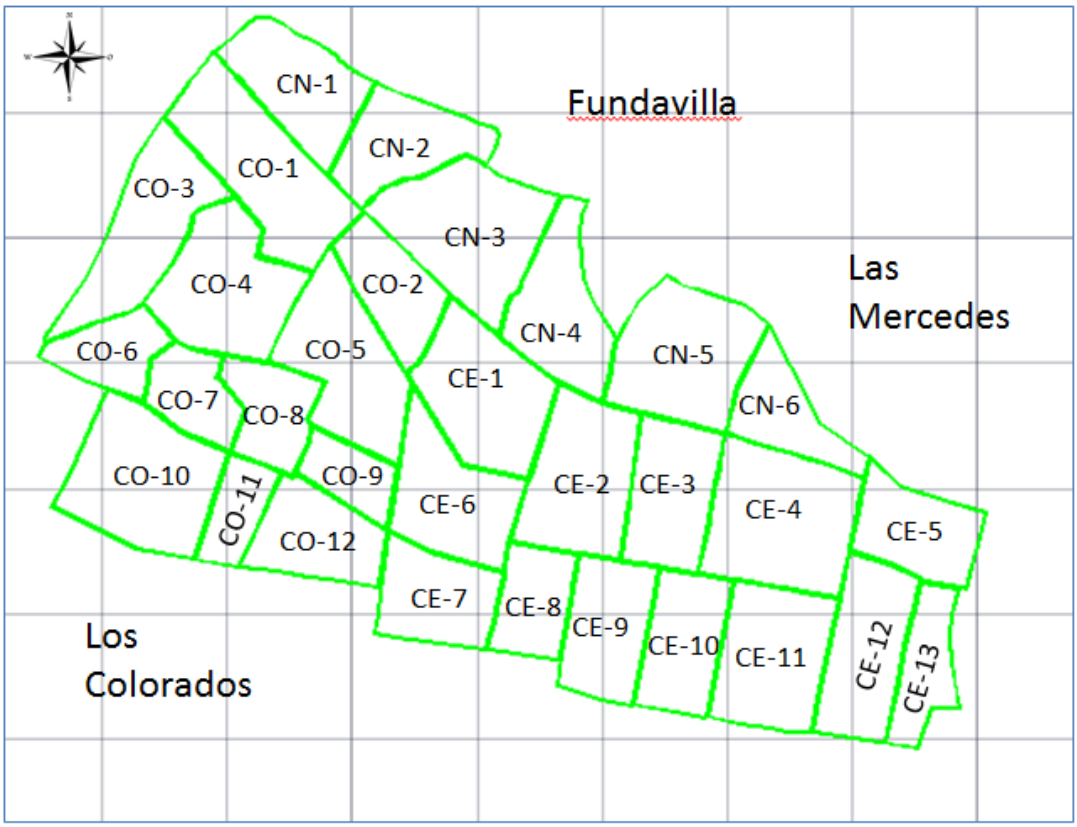


Figura 5.1 Áreas Nodales

Al conocerse la población del año 2001 de la data del Instituto Nacional Geográfico y la tasa de crecimiento esperada en el municipio correspondiente, se llevaron todos los datos de población al año actual, es decir, al año 2015 a través del método de tasas de crecimiento decreciente que "teóricamente representa bien el crecimiento de una población que sufre un gran incentivo de crecimiento y luego se estabiliza." (Bolinaga, 1984, p.20).

Una vez conocida la población en el año de estudio y las áreas de cada zona, se determinó la densidad promedio de cada sector y se compararon dichos valores con las densidades del Plan de Desarrollo Urbano (Ref. (5)).

También tomando en cuenta los datos de densidad máxima y mínima de cada sector en estudio, según el Plan de Desarrollo Urbano (Ref. (5)) y considerando el estudio realizado por TAHAL CONSULTING ENGINEERS L.T.D. (Ref. (4)) para una proyección de la población al año 2010 y 2020. Con apoyo de dicho proyecto y de imágenes satelitales se determinó el porcentaje de área desarrollada y se calculó la densidad poblacional para cada uno de los sectores en estudio en la condición actual (año 2015) y la condición a futuro (saturación de las áreas), las cuales según las tasas de crecimiento calculadas, estos años están entre el 2025 y el 2030 aproximadamente.

De ambos casos de densidad poblacional se adoptaron las densidades calculadas del porcentaje de área desarrolladas y las densidades del Plan de Desarrollo Urbano (Ref. (5)).

Según el Plan de Desarrollo Urbano (Ref. (5)), en la zona de estudio se pueden clasificar los sectores según su uso de la siguiente manera:

- AR-3: es un área residencial correspondiente al núcleo urbano tradicional de la ciudad, con predominio de viviendas unifamiliares continua y presencia de algunas viviendas multifamiliares. En esta zona se podrán desarrollar actividades comerciales solamente integradas a la vivienda.
- AR-2: siendo esta área residencial la que corresponde a desarrollos con parcelas de diferentes rangos. En esta zona también predominan las viviendas unifamiliares.
- AR-1: corresponde al área residencial de origen espontaneo las cuales han experimentado un proceso de consolidación y cuenta con los permisos básicos de infraestructura.
- AE-1: es un área de acción caracterizada por sectores populares de crecimiento no controlados y precisan consolidar su estructura urbana.

5.1.2 METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN

En este punto se describen los criterios y metodologías usadas para la estimación de la población de la zona en estudio para dos fechas de control, situación actual y año de saturación total de densidad (umbral de planificación).

Para el cálculo de la población a futuro, se tomaron los datos aportados por el Plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Villa de Cura (Ref. (5)) que arroja una población de saturación por cada sector.

POBLACIÓN ACTUAL: DENSIDAD POBLACIONAL PRESENTE

La metodología usada para la determinación de la población residente es la siguiente:

- Delimitación de las áreas actualmente desarrolladas con su uso determinado, así como el crecimiento de la misma, a través de la información suministrada por el Plan de Desarrollo Urbano (Ref. (5)) y el Proyecto de Optimización de la Red de la proyectista TAHAL CONSULTING ENGINEERS L.T.D. (Ref. (4)). Dicha información es complementada con las tendencias de desarrollo observadas en visitas y apoyo de planos e imágenes satelitales.

- Medición en planos aerofotogramétricos, escala 1:5000 de las áreas de los sectores delimitados para el cálculo aproximado de porcentajes de áreas desarrolladas y con ello las densidades promedio actuales.

- Estimación de la población actual de las distintas áreas desarrolladas, en función de las densidades promedio anuales calculadas y las áreas zonificadas.

- Finalmente las densidades de población adoptadas fueron objeto de sucesivas revisiones y comparaciones para adecuarlas a valores acordes con la distribución de población actual.

Tabla N° 5.1. Resumen de Población y Densidades Actuales

ZONA	SECTOR	ZONIFICACIÓN	ÁREA (ha)	DENSIDAD (Hab/Ha)	HABITANTES
CASCO CENTRAL	CENTRO NORTE	AR-1	48,78	100	4878
	CENTRO ESTE	AR-3	98,08	300	29424
	CENTRO OESTE	AR-1	82,46	200	16492
FUNDAVILLA	-	AR-1	24,00	100	2400
COLORADO	-	AR-2	102,00	200	20400
LAS MERCEDES	-	AE-1	48,00	100	4800
LAS TABLITAS	-	AR-1	41,00	100	4100
	-	AR-2	26,00	200	5200
LA REPRESA	-	AR-2	49,00	200	9800
EL TOQUITO	-	AR-2	29,00	200	5800
Total			**548,32**		**103294**

POBLACIÓN FUTURA: DENSIDAD POBLACIONAL SATURADA

La metodología usada para la determinación de la población de saturación es la siguiente:

- Basados en las estimaciones y proyecciones de población suministrada por el Plan de Desarrollo Urbano de la ciudad de Villa de Cura (Ref. (5)), los cuales proponen un aumento de la población a través de la saturación de las densidades poblacionales de la zona en estudio. Esto arroja un aumento poblacional del 2,31%.

- Una vez definida la población total, se realiza la distribución de la población futura en las distintas áreas desarrolladas y desarrollables en función de sus posibilidades de expansión basados en el sistema de tuberías existentes en la zona. Las densidades van entre 200 y 350 (hab/ha) como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 5.2 Resumen de Población y Densidades Futuras

ZONA	SECTOR	ZONIFICACIÓN	ÁREA (ha)	DENSIDAD (Hab/ha)	HABITANTES
CASCO CENTRAL	CENTRO NORTE	AR-1	48,78	200	9756
	CENTRO ESTE	AR-3	98,08	350	34328
	CENTRO OESTE	AR-1	82,46	25	20615
FUNDAVILLA	-	AR-1	24,00	200	4800
COLORADO	-	AR-2	102,00	250	25500
LAS MERCEDES	-	AE-1	48,00	200	9600
LAS TABLITAS	-	AR-1	41,00	200	8200
	-	AR-2	26,00	250	6500
LA REPRESA	-	AR-2	49,00	250	12250
EL TOQUITO	-	AR-2	29,00	250	7250
Total			**548,32**		**138799**

5.2 ESTIMACIÓN DE LAS DEMANDAS DE AGUA DEL SISTEMA

5.2.1 GENERALIDADES

La demanda total teórica de agua ha sido determinada en función de las dotaciones aplicadas al número de usuarios por cada tipo de consumo. Estos valores son básicamente los establecidos por la Hidrológica del Centro C.A., el cual es el ente encargado de la distribución de agua en la zona y asigna dichos valores según estimaciones. En este Trabajo Especial de Grado la dotación unitaria fue definida a partir de una dotación típica y a través de la comparación con normas y referencias bibliográficas para las áreas de la zona en estudio. Aun cuando existe un 10% de las mismas con uso compartido (comercio y residencial), el uso predominante es el de residencial según la facturación de la empresa hidrológica. De igual manera se consideraron factores de mayoración relacionados con las pérdidas, de igual forma se toma en consideración el exceso de consumo por parte de los usuarios del acueducto como consecuencia de la falta de medición y/o cobro del servicio en algunos sectores. El valor referencial de la dotación asignada es de 300 litros por día por habitante. Las normas INOS indican un valor de 250 litros por persona por día si los usuarios cuentan con medidor, según información suministrada por la Hidrológica se determinó que sólo el 20% de los usuarios poseen medición de consumo. Se adopta la dotación de 300 litros por persona por día.

Las zonas industriales de la ciudad de Villa de Cura se encuentran fuera del servicio de la hidrológica, las industrias allí ubicadas se surten a través de pozos propios.

Respecto a la curva de variación horaria de la demanda, no existe ninguna medida por parte de la empresa, y la misma considera una curva de variación teórica con picos de caudales de más del 250% del caudal medio, en conversaciones con personal técnico de Hidrocentro y comparando curvas de las normas y recomendaciones de la bibliografía consultada se adopta el uso de una curva de variación horaria de la demanda originada a través de un programa de mediciones in situ (en la red media de Caricuao), la cual se ajusta a valores reales y verifica

que los picos de las curvas teóricas son muy elevados respecto a la realidad. La curva de variación horaria es la siguiente:

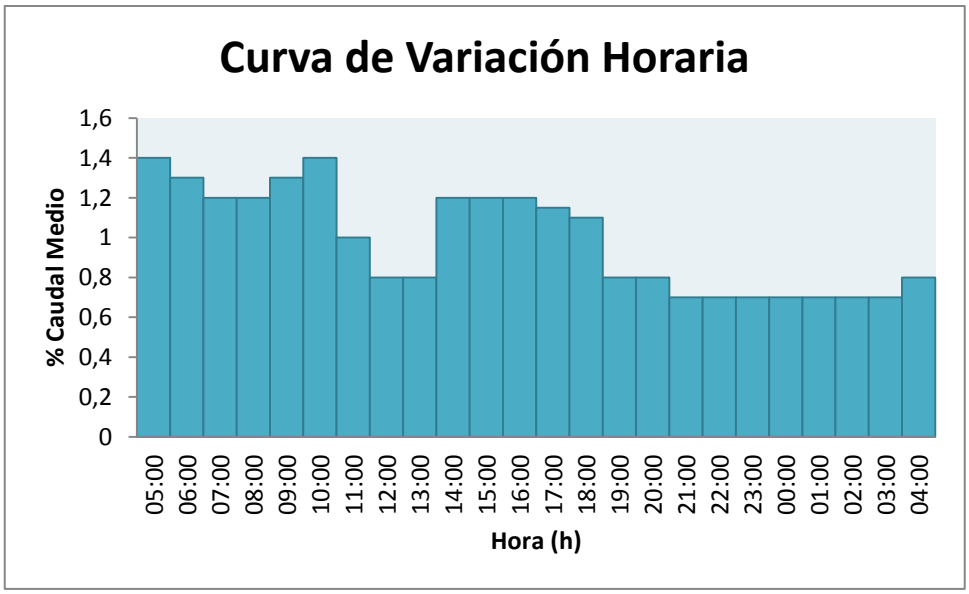


Gráfico 5.1 Curva de Variación Horaria de Caricuao

5.2.2 METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS DEMANDAS

La estimación de las demandas se realizó sobre la base de la población calculada, y las dotaciones unitarias mencionadas. Los valores de demanda obtenidos se presentan en las TABLAS 5.3, 5.4, 5.5 y 5.6 para la población actual y para el año de saturación, respectivamente, para toda la zona en estudio:

Tabla 5.3 Resumen de Demandas Casco Central – Situación Actual

Zonificación	Identificación en plano	Identificación en modelo	Área (Ha)	Densidad (Hab/Ha)	Población 2015	Dotación (lppd)	Demanda media (l/s)
AR-1 CENTRO NORTE	CN-1	DJ-37	7,55	100	755	300	2,62
	CN-2	DJ-39	6,69		669		2,32
	CN-3	DJ-22	11,19		1119		3,89
	CN-4	DJ-49	7,80		780		2,71
	CN-5	DJ-35	10,31		1031		3,58
	CN-6	DJ-10	5,24		524		1,82
Subtotal			48,78		4878		16,94
AR-3 CENTRO ESTE	CE-1	DJ-36	9,62	300	2886	300	10,02
	CE-2	DJ-3	9,42		2826		9,81
	CE-3	DJ-1	7,22		2166		7,52
	CE-4	DJ-7	11,80		3540		12,29
	CE-5	DJ-8	6,23		1869		6,49
	CE-6	DJ-21	8,16		2448		8,50
	CE-7	DJ-33	6,29		1887		6,55
	CE-8	DJ-60	4,69		1407		4,89
	CE-9	DJ-4	6,75		2025		7,03
	CE-10	DJ-14	6,32		1896		6,58
	CE-11	DJ-13	9,05		2715		9,43
	CE-12	DJ-12	8,06		2418		8,40
	CE-13	DJ-11	4,47		1341		4,66
Subtotal			98,08		29424		102,17
AR-2 CENTRO OESTE	CO-1	DJ-42	11,03	200	2206	300	7,66
	CO-2	DJ-24	5,55		1110		3,85
	CO-3	DJ-58	9,21		1842		6,40
	CO-4	DJ-46	9,79		1958		6,80
	CO-5	DJ-47	9,64		1928		6,69
	CO-6	DJ-25	4,25		850		2,95
	CO-7	DJ-27	4,09		818		2,84
	CO-8	DJ-30	4,73		946		3,28
	CO-9	DJ-43	3,30		660		2,29
	CO-10	DJ-56	11,13		2226		7,73
	CO-11	DJ-45	3,28		656		2,28
	CO-12	DJ-44	6,46		1292		4,49
Subtotal			82,46		16492		57,26
Total			**229,32**		**50794**		**176,37**

Tabla 5.4 Resumen de Demandas Zonas fuera del Casco Central – Situación Actual

Zonificación	Identificación	Área (Ha)	Densidad (Hab/Ha)	Población 2015	Dotación (lppd)	Demanda media (l/s)
AR-1 FUNDAVILLA		24	100	2400	300	8,33
Llenado de Camiones		-	-	-	-	10,42
AR-2 COLORADO		102	200	20400	300	70,83
AE-1 LAS MERCEDES		48	100	4800	300	16,67
AR-1 LAS TABLITAS		41	100	4100	300	14,24
AR-2 LAS TABLITAS		26	200	5200	300	18,06
AR-2 LA REPRESA		49	200	9800	300	34,03
AR-2 TOQUITO		29	200	5800	300	20,14
Total		**319**		**52500**		**192,71**

Tabla 5.5 Resumen de Demandas del Casco Central – Situación Futura

Zonificación	Identificación en plano	Identificación en modelo	Área (Ha)	Densidad (Hab/Ha)	Población de Saturación	Dotación (lppd)	Demanda media (l/s)
AR-1 CENTRO NORTE	CN-1	DJ-37	7,55	200	1510	300	5,24
	CN-2	DJ-39	6,69		1338		4,65
	CN-3	DJ-22	11,19		2238		7,77
	CN-4	DJ-49	7,80		1560		5,42
	CN-5	DJ-35	10,31		2062		7,16
	CN-6	DJ-10	5,24		1048		3,64
Subtotal			48,78		9756		33,88
AR-3 CENTRO ESTE	CE-1	DJ-36	9,62	350	3367	300	11,69
	CE-2	DJ-3	9,42		3297		11,45
	CE-3	DJ-1	7,22		2527		8,77
	CE-4	DJ-7	11,80		4130		14,34
	CE-5	DJ-8	6,23		2181		7,57
	CE-6	DJ-21	8,16		2856		9,92
	CE-7	DJ-33	6,29		2202		7,64
	CE-8	DJ-60	4,69		1642		5,70
	CE-9	DJ-4	6,75		2363		8,20
	CE-10	DJ-14	6,32		2212		7,68
	CE-11	DJ-13	9,05		3168		11,00
	CE-12	DJ-12	8,06		2821		9,80
	CE-13	DJ-11	4,47		1565		5,43
Subtotal			98,08		34328		119,19
AR-2 CENTRO OESTE	CO-1	DJ-42	11,03	250	2758	300	9,57
	CO-2	DJ-24	5,55		1388		4,82
	CO-3	DJ-58	9,21		2303		7,99
	CO-4	DJ-46	9,79		2448		8,50
	CO-5	DJ-47	9,64		2410		8,37
	CO-6	DJ-25	4,25		1063		3,69
	CO-7	DJ-27	4,09		1023		3,55
	CO-8	DJ-30	4,73		1183		4,11
	CO-9	DJ-43	3,30		825		2,86
	CO-10	DJ-56	11,13		2783		9,66
	CO-11	DJ-45	3,28		820		2,85
	CO-12	DJ-44	6,46		1615		5,61
Subtotal			82,46		20615		71,58
Total			**229,32**		**64699**		**224,65**

Tabla 5.6 Resumen de Demandas Zonas fuera del Casco Central – Situación Futura

Zonificación	Identificación	Área (Ha)	Densidad (Hab/Ha)	Población de Saturación	Dotación (lppd)	Demanda media (l/s)
AR-1 FUNDAVILLA		24	200	4800		16,67
Llenado de Camiones		-	-	-	-	10,42
AR-2 COLORADO		102	250	25500	300	88,54
AE-1 LAS MERCEDES		48	200	9600	300	33,33
AR-1 LAS TABLITAS		41	200	8200	300	28,47
AR-2 LAS TABLITAS		26	250	6500	300	22,57
AR-2 LA REPRESA		49	250	12250	300	42,53
AR-2 TOQUITO		29	250	7250	300	25,17
Total		**319**		**74100**		**267,71**

5.3 DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA

En el presente aparte se hace una breve descripción de la infraestructura existente a fin de poder definir los nodos de demanda de la red y por lo tanto, la distribución espacial de la demanda.

El sistema de abastecimiento de agua potable del Casco Central está conformado principalmente por el estanque compensador Sanabria Méndez, el cual posee una capacidad de 2.700 m^3; adicionalmente el sistema cuenta con el aporte de un campo de pozos, los cuales, al igual que el estanque, se encuentran ubicados en su mayoría en el Casco Central de la ciudad. Estos componentes son los únicos previstos para cumplir con el balance de demanda-disponibilidad del sistema en los próximos años.

La distribución de las demandas de agua requiere de largas conducciones y bombeos intermedios para alimentar zonas que se encuentran fuera de la zona en estudio, abastecidas por el estanque, así como redes de distribución.

En el sistema en estudio operan tres estaciones de bombeo y un estanque, conectados a tuberías cuyos diámetros oscilan entren 80 mm y 600 mm, y conformados por diversos materiales que incluyen acero, asbesto cemento, hierro fundido, P.V.C. y P.E.A.D. En planos presentados en el Anexo 4 (PN-1) se indica la ubicación de las poblaciones bajo estudio y sus respectivos nodos de demanda.

5.3.1 DEFINICIÓN DE NODOS DE DEMANDA

Una vez definido el sistema abastecido en base a población e infraestructura existente, con todos los tramos de tubería a utilizar, se plantea un primer grupo de nodos representativos de la red. Este primer grupo conformado por treinta y un (31) nodos solo contempla aquellos a ser utilizados para asignarles la demanda de la población y la cota más desfavorable del área tributaria asignada al mismo. Se propone un segundo grupo de nodos que permite la adecuada identificación de tramos de tubería o piezas especiales existentes en la totalidad de la red, como pueden ser los nodos de interconexión entre tramos de tubería no ubicados en áreas de consumo, donde se produzca cambio de diámetro, o en puntos altos de la red o por la presencia de válvulas, los cuales tendrán la cota de terreno donde se localicen. Es importante destacar que aparte de la codificación propia del modelo matemático utilizada para la evaluación de nodos en la red, se identificaron también estos nodos con códigos característicos del sistema, ya sea por población abastecida por el mismo, o por estaciones de bombeo y estanques relacionados directamente con esos nodos de demanda; de esta manera se facilita la ubicación y manejo de los mismos.

5.3.2 ÁREAS TRIBUTARIAS DE NODOS

Basados en los planos de áreas divididas de acuerda a densidad y tipo de población ya descritos y presentados en el Anexo 4, se definen las áreas tributarias de cada uno de los nodos de demanda propuestos en el aparte anterior. Como resultado de la distribución espacial de la población se obtienen densidades de población por sectores y al superponer las áreas tributarias de los nodos con los sectores de población según sus densidades y tipo de usuario a ser abastecido, se genera un plano de distribución poblacional por nodo, tanto para la población actual como para el año de saturación (umbral de planificación); dichos planos se presentan en el Anexo 4.

6. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO EXISTENTE Y DIAGNÓSTICO FÍSICO DE LOS COMPONENTES

6.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

El sistema de distribución en estudio abastece al Casco Central, en una extensión que abarca el 34% de la población total de Villa de Cura. Los centros de consumo más importante de la ciudad son el sector Centro Este y el pozo profundo Calichal II-B que sirve a los camiones cisternas que distribuyen el agua potable en aquellos casos que o no llegue la red de distribución o no se pueda prestar el servicio.

Las fuentes que teóricamente abastecen el estanque Sanabria Méndez están constituidas por las líneas Magdaleno – Villa de Cura y San Joaquín de Güere – Villa de Cura, las cuales tienen en su recorrido las estaciones de bombeo Tocorón y El Mahomo respectivamente.

En la zona en estudio existen diez (10) pozos profundos, los cuales abastecen directamente a la red de distribución del Casco Central.

En total el sistema de abastecimiento en estudio se divide en tres sectores por la densidad de habitantes que poseen, ya que es la única distinción que tienen, debido a que todo el Casco Central es de tipo residencial. Dichos sectores son el Centro Norte, Centro Este y Centro Oeste. A estos tres sectores se le añade la zona de Los Colorados debido a que tiene influencia en la conducción de la red de nuestra área de estudio.

A continuación se realiza una descripción de los componentes existentes en los sectores y zonas mencionados, así como de su funcionamiento, para posteriormente enumerar los problemas o deficiencias más resaltantes del diagnóstico físico realizado sobre los principales componentes de la infraestructura actual del sistema, como son, estaciones de

bombeo, pozos y el estanque de almacenamiento. El diagnóstico se realizó durante los meses de febrero y marzo del año 2015, con apoyo de personal técnico de la Hidrológica del Centro C.A. Al final del capítulo se presentan esquemas representativos de los componentes del sistema.

Los sectores y zonas son las siguientes:

- **SECTOR CENTRO NORTE (AR-1), CENTRO ESTE (AR-3), CENTRO OESTE (AR-2)**

Estos 3 sectores conforman el Casco Central de Villa de Cura, que son en su totalidad de uso residencial y se abastecen en un 55% por el estanque, con una piezométrica máxima de 559 m.s.n.m. y una mínima de 549 m.s.n.m., y un 45% por los pozos profundos, y se encuentran entre las cotas 515 m.s.n.m. hasta 540 m.s.n.m. Existe en el sector Centro Oeste un punto con una cota baja en comparación al resto de la ciudad, donde se localiza el centro de abastecimiento de camiones cisternas que funciona constantemente de 6 am hasta las 9 pm, generando pérdidas considerables de caudal y caídas de presión en la red.

- **LOS COLORADOS (AR-2)**

Localizada en cotas bajas como 510 m.s.n.m. y 540 m.s.n.m. es surtido solamente por el estanque a través de maniobras y por pozos profundos cercanos a la zona que también surten al Casco Central. En esta zona también se localizan centros poblados no planificados, los cuales se encuentran fuera de la red de distribución y son servidos por los camiones cisternas.

6.2 DIAGNÓSTICO FÍSICO DE LOS COMPONENTES ACTUALES: ESTANQUES DE ALMACENAMIENTO, ESTACIONES DE BOMBEO Y POZOS PROFUNDOS.

El presente aparte tiene por finalidad resumir la información recabada en los meses de febrero y marzo del año 2015 durante las sucesivas visitas realizadas a las estaciones de bombeo, a los pozos profundos y al estanque de almacenamiento del sistema de abastecimiento en estudio, así como al centro de abastecimiento de los camiones cisternas. En el Anexo 1 se presentan las planillas con las mediciones en algunos pozos y puntos de la red. En el Anexo 3 se presenta un reporte fotográfico detallado.

A continuación se enumeran los aspectos más resaltantes del resultado del diagnóstico físico así como de observaciones en sitio que sirvieron para calibrar el modelo a utilizar en el diagnóstico del funcionamiento hidráulico del sistema de abastecimiento.

6.2.1 ESTANQUE PRINCIPAL SANABRIA MÉNDEZ

Tanque superficial que funciona como principal ente surtidor de agua y controlador piezométrico del Casco Central de la ciudad de Villa de Cura, siendo el encargado de entregar agua al 55% de la zona con una capacidad de 2.700 m^3. Fue diseñado como estanque compensador pero actualmente se encuentra fuera de servicio debido a los bajos caudales que le llegan, lo cual hace imposible que alcance un nivel mínimo de operación. El estanque posee dos tuberías de alimentación provenientes de la estación de bombeo el Mahomo y la estación de bombeo Tocorón, esta última inactiva. El Sanabria Méndez posee una cota de fondo de 549 m.s.n.m. y una cota de rebose de 559 m.s.n.m.

6.2.2 ADUCCIONES

1. **Aducción Magdaleno – Villa de Cura**.

Se deriva de la tubería Chimenea Yuma – Palo Negro, a la altura del cruce con la carretera Magdaleno – Villa de Cura. Su diámetro es de 750 mm. En el sector de Tocorón se encuentra la Estación de Bombeo Tocorón. Actualmente, de esta tubería únicamente se abastecen en parte los sectores de Tocorón y San Francisco de Asís. Fue diseñada para abastecer el estanque de Sanabria Méndez, aunque el último tramo de aproximadamente tres kilómetros se encuentra fuera de servicio. La longitud de esta aducción es de 14,2 kilómetros.

Al momento de hacer la reconexión al Sanabria Méndez, las poblaciones que se surtían por esta aducción, serán alimentadas a través de racionamiento con maniobras que se realizaran con el uso de válvulas colocadas por la empresa hidrológica en los puntos de conexión que existen actualmente.

2. **Aducción San Joaquín de Güere – Villa de Cura**.

Desde el sitio conocido como el Colegio de Abogados en la Avenida Intercomunal Maracay - Turmero, se deriva una tubería hacia el sur de 400 mm de diámetro. Esta aducción en un punto intermedio, en el sector de Turagua, tiene una estación de bombeo, llamada el Mahomo. Posteriormente se impulsa el agua hacia Villa de Cura a través de otra línea de aducción de 400 mm.

Toda la aducción tiene una longitud total de 15 kilómetros y en su recorrido pasa por la población de Santa Cruz, Municipio Lamas del Estado Aragua, la cual es independiente de la empresa hidrológica y se surte a través de una batería de pozos profundos. Cuando estos fallan, toman el agua de manera ilegal de la mencionada tubería, provocando una descompensación del sistema.

Luego de pasar por Santa Cruz, el recorrido de la aducción atraviesa terrenos de propiedad privada, por lo que se hace complicado llevar un control de las conexiones ilegales a lo largo de la tubería.

En todo el recorrido existen ventosas que fueron dañadas por la población para conectarse de manera ilegal. Esto evita que se regule la cantidad de aire y produce mayores pérdidas que afectan su buen desenvolvimiento.

El tramo con mayor cantidad de pérdidas está localizado entre el sector Múcura y la entrada de la ciudad de Villa de Cura donde la aducción aumenta su diámetro a 600 mm, el cual necesita reparaciones continuas y representa un constante peligro para la población que circula por la Carretera Nacional Cagua – La Villa, arteria vial del Estado. Estas condiciones del tramo, de tres kilómetros evitan que el agua alcance el nivel piezométrico necesario para alimentar el estanque Sanabria Méndez.

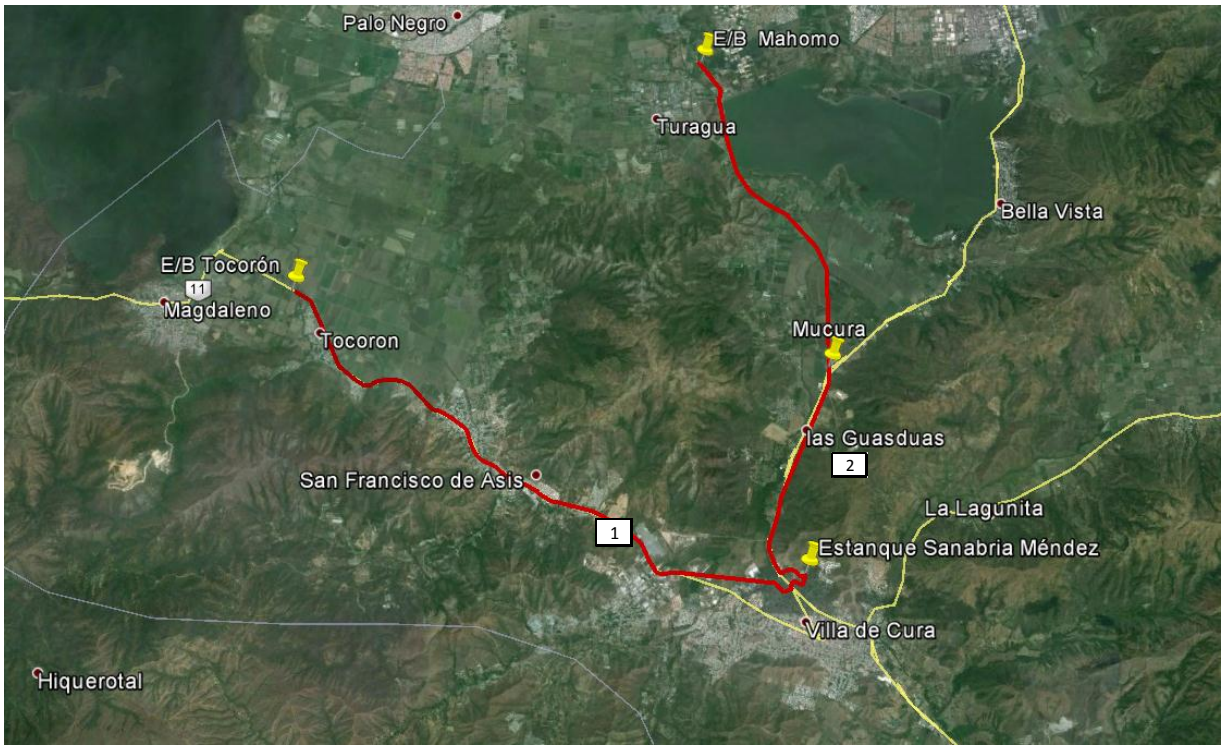


Figura 6.1 Aducciones Magdaleno – Villa de Cura(1) y San Joaquín de Güere – Villa de Cura(2)

6.2.3 ESTACIONES DE BOMBEO

1. E/B Tocorón

Localizada en el sector arenales en la carretera nacional Magdaleno – Villa de Cura, cuenta con un estanque de succión de 800 m^3, en la cual se deposita el caudal que proviene de la aducción Magdaleno – Villa de Cura (Sistema Regional del Centro II). Consta de tres equipos de bombeo que se encuentran todos en funcionamiento y con la infraestructura necesaria para colocar un cuarto equipo de ser necesario. (Tabla 6.1)

2. E/B El Mahomo

Localizada en el la parcela 44 del asentamiento campesino El Mahomo, posee un estanque de succión de 800 m^3 donde es depositada el agua proveniente de la aducción San

Joaquín de Güere – Villa de Cura que transporta el agua desde el Sistema Regional del Centro II que son 32 lps y de la producción de 6 pozos, los cuales son (Tabla 6.1):

- Pozo CADAFE: Zona Industrial Santa Cruz de Aragua, Frente al Club CADAFE, vía Cagua con un caudal de 5 lps.
- Pozo Cambural: Avenida Nº 4 Zona Industrial Santa Cruz de Aragua Asentamiento el Mahomo, actualmente el mismo se encuentra fuera de servicio.
- Pozo La Cuchilla: AV. N° 4, Zona Industrial Santa Cruz, Asentamiento campesino El Mahomo con un caudal de 10 lps.
- Pozo estación 1: Santa Cruz de Aragua, asentamiento campesino El Mohomo, dentro de la E/B El Mahomo con un caudal de 8 lps.
- Pozo estación 2: Asentamiento campesino El Mahomo, dentro E/B El Mahomo, Santa Cruz de Aragua con un caudal de 23 lps.
- Pozo estación 3: Asentamiento campesino El Mahomo, parcela 44 frente a la E/B El Mahomo, Santa Cruz de Aragua. Este pozo actualmente está fuera de servicio.

Actualmente, en la estación de bombeo se cuenta con 3 bombas, de las cuales solamente una se encuentra operativa, arrojando un caudal de 112 lps cada 4 horas. La segunda bomba se encuentra dañada y la tercera se mantiene apagada porque no existe suficiente agua disponible en la tanquilla para bombear al estanque.

Las características de los pozos que surten dicha estación se encuentran en la tabla 6.2 y la de los equipos en ambas estaciones de bombeo en la siguiente tabla:

Tabla 6.1 Cuadro Características de Estaciones de Bombeo

NOMBRE	DIRECCIÓN	BOMBA				PRESIÓN (M.C.A.)	CAUDALES (LPS)
		MARCA	MODELO	POTENCIA (HP)	VIDA UTIL		
E/B EL MAHOMO	PARCELA 44 ASENTAMIENTO CAMPESINO EL MAHOMO	FAMOVEN	14 MC - 5	400	EN USO	129	112
		FAMOVEN	14 DH - 5	400	FUERA DE SERVICIO	-	-
		FAMOVEN	14 MC - 5	400	FUERA DE SERVICIO	-	-
E/B TOCORON	CARRETERA NACIONAL PUERTA NEGRA TOCORON SECTOR ARENALES	GOULDS PUMPS	11 CLC 1 ETAPA	125	EN USO		66
		GOULDS PUMPS	11 CLC 1 ETAPA	125	FUERA DE SERVICIO		-
		GOULDS PUMPS	11 CLC 1 ETAPA	125	EN USO		67
		GOULDS PUMPS	11 CLC 1 ETAPA	125	EN USO		57

6.2.4 POZOS QUE ABASTECEN EL CASCO CENTRAL

1. LAS MERCEDES I

Ubicado en el Callejón Oscar Morgado c/c Callejón Victoria, Barrio Las Mercedes, surte al Casco Central con un caudal de 19 lps.

2. POZO LAS MERCEDES II

Ubicado en calle Achagua c/c Calle Jaime Bosh, Barrio Las Mercedes, el cual arroja un caudal de 9 lps.

3. POZO LAS MERCEDES III

Ubicado en calle San Isidro Díaz c/c calle Tucutunemo, vía asentamiento el Cortijo, Barrio Las Mercedes. Este pozo se encuentra actualmente fuera de servicio.

4. POZO ARÍSTIDES ROJAS

Ubicado en la Calle Dr. Manzo, dentro de las instalaciones de la Escuela Arístides Rojas. Este pozo tiene un caudal de 6,2 lps.

5. POZO RESIDENCIAS MÉDICAS

Ubicado en Terreno diagonal a las Residencias Médicas de Villa de Cura y su caudal es de 6 lps.

6. POZO CALICHAL I

Ubicado en Calle Táchira, Av. Las Industrias dentro del depósito de Hidrocentro, con un caudal de 13 lps.

7. POZO CALICHAL II

Ubicado en Av. Las Industrias Norte frente al Departamento del Concejo Municipal. Este pozo tiene un caudal de 14 lps.

8. POZO CALICHAL II-B

Ubicado en Av. Las Industrias Norte Frente al Departamento del Concejo Municipal, con un caudal de 7 lps. En este pozo se localiza el centro de abastecimiento de camiones cisternas.

9. POZO CALICHAL III

Ubicado en Av. Las Industrias Norte frente al Departamento del Concejo Municipal. Este pozo da un caudal de 7 lps.

10. POZO GUAYABAL I (ambiente)

Ubicado en los terrenos de la antigua parcela Guayabal es un pozo que posee un caudal de 10 lps.

11. POZO GUAYABAL II (vivienda)

Ubicado igualmente dentro de los terrenos de la antigua hacienda Guayabal posee un caudal de 18 lps.

Las características de dichos pozos y de los que se encargan de surtir a la estación de bombeo el Mahomo se encuentran en la siguiente tabla:

Tabla 6.2 Cuadro Características de Pozos

ZONA	NOMBRE	BOMBAS				PRESIÓN (mca)	CAUDAL (l/s)	
		Marca	Modelo	Potencia (HP)	Estado		REAL	NOMINAL
E/B EL MAHOMO	**CADAFE Nº1**	PEERLES	6LB1-10-4	25	EN SERVICIO		**5**	**5**
	CAMBURAL	FABOVEN	1506L06	15	FUERA DE SERVICIO		**-**	**7**
	LA CUCHILLA	PEERLES	6LB1-4-8	25	EN SERVICIO		**10**	**10**
	LA ESTACION I	PEERLES	6MA1-6-0	40	EN SERVICIO		**8**	**9**
	LA ESTACION II	FABOVEN	4006M08	40	EN SERVICIO		**23**	**18**
	LA ESTACION III	GOULDS	7CLC060	60	FUERA DE SERVICIO		**-**	**30**
CASCO CENTRAL	**ARISTIDES ROJAS**	PEERLES	6LB1-7-4	15	EN SERVICIO		6,2	7
	CALICHAL I	PEERLES	6LB1-6-8	30	EN SERVICIO	20	13	21
	CALICHAL II	FABOVEN	2506M05	30	EN SERVICIO	25	14	26
	CALICHAL II-B	PEERLES	6LB1-6-8	30	EN SERVICIO	25	7	9
	CALICHAL III	PEERLES	6LB1-7-4	15	EN SERVICIO	20	7	15
	MERCEDES I	FABOVEN	2506M05	25	EN SERVICIO	7	19	21
	MERCEDES II	PEERLES	6LB1-7-4	15	EN SERVICIO	13	9	8
	RESIDENCIAS MEDICAS	PEERLES	6LB1-6-8	30	EN SERVICIO		6	3
	GUAYABAL (ambiente)	FABOVEN	2506M05	25	EN SERVICIO		10	10
	GUAYABAL (vivienda)	FABOVEN	2506M05	25	EN SERVICIO		18	18

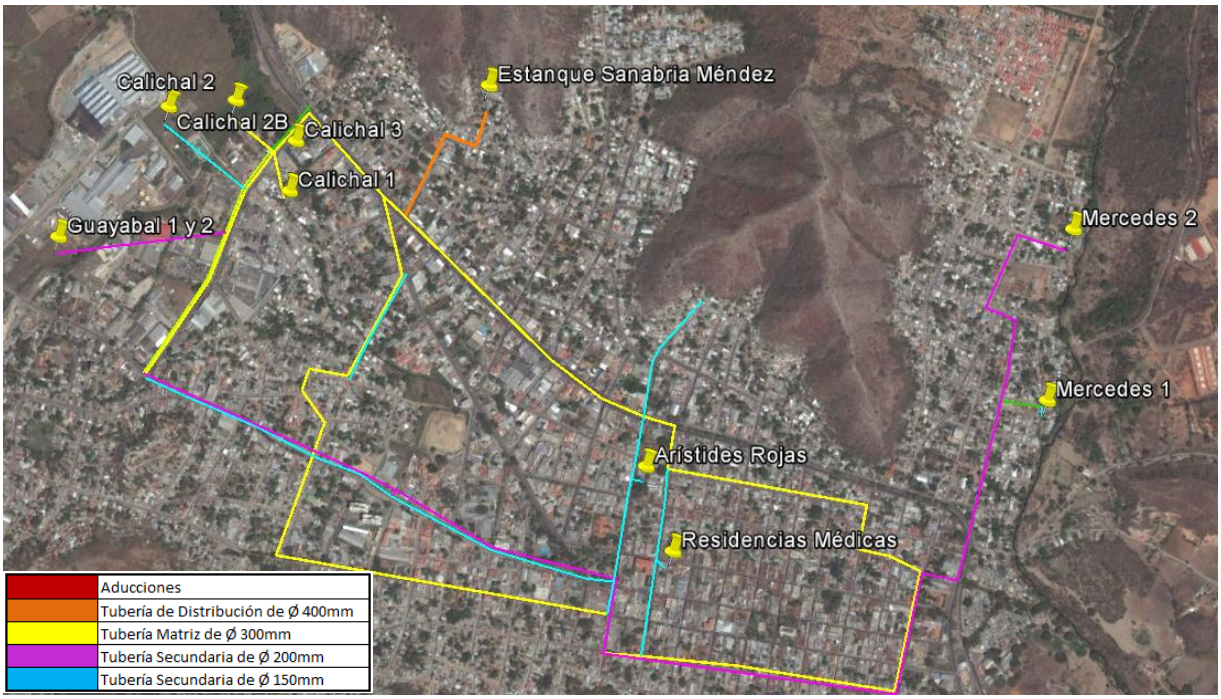


Figura 6.2.- Ubicación de los Pozos

6.2.5 MANIOBRAS Y CIERRE DE VÁLVULAS REALIZADAS POR LA EMPRESA HIDROLÓGICA ACTUALMENTE

1. **ZONA LA REPRESA**

A pesar de que la zona La Represa se encuentra conectada al sistema del Casco Central, la misma se ha independizado con el cierre de válvulas en todos los puntos que sirven de interconexión entre ambas zonas debido a la diferencia de cotas. La Represa es surtida por pozos internos de la zona y actualmente no presenta ningún tipo de déficit de agua.

2. **ZONA LAS TABLITAS**

Pese a que la zona se encuentra conectada al sistema del Casco Central, la misma se ha independizado con el cierre de válvulas en todos los puntos que sirven de interconexión entre ambas zonas debido a la diferencia de cotas. Las Tablitas es surtida por pozos internos de la

zona que llenan el tanque caja de agua para surtirla, lo cual permite que la misma no presente fallas en su suministro.

3. **ZONA EL TOQUITO**

Esta zona, ubicada en el sur de Villa de Cura está completamente independizada del Casco Central y es abastecida a través de un tanque elevado llenado a través de pozos propios ubicados en la zona lo cual permite un suministro sin ningún tipo de problemas.

4. **ZONA LAS MERCEDES**

A través de esta maniobra se mantienen independizadas la zona de Las Mercedes, debido a que la misma cubre su demanda a través de los pozos Mercedes IV y Brisa de Las Mercedes, los cuales tienen la capacidad necesaria y sus equipos funcionan de manera correcta.

5. **ZONAS LOS COLORADOS ALTOS Y CARRIZALITO**

A través de esta maniobra se mantienen independizadas estas zonas y su suministro es a través de pozo, con lo que logran prestar un servicio adecuado para la población según la información de la empresa hidrológica.

6. **REBOMBEO EL RINCÓN**

Con un caudal proveniente de un pozo profundo, se realiza el rebombeo en la estación El Rincón, la cual posee una tanquilla de 70.000 litros. De esta estación de rebombeo se surte Banco Obrero, Fundavilla I y II, dando a cada una un caudal de 8 litros por segundo e independizadas entre sí por el cierre de válvulas. Para surtir Fundavilla I, se cierran las válvulas de Banco Obrero y Fundavilla II; para surtir Fundavilla II se cierra Banco Obrero y Fundavilla I; y para banco obrero se cierra Fundavilla I y Fundavilla II. Todas estas localidades forman parte del sector Fundavilla localizado al norte de la ciudad.

6.3 DESCRIPCIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DEL CASCO CENTRAL

La red empieza con una tubería de 400 mm de acero que sale del estanque principal de la ciudad y conecta con la matriz principal de asbesto cemento de 300 mm de diámetro, siendo esta última la encarga de distribuir el agua a los 3 sectores que abarca el Casco Central. A esta tubería se conecta el mallado de 100 mm encargado de distribuir el agua directamente a los usuarios.

La conexión entre el mallado y la tubería matriz se hace de manera directa y a través de tuberías secundarias de hierro fundido de diámetro 150 mm. El material usado en los sectores Centro Norte y Centro Oeste es hierro fundido, mientras que en el Centro Este por ser el sector más antiguo es de asbesto cemento. Dicha malla de tuberías es una representación simplificada distribuida en función a la ubicación de los nodos de demanda y que con información suministrada por personal técnico de la empresa hidrológica simula el funcionamiento actual de la red.

Los 10 pozos en servicio se conectan directamente a la matriz principal de la red de distribución a través de tuberías que presentan las siguientes características:

- Pozo Calichal 1: tubería de 300 mm de diámetro de hierro fundido.
- Pozo Calichal 2: tubería de 150 mm de diámetro de hierro fundido.
- Pozo Calichal 2b: tubería de 300 mm de diámetro de hierro fundido.
- Pozo Calichal 3: tubería de 100 mm de diámetro de hierro fundido.
- Pozo Guayabal II (Vivienda): tubería de 150 mm de diámetro de hierro fundido.
- Pozo Guayabal I (Ambiente): tubería de 150 mm de diámetro de hierro fundido.
- Pozo Arístides rojas: tubería de 150 mm de diámetro de hierro fundido.
- Pozo Residencias médicas: tubería de 150 mm de diámetro de hierro fundido.

- Pozo Mercedes 1: sale del pozo con una tubería de 150 mm y antes de conectarse a la red pasa a tener un diámetro de 250 mm, ambas de hierro fundido.
- Pozo Mercedes 2: tubería de 200 mm de diámetro de hierro fundido.

Por información suministrada por la empresa hidrológica, se tiene el conocimiento de la existencia de una tubería de 300 mm de PEAD originalmente diseñada para suplantar la tubería matriz de asbesto cemento. Actualmente la misma se encuentra instalada, mas no se hicieron las debidas conexiones con el mayado de tuberías de distribución, dejando esta sin ningún uso.

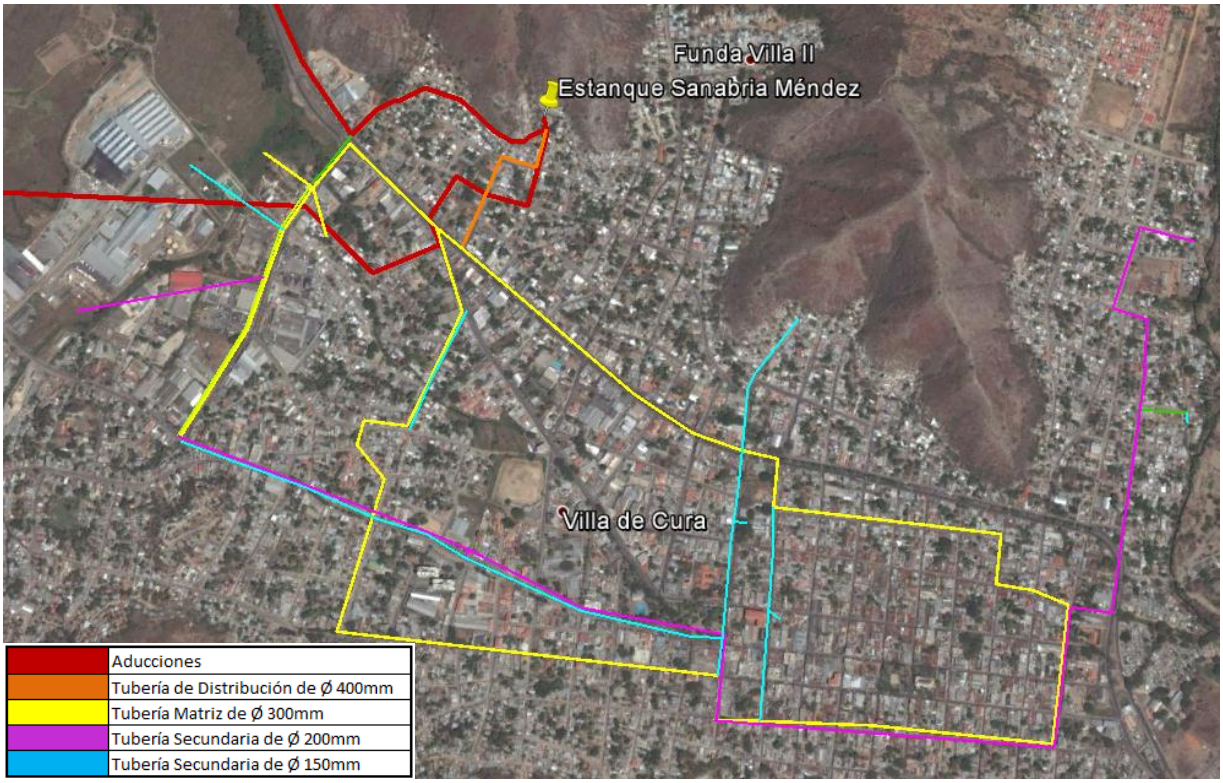


Figura 6.3 Tuberías de aducción y distribución Villa de Cura

7. DIAGNÓSTICO DEL FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO EXISTENTE

7.1 Generalidades

El presente estudio tiene por finalidad determinar los problemas inherentes a la infraestructura de la red de distribución, y a la afectación real que tiene la misma sobre la prestación del servicio de agua.

Actualmente, como ya se ha mencionado en capítulos anteriores, el estanque Sanabria Méndez, fuente principal de agua de la zona en estudio, no está recibiendo agua debido a problemas en ambas aducciones, lo cual hace imposible su llenado. Los pozos son la única fuente de ingreso de agua en el sistema, bombeando directamente a la red de distribución del Casco Central y Los Colorados con aproximadamente 109 lps en promedio, diariamente. Este tipo de sistemas no es permitido por las normas INOS debido a que la operación es muy complicada por las variaciones horarias del consumo y requiere de un gran mantenimiento. Además en caso de fallas del suministro eléctrico, la red queda sin servicio de agua por no tener agua almacenada en estanques.

La demanda actual calculada de 247 lps presenta un déficit de 138 lps en promedio diario que sufre la población de estas zonas. Las más afectadas son Los Colorados y parte de los sectores Centro Norte y Centro Este, debido a que se encuentran ubicadas altimétricamente en cotas muy elevadas respecto de las demás.

Se localiza en las adyacencias del pozo Calichal II-B un centro de abastecimiento de camiones cisterna que trabajan desde las 6:00 am hasta las 9:00 pm, consumiendo un caudal promedio diario aproximado de 10 lps adicional, quedando el déficit total de 148 lps.

7.2 Calibración del sistema actual

Inicialmente la Hidrológica del Centro se había comprometido en la realización de un cronograma de mediciones a lo largo de las aducciones y de la red en la zona en estudio. Esto no se llevó a cabo en su totalidad debido a la indisponibilidad de equipos de medición, razones técnico económicas y por la comprobada inseguridad existente en la ciudad en estudio. Por lo tanto se realizó la calibración del modelo con los datos que se pudieron medir y a través de la información obtenida en reuniones con el personal técnico de la empresa hidrológica y visitas en campo con la comunidad.

Los puntos de presiones y caudales medidos se encuentran en el Anexo 1

7.2.1 Criterios y parámetros adoptados en la calibración

a) El caudal suministrado será el actual de 109 lps bombeado desde los diez (10) pozos operativos. En este caso es imposible realizar una simulación con demanda satisfecha, dado que los pozos tienen un límite máximo de producción.
b) La demanda se disminuirá en función de las presiones negativas que se vayan presentando hasta igualar el caudal suministrado. Esto para que la ecuación de la continuidad se pueda verificar en el programa y los resultados se asemejen lo más posible a la realidad.
c) Se ajustarán los nodos de presiones para que representen las mediciones hechas en campo.
d) Las presiones antes de las bombas de los pozos serán calibradas y reguladas según datos de campo a través del uso de tanques ficticios.
e) El análisis se realizará para ciclos de veinticuatro (24) horas, iniciando a las 5:00 am.
f) Todos los equipos de bombeo existentes, que actualmente están operando serán utilizados, introduciendo en el modelo las curvas características de operación de

los mismos, las cuales fueron suministradas directamente por los distribuidores nacionales y los fabricantes en los casos que fuera posible.

g) El rango de presiones permitido por la norma INOS para un servicio adecuado se encuentra entre los 20 y 75 m.c.a., por lo que se deben verificar en todo momento.

h) El valor adoptado para el coeficiente de rugosidad C de la ecuación de Hazen – Williams es de cien (100) para todas las tuberías existentes.

7.2.2 Resultados de la calibración

El modelo registra zonas con presiones negativas, sobre todo durante los períodos de máxima demanda. Este déficit no puede interpretarse como un desabastecimiento total de todas las áreas afectadas. En el día, durante los intervalos de picos máximos de la curva de variación horaria, las zonas críticas no pueden ser abastecidas en su totalidad; mientras que en la noche se compensan por la disminución del consumo por parte de los sectores regularmente abastecidos. Este efecto no ocurre en todas los sectores, ya que existen áreas que quedan desabastecidas durante todo el día.

Con los resultados obtenidos en esta primera simulación de diagnóstico se puede concluir que los problemas de abastecimiento se generan principalmente debido a que la red no fue diseñada para funcionar únicamente con los pozos, ya que estos no son capaces, no solo de satisfacer la demanda, sino de lograr presurizar completamente la red. Se trata de pozos que fueron concebidos como apoyo para la fuente principal del sistema que es el estanque Sanabria Méndez. Por esta razón es de vital importancia que este último sea puesto en operación, ya que su función principal es la de controlar las variaciones horarias y mantener las presiones adecuadas a lo largo de la red.

Se presentan las curvas isóbaras correspondientes a esta corrida mostrando las presiones resultantes para altos y bajos consumos:

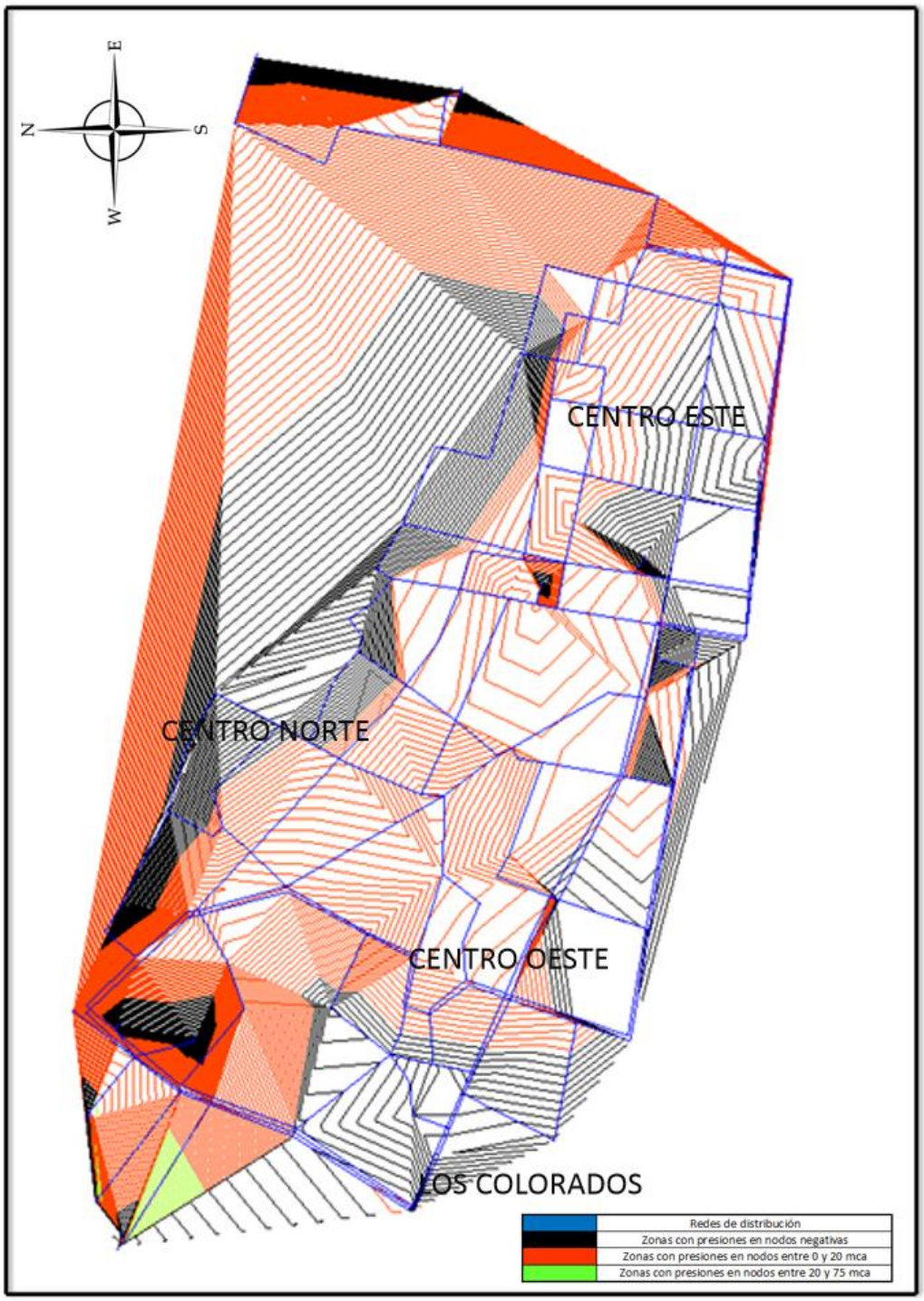


Figura 7.1.- Curvas Isóbaras resultantes de la Calibración en horas de máxima demanda.

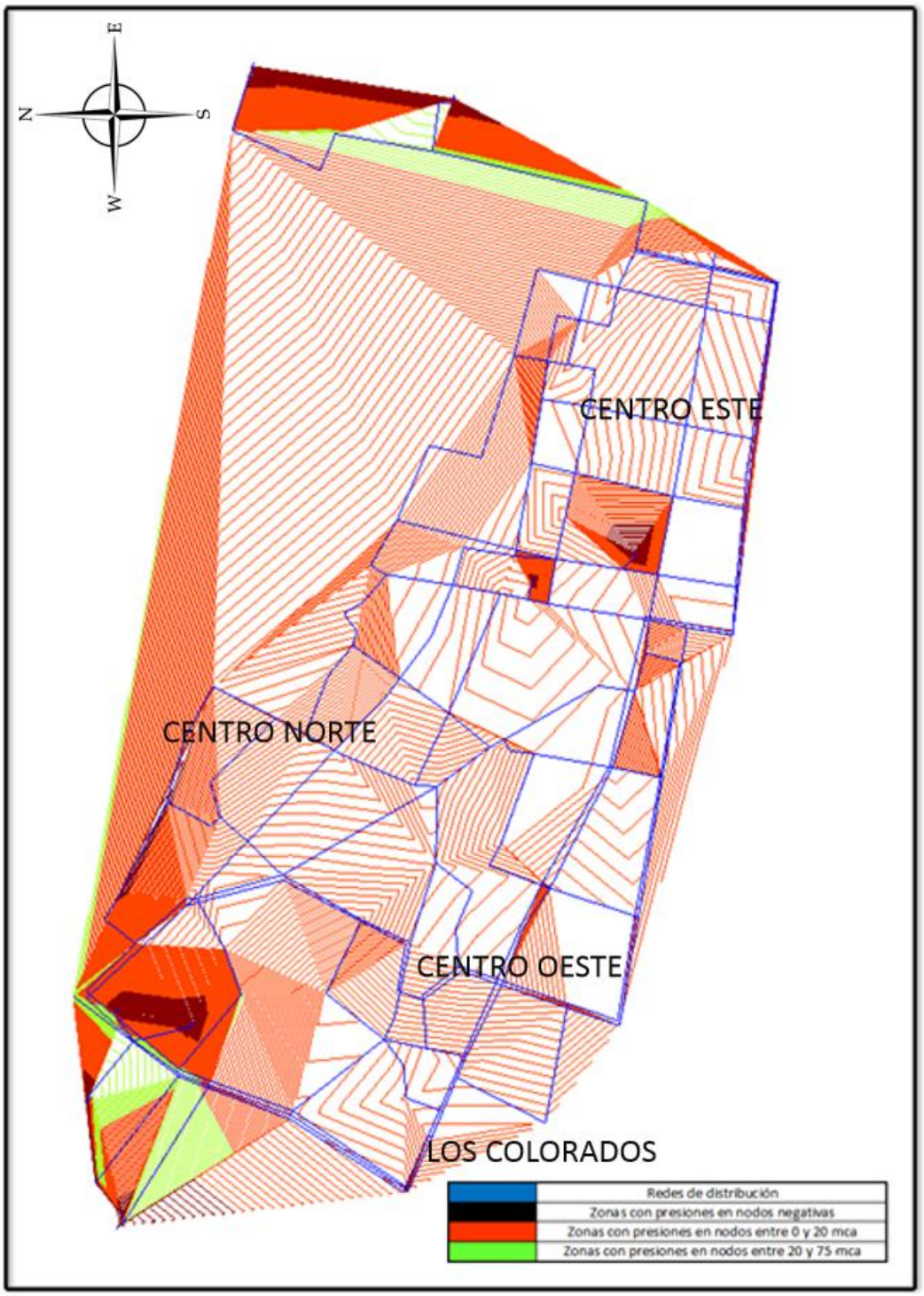


Figura 7.2.- Curvas Isóbaras resultantes de la Calibración en horas de mínima demanda.

7.3 Capacidad de conducción de la red actual

En el presente apartado se aíslan los problemas relativos a la disponibilidad del agua en las fuentes, para dedicarse a analizar la capacidad de conducción de las matrices principales y redes de distribución, la capacidad de los equipos de bombeo y la compensación del estanque que se pone en funcionamiento.

Después de realizar algunas simulaciones iniciales del sistema existente, basadas en la situación de demanda satisfecha, es decir, las fuentes suministran el 100% del caudal demandado a todas las poblaciones de manera simultánea, se determinó que la infraestructura existente no es capaz de conducir toda la demanda requerida de forma eficiente. El rango de presiones en los nodos de demanda en este caso para el Casco Central se encuentra entre 9 y 39 mca, variando a lo largo del día. La más afectada es la zona de Los Colorados, donde resultan presiones que llegan a ser negativas, reflejando un mal servicio. Esto se debe a las pérdidas generadas por las velocidades entre 2 y 3 m/s que resultan en la tubería matriz principal de 400mm y 300mm a la salida del estanque hacia la red de distribución.

Por esta razón y por el hecho de que las fuentes que podrían abastecer el tanque son limitadas, se decide promover el uso de 2 ciclos de racionamiento que dependerá del caudal que realmente podría abastecer al estanque principal. Es decir, del caudal proporcionado por las aducciones que se pondrían en funcionamiento a través de recuperaciones, reparaciones y/o nuevas tuberías. Los ciclos se basan en el hecho de independizar la red de distribución de Los Colorados como ya se ha hecho con las demás zonas aledañas.

Se recomienda aumentar los diámetros en la red por los gradientes mayores de 15m por km.

El plan de racionamiento se puede representar de la siguiente forma:

TABLA 7.1 Plan de Operación Bajo Situación de Racionamiento – Demanda Satisfecha

Sistema de nodos abastecidos		Día 1	Día 2
		Demanda (lps)	Demanda (lps)
Centro Norte, Centro Este y Centro Oeste		176,00	110,00
Los Colorados		0,00	71,00
TOTAL		**176,00**	**181,00**
Caudal suministrado por las Fuentes	Sanabria Méndez	66,00	71,00
	Pozos	110,00	110,00

En un primer ciclo se abastecen todos los sectores del Casco Central a través de los diez (10) pozos y del estanque principal. Para el segundo ciclo, los pozos seguirían abasteciendo los sectores del centro, y la fuente del Sanabria Méndez sería usada para abastecer únicamente la zona de Los Colorados.

7.3.1 Criterios y parámetros adoptados

Antes de proceder al análisis y evaluación de la infraestructura actual para el escenario planteado, se presentan los parámetros que se adoptaron:

a) Existe la suficiente disponibilidad de agua en las fuentes de abastecimiento, en todo momento el agua que demanda la red de distribución está disponible en el estanque y en los pozos.
b) El caudal suministrado es el 100% del caudal medio.
c) Todos los equipos de bombeo existentes, que actualmente están operando serán utilizados, introduciendo en el modelo las curvas características de operación de los mismos, las cuales fueron suministradas directamente por los distribuidores nacionales y los fabricantes en los casos que fuera posible.
d) El estanque existente en la red se encuentra lleno al inicio del ciclo, garantizando que la altura piezométrica del sistema será la mayor, debiendo recuperar su nivel máximo al final del ciclo.

e) El nodo D-Colorados representa la cota más desfavorable de esa zona.
f) No se analizará la red interna de Los Colorados, sino únicamente la distribución principal hacia ella.
g) El análisis se realizará para ciclos de veinticuatro (24) horas, iniciando a las 5:00 am.
h) El valor adoptado para el coeficiente de rugosidad C de la ecuación de Hazen –Williams es de cien (100) para todas tuberías existentes.

7.3.2 Resultados del diagnóstico para el caso actual Ciclo 1 – Casco Central

Con la simulación realizada de este escenario, se puede observar que al hacer este racionamiento, el caudal que fluye a través de las tuberías matrices disminuye considerablemente, logrando así una mejor conducción.

Durante el pico horario se logra surtir de agua a toda la zona en estudio, aunque por el mal estado de las tuberías, se logran presiones que se encuentran por debajo o justo en el límite de los valores permitidos por la Norma INOS.

Con respecto a las velocidades obtenidas durante la simulación, estas se encuentran dentro del rango de mayor eficiencia del punto de vista de conductividad, ya que incluso en el pico horario las más altas son del orden de 1.5 m/s. Para este caso no sería necesario reemplazar tuberías por motivos de conducción, aunque es recomendable sustituir aquellas construidas con asbesto cemento, ya que es un material prohibido por la norma INOS.

Algunos equipos de bombeo de los pozos actualmente en funcionamiento no tienen la capacidad de igualar la presión necesaria para abastecer de forma directa a la red, ya que el nivel piezométrico generado por el estanque principal es mayor en los nodos donde se encuentran dichas bombas. Estas serán reemplazadas por nuevos equipos.

7.3.4 Resultados del diagnóstico para el caso actual Ciclo 2 – Los Colorados

Para esta operación, los resultados del modelo indican que la infraestructura existente no puede conducir el caudal suministrado. Se registran velocidades mayores a las recomendadas, asociadas a una conducción ineficiente, ya que todo el caudal demandado no puede llegar con suficiente presión tras fluir por toda la red del Casco Central. Estas resultan ser muy bajas o negativas para los puntos más altos de Los Colorados.

8. VERIFICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO PROPUESTO

En este capítulo, con base en los resultados del diagnóstico realizado en el capítulo anterior, se procede al planteamiento de soluciones a corto y mediano plazo para mejorar el funcionamiento del sistema mediante la sustitución de tuberías antiguas o prohibidas por la Norma INOS y/o cambios en los diámetros para mejorar la conductividad y mantener los niveles piezométricos en el rango adecuado.

La simulación hidráulica se realizará considerando la condición de demanda satisfecha en todos los nodos para la situación actual y año de saturación, de modo tal que se puedan verificar las modificaciones hechas para garantizar el servicio.

Como fuente principal se incorporan las aducciones provenientes de las estaciones de bombeo de Tocorón y Mahomo hacia el estanque Sanabria Méndez

En el resultado final los nodos, que se encuentran en cotas muy cercanas a la mínima del estanque, presentan presiones por debajo de las recomendadas. Estas pueden ser aceptadas ya que el único control que obedecen es el del estanque y aun así se suplen las demandas requeridas.

8.1 Criterios y parámetros adoptados para la situación actual y futura

a) Existe la suficiente disponibilidad de agua en las fuentes de abastecimiento, en todo momento el agua que demanda la red de distribución está disponible en el estanque y en los pozos.
b) El caudal suministrado es el 100% del caudal medio.
c) El estanque existente en la red se encuentra lleno al inicio del ciclo, garantizando que la altura piezométrica del sistema será la mayor, debiendo recuperar su nivel máximo al final del ciclo.
d) El análisis se realizará para ciclos de veinticuatro (24) horas, iniciando a las 5:00 am.

e) Todos los equipos de bombeo existentes, que actualmente están funcionando serán utilizados, introduciendo en el modelo las curvas características de operación de los mismos, las cuales fueron suministradas directamente por los distribuidores nacionales y los fabricantes en los casos que fuera posible.
f) El valor adoptado para el coeficiente de rugosidad C de la ecuación de Hazen – Williams es de cien (100) para todas tuberías existentes, ciento cuarenta (140) para las nuevas tuberías de PEAD y ciento treinta (130) para las nuevas tuberías de acero.

8.2 CASOS ANALIZADOS

En este aparte se presentan los resultados obtenidos de las simulaciones del funcionamiento hidráulico del sistema de aducción y distribución con las modificaciones necesarias para un abastecimiento eficiente tanto en la situación actual como en el año de saturación. Se resumen los rangos de caudales demandados por cada nodo, los rangos de presiones registrados en los mismos, el rango operativo de las estaciones de bombeo y los niveles máximos y mínimos del estanque así como su recuperación en períodos de veinticuatro (24) horas.

Es importante evidenciar en este punto que, por informaciones dadas en reuniones con el personal técnico de la Hidrológica del Centro C.A., la cantidad de agua por unidad de tiempo que debería abastecer al estanque principal para lograr el 100% del caudal medio requerido, puede cumplirse únicamente con el cierre de válvulas en las aducciones que abastecen las poblaciones cercanas, como lo son Tocorón, San Francisco de Asís, Múcura, entre otras. Por lo tanto, se tomará en cuenta también el caso de racionamiento como maniobra de contingencia.

Se diferencian los casos por el tiempo de ejecución en el que se puede realizar dependiendo de la envergadura de las obras propuestas.

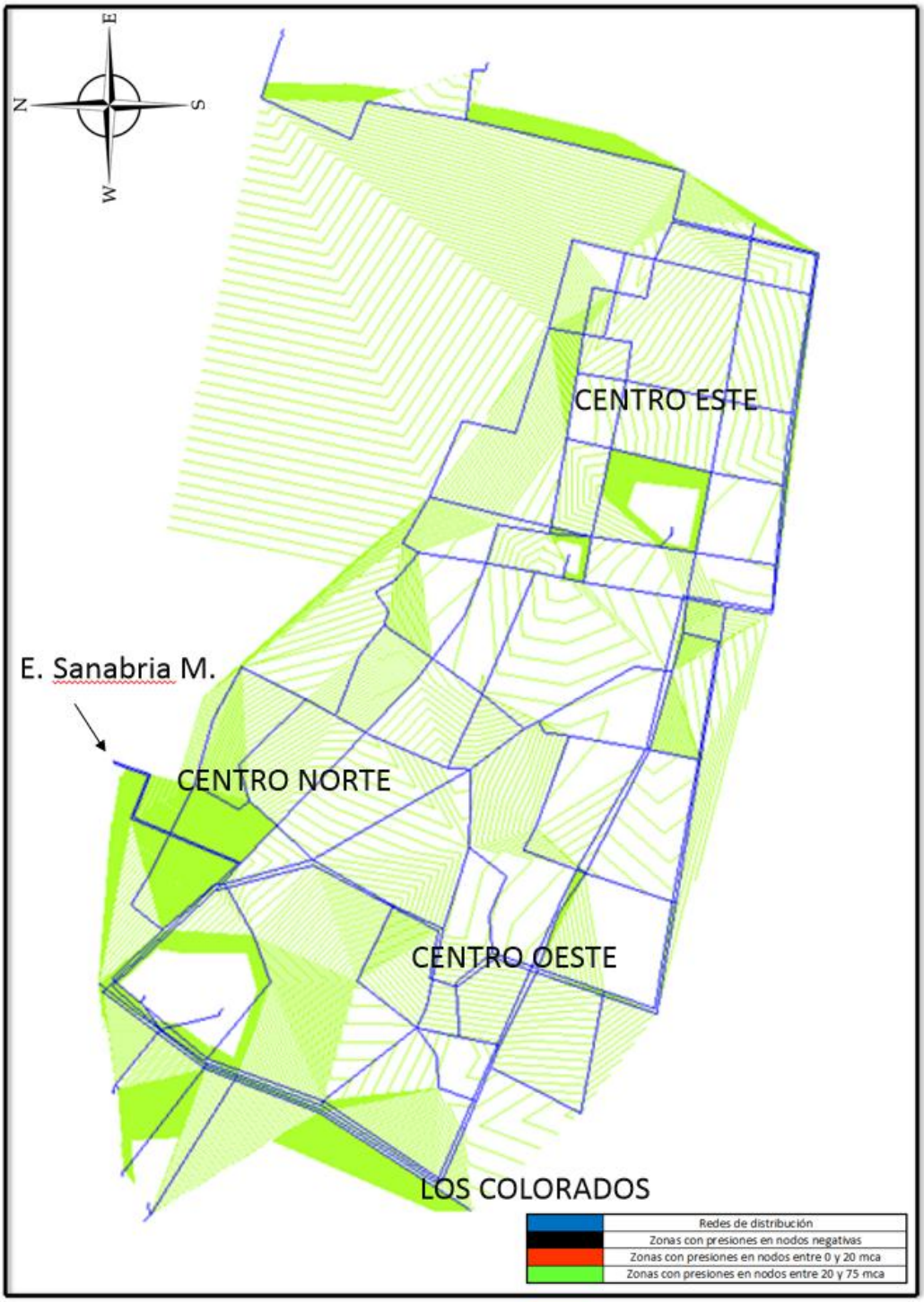
Se elimina el centro de abastecimiento de camiones cisterna para todos los casos propuestos, ya que este no está incluido en plan de suministros de la empresa hidrológica.

Las propuestas realizadas en cada caso simulado se presentan en la siguiente tabla:

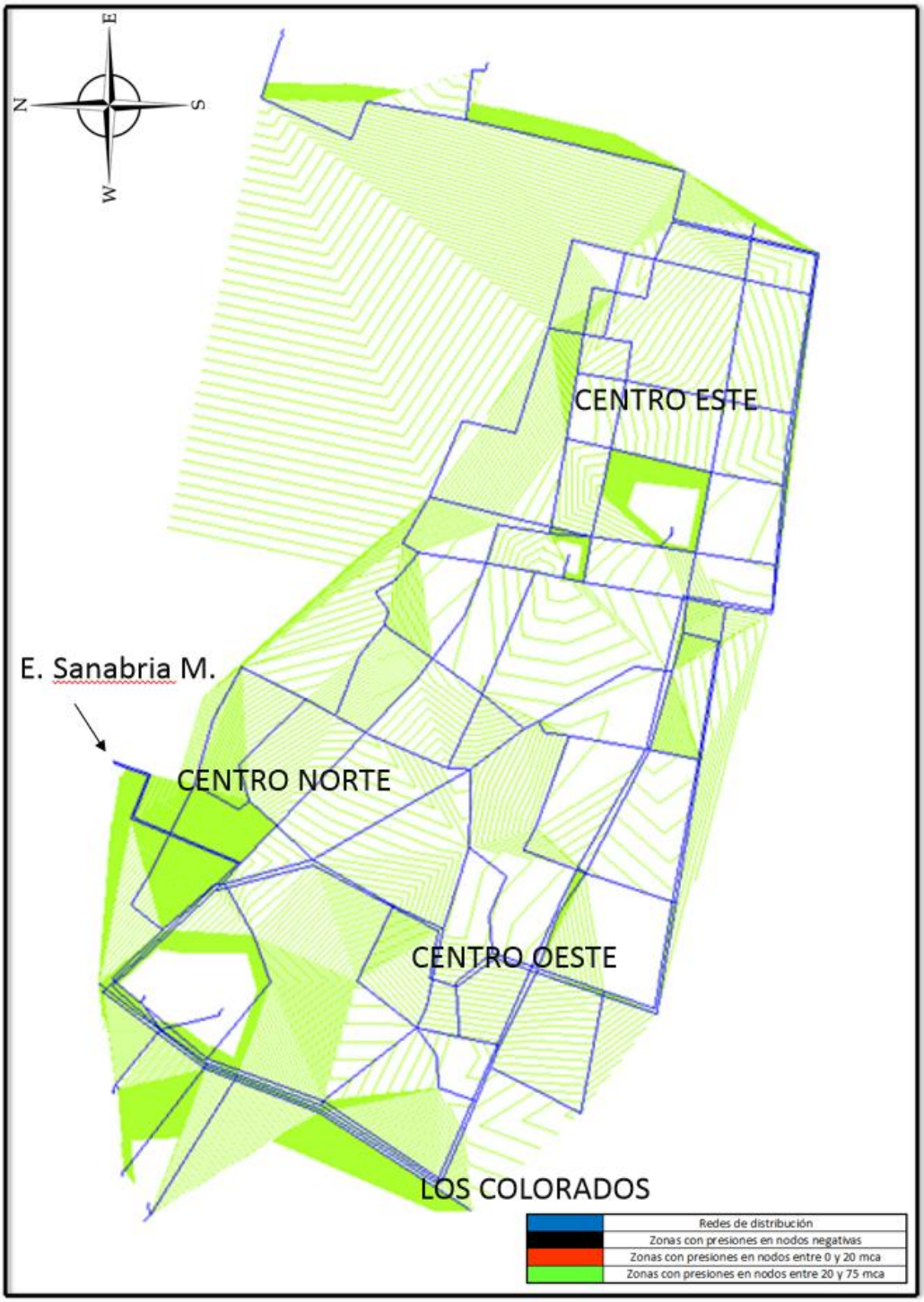
Tabla 8.1.- Casos y Propuestas

Caso	Tiempo	Propuesta
Corto Plazo	**Actual**	Sustitución de tramo final de aducción desde estación de bombeo Tocorón. Instalación de equipo de rebombeo en dicha aducción. Sustitución de tubería matriz y de mallado en red de distribución. Instalación de equipo de rebombeo en la red del Casco Central hacia Los Colorados. Sustitución de tubería que une el estanque Sanabria Méndez con la matriz principal.
	Futuro	Sustitución de tramo final de aducción desde estación de bombeo El Mahomo. Instalación de equipo de rebombeo en dicha aducción.
Mediano Plazo	**Actual**	Nueva aducción desde estación de bombeo Tocorón. Sustitución de tubería matriz y de mallado en red de distribución. Sustitución de equipos de bombeo en estación y pozos. Adición de aducción directa a Los Colorado por rebombeo desde el estanque Sanabria Méndez (Separación de redes). Sustitución de tubería que une el estanque Sanabria Méndez con la matriz principal.
	Futuro	Nueva aducción desde estación de bombeo El Mahomo.

El comportamiento de las propuestas actuales, se pueden representar de manera similar mediante las siguientes curvas isóbaras:



Gráfica 8.1.- Curvas Isóbaras con propuestas en horas de máxima demanda.



Gráfica 8.2.- Curvas Isóbaras con propuestas en horas de mínima demanda.

8.2.1 PROPUESTAS A CORTO PLAZO: Demanda satisfecha – Situación actual

En este escenario el caudal suministrado es igual al 100% del caudal medio requerido (247 lps), de los cuales 138 lps se incorporan al estanque Sanabria Méndez y 109 lps provenientes de los pozos.

En resumen, se comprueba que con los nuevos equipos de bombeo propuestos para pozos, redes y aducciones, así como la recuperación del último tramo de la aducción de Tocorón existente y las nuevas tuberías en la red de distribución, el sistema es capaz de suministrar el caudal requerido con suficiente presión para abastecer las cotas más altas con un servicio aceptable. A continuación el detalle de los cambios realizados y resultados obtenidos de la simulación de forma explicativa y tabular.

- **Aducción**

Se propone para este caso la recuperación de la tubería proveniente de la estación de bombeo de Tocorón con la sustitución del último tramo de tres (3) kilómetros de longitud. Al inicio de este tramo sería necesaria, por las presiones medidas en campo, una estación de rebombeo capaz de aumentar la altura piezométrica necesaria para lograr abastecer al estanque Sanabria Méndez. Este nuevo tramo tendrá las mismas características de la tubería existente, es decir de acero de setecientos cincuenta (750) mm. Las especificaciones de este nuevo tramo se encuentran en la tabla 8.2

Por otra parte, es importante acotar que es necesaria la sustitución de los equipos de bombeo existentes por otros del mismo modelo pero agregándole una etapa adicional, aumentando su capacidad de bombeo para bombear hasta el estanque Sanabria Méndez. Dichos equipos se encuentran especificados en la tabla 8.3.

- **Red de distribución**

En este caso se mantienen unidas las redes del Casco Central y Los Colorados, colocando una estación de rebombeo a la entrada de la red de esta última para aumentar las presiones y lograr un servicio adecuado en el punto más desfavorable.

Se debe sustituir la tubería que conecta el estanque Sanabria Méndez con la matriz para mejorar la conducción en la red. Por otra parte, se decide sustituir también las tuberías de asbesto cemento que se encuentran en el sistema, dado que son las más antiguas y por tanto presentan un alto nivel de desgaste. Las tuberías sustituidas son las mostradas en la siguiente tabla:

Tabla 8.2. - Resumen de tuberías a sustituir en la situación actual – propuestas a corto plazo.

IDENTIFICACIÓN	UBICACIÓN	MATERIAL NUEVO	DIÁMETRO NUEVO (mm)	LONGITUD (m)	VELOCIDAD máx. (m/s)
Tubería Matriz	Casco Central	PEAD	300	4702	1.64
Malla Centro Este	Centro Este	PEAD	300	3420	1.02
Tubería Sanabria Méndez – Matriz de distribución	Centro Norte	PEAD	450	305	1.43

Por información obtenida a través de la Hidrológica del Centro C.A., se tiene el conocimiento de la existencia de tramos de tubería de PEAD que ya se encuentran colocadas con el fin de sustituir la matriz principal, aunque no está conectada a la red de distribución. Esta puede ser tomada en cuenta para su reconexión al momento de verificar la instalación de toda la nueva tubería.

- **Equipos de bombeo**

Se enumeran los equipos de bombeo según el tipo, rango de operación y tiempo de funcionamiento, haciendo las sustituciones respectivas en los pozos Calichal I, Calichar II-B y Calichal III, Las Mercedes II:

Tabla 8.3.- Equipos de bombeo en funcionamiento en la situación actual – propuestas a corto plazo.

Tipo de Bombeo	Localización	Marca	Modelo	Potencia (HP)	Presión max (m.c.a.)	Presión min (m.c.a.)	Caudal (lps)	Operación
ESTACIÓN DE BOMBEO	BOMBEO TOCORÓN	GOULDS PUMPS	11 CLC 1 ETAPA	125	85,6	70,2	62,0	24 Horas
		GOULDS PUMPS	11 CLC 1 ETAPA	125	85,6	70,2	62,0	24 Horas
		GOULDS PUMPS	11 CLC 1 ETAPA	125	85,6	70,2	62,0	24 Horas
	REBOMBEO LOS COLORADOS	GOULDS PUMPS	14RHHO 2 ETAPAS	100	57,1	38,6	99,0/50,0	24 Horas
POZOS	ARÍSTIDES ROJAS	PEERLES	6LB1-7-4	15	39,2	26,0	6,2	24 Horas
	CALICHAL I	FABOVEN	2506M05	25	52,9	42,5	13,0	24 Horas
	CALICHAL II	FABOVEN	2506M05	25	54,7	44,7	14,0	24 Horas
	CALICHAL II-B	FABOVEN	1506X07	25	54,9	44,4	7,0	24 Horas
	CALICHAL III	FABOVEN	1506X07	25	51,9	41,7	7,0	24 Horas
	MERCEDES I	FABOVEN	2506M05	25	47,5	36,9	19,0	24 Horas
	MERCEDES II	FABOVEN	1506L05	15	43,5	33,1	9,0	24 Horas
	RESIDENCIAS MÉDICAS	PEERLES	6LB1-6-8	30	36,2	22,8	6,0	24 Horas
	GUAYABAL (ambiente)	FABOVEN	2506M05	25	50,3	39,2	10,0	24 Horas
	GUAYABAL (vivienda)	FABOVEN	2506M05	25	50,3	39,2	18,0	24 Horas
REBOMBEO	LÍNEA TOCORÓN	GOULDS PUMPS	14RHMC 2 ETAPAS	175	58,8	51,1	152,0/119,0	24 Horas

- **Estanque**

Se muestra a continuación el comportamiento del estanque a lo largo de las 24 horas, donde se verifica que al final del ciclo se logra su llenado y que sus variaciones durante el día se deben a la compensación en la red.

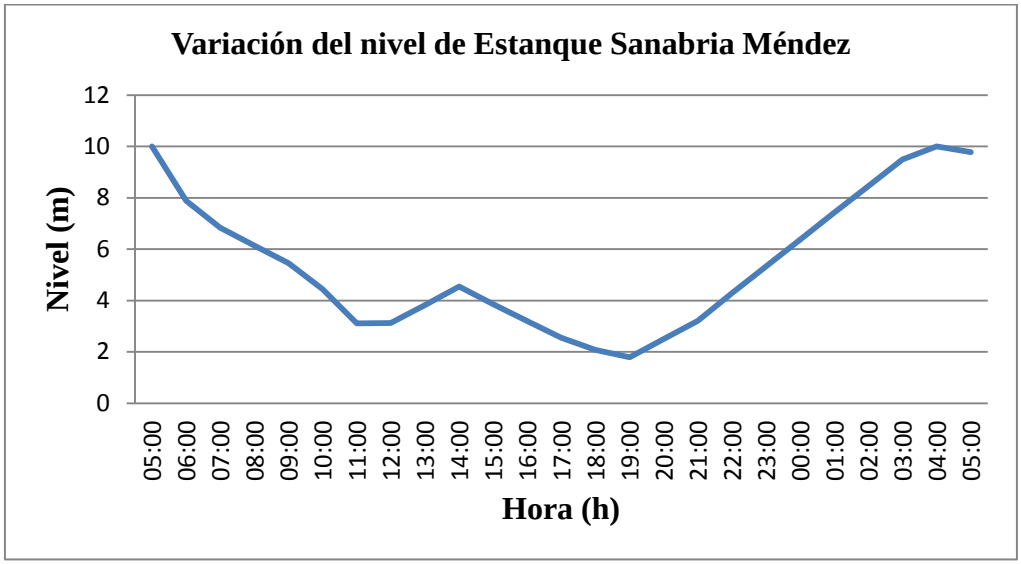


Gráfico 8.1.- Comportamiento del estanque en situación actual con propuestas a corto plazo

- **Presiones en los nodos de demanda**

Se reportan en la siguiente tabla los caudales y las presiones, en ambos casos los máximos y los mínimos que se generan en los nodos de demanda. Dichos parámetros se encuentran dentro de los normados y verifican el buen funcionamiento del sistema.

Tabla 8.4.- Tabla con parámetros de los nodos en situación actual – propuestas a corto plazo.

Identificación	Presión máx. (mca)	Presión min. (mca)	Demanda máx. (lps)	Demanda min. (lps)
D-Colorado	40.2	25.0	99.4	49.7
DJ-1	35.2	24.3	10.5	5.3
DJ-3	37.5	27.1	13.7	6.9
DJ-4	32.5	21.9	9.8	4.9
DJ-7	36.1	25.1	17.2	8.6
DJ-8	38.4	27.9	9.1	4.5
DJ-10	27.5	17.1	2.6	1.3
DJ-11	37.4	26.8	6.5	3.3
DJ-12	34.3	23.5	11.8	5.9
DJ-13	32.1	21.1	13.2	6.6
DJ-14	32.2	21.3	9.2	4.6
DJ-21	36.8	25.2	11.9	6.0
DJ-22	29.9	20.5	5.5	2.7
DJ-24	38.0	28.6	5.4	2.7
DJ-25	31.1	20.0	4.1	2.1
DJ-27	31.1	20.2	4.0	2.0
DJ-30	40.1	29.2	4.6	2.3
DJ-33	25.5	15.1	9.2	4.6
DJ-35	32.6	22.7	5.0	2.5
DJ-36	37.1	26.2	14.0	7.0
DJ-37	25.1	15.8	3.7	1.8
DJ-39	26.0	16.7	3.3	1.6
DJ-42	42.8	33.4	10.7	5.4
DJ-43	36.8	25.3	3.2	1.6
DJ-44	32.3	21.7	6.3	3.1
DJ-45	32.6	22.4	3.2	1.6
DJ-46	32.7	21.3	9.5	4.8
DJ-47	41.9	30.8	9.4	4.7
DJ-49	27.9	18.3	3.8	1.9
DJ-56	30.5	18.5	10.8	5.4
DJ-58	33.7	23.9	9.0	4.5
DJ-60	28.4	17.8	6.9	3.4

8.2.2. PROPUESTAS A CORTO PLAZO: Demanda satisfecha – Situación futura.

En este escenario el caudal suministrado es igual al 100% del caudal medio requerido estimado para el año de saturación (313 lps), de los cuales 204 lps se incorporan al estanque Sanabria Méndez y 109 lps provenientes de los pozos.

En resumen, al añadir como fuente para el estanque principal la aducción proveniente de la estación de bombeo del Mahomo, se comprueba que el sistema es capaz de abastecer sin inconvenientes también el escenario futuro. A continuación se presenta el extracto de los resultados obtenidos de la simulación en forma explicativa y tabular.

- **Aducción**

Se propone para este caso la recuperación de la tubería proveniente del Mahomo, para que abastezca al estanque principal junto a la línea de Tocorón. Esto se lograría a través de la sustitución del tramo Múcura-Villa de Cura de alrededor de cinco (5) kilómetros con una tubería de acero de cuatrocientos (400) milímetros y con la adición de una estación de rebombeo cercana a la entrada de la Ciudad para lograr el nivel necesario para abastecer el tanque.

- **Red de distribución**

No es necesario hacer modificaciones en la red para el caso a futuro más allá que las propuestas en el caso actual, puesto que el sistema se comporta de manera eficiente.

- **Equipos de bombeo**

Se enumeran los equipos de bombeo según el tipo, rango de operación y tiempo de funcionamiento, manteniendo las propuestas para el caso actual y añadiéndole la estación de

Tabla 8.5.- Equipos de bombeo en funcionamiento en la situación futura - propuestas a corto plazo.

TIPO DE BOMBEO	Localización	Marca	Modelo	Potencia (HP)	Presión max (m.c.a.)	Presión min (m.c.a.)	Caudal (lps)	Operación
ESTACION DE BOMBEO	REBOMBEO TOCORÓN	GOULDS PUMPS	11 CLC 1 ETAPA	125	90,7	78,3	62,0	24 Horas
		GOULDS PUMPS	11 CLC 1 ETAPA	125	90,7	78,3	62,0	24 Horas
		GOULDS PUMPS	11 CLC 1 ETAPA	125	90,7	78,3	62,0	24 Horas
	REBOMBEO EL MAHOMO	FAMOVEN	14 MC - 5	400	111,4	105,2	112,0	12 Horas
	BOMBEO LOS COLORADO	GOULDS PUMPS	14RHHO 2 ETAPAS	100	55,0	27,8	123/62	24 Horas
POZOS	ARISTIDES ROJAS	PEERLES	6LB1-7-4	15	38,0	20,0	6,2	24 Horas
	CALICHAL I	FABOVEN	2506M05	25	52,2	38,3	13,0	24 Horas
	CALICHAL II	FABOVEN	2506M05	25	54,0	40,4	14,0	24 Horas
	CALICHAL II-B	FABOVEN	1506X07	25	54,2	40,2	7,0	24 Horas
	CALICHAL III	FABOVEN	1506X07	25	51,2	37,6	7,0	24 Horas
	MERCEDES I	FABOVEN	2506M05	25	46,5	32,1	19,0	24 Horas
	MERCEDES II	FABOVEN	1506L05	15	42,6	28,3	9,0	24 Horas
	RESIDENCIAS MEDICAS	PEERLES	6LB1-6-8	30	35,0	16,7	6,0	24 Horas
	GUAYABAL (ambiente)	FABOVEN	2506M05	25	49,5	34,7	10,0	24 Horas
	GUAYABAL (vivienda)	FABOVEN	2506M05	25	49,5	34,7	18,0	24 Horas
REBOMBEO EN RED	LINEA TOCORÓN	GOULDS PUMPS	14RHMC 2 ETAPAS	175	59,3	51,4	165/144	24 Horas
	LINEA EL MAHOMO	GOULDS PUMPS	14 RJLO 2 ETAPAS	200	47,0	40,9	104/98	12 Horas

- **Estanque**

Se muestra a continuación el comportamiento del estanque a lo largo de las 24 horas, verificando su llenado al finalizar el ciclo y observando las compensaciones realizadas.

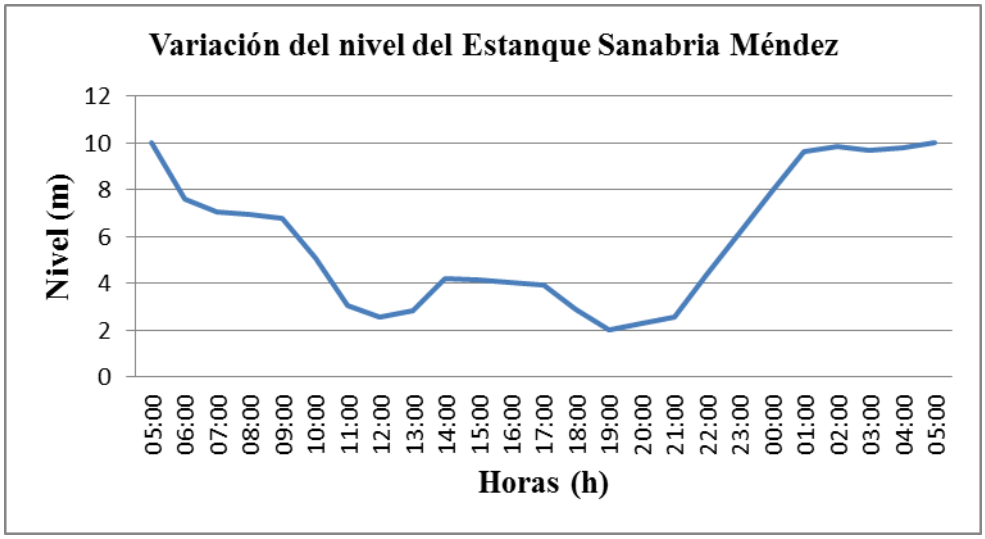


Gráfico 8.2.- Comportamiento del estanque en situación futura con propuestas a corto plazo

- **Presiones en los nodos de demanda**

Se reportan en la siguiente tabla los caudales y las presiones, en ambos casos los máximos y los mínimos que se generan en los nodos de demanda.

Tabla 8.6.- Tabla con parámetros de los nodos en situación futura – propuestas a corto plazo

Identificación	Presión máx. (mca)	Presión min. (mca)	Demanda máx. (lps)	Demanda min. (lps)
D-Colorado	39.0	16.4	124.6	62.3
DJ-1	34.6	20.4	12.3	6.1
DJ-3	36.9	23.3	16.0	8.0
DJ-4	31.8	18.2	11.5	5.7
DJ-7	35.5	21.1	20.1	10.0
DJ-8	37.8	24.1	10.6	5.3
DJ-10	26.8	13.2	5.1	2.6
DJ-11	36.8	23.0	7.6	3.8
DJ-12	33.7	19.6	13.7	6.9
DJ-13	31.5	17.1	15.4	7.7
DJ-14	31.6	17.3	10.8	5.4
DJ-21	36.1	20.8	13.9	6.9
DJ-22	28.9	16.9	10.9	5.4
DJ-24	37.5	26.8	6.8	3.4
DJ-25	30.4	15.7	5.2	2.6
DJ-27	30.4	16.0	5.0	2.5
DJ-30	39.4	25.0	5.8	2.9
DJ-33	24.9	11.3	10.7	5.4
DJ-35	31.9	18.9	10.0	5.0
DJ-36	36.4	22.3	16.4	8.2
DJ-37	24.0	12.2	7.3	3.7
DJ-39	25.0	13.1	6.5	3.3
DJ-42	42.3	31.2	13.4	6.7
DJ-43	36.2	20.9	4.0	2.0
DJ-44	31.7	17.7	7.9	3.9
DJ-45	32.0	18.8	4.0	2.0
DJ-46	32.0	16.7	11.9	6.0
DJ-47	41.2	26.6	11.7	5.9
DJ-49	27.0	15.0	7.6	3.8
DJ-56	29.7	13.3	13.5	6.8
DJ-58	33.1	20.4	11.2	5.6
DJ-60	27.8	13.9	8.0	4.0

8.2.3. PROPUESTAS A MEDIANO PLAZO: Demanda satisfecha – Situación actual.

En este escenario el caudal suministrado es igual al 100% del caudal medio requerido (247 lps), de los cuales 138 lps se incorporan al estanque Sanabria Méndez y 109 lps provenientes de los pozos.

En resumen, se comprueba que con los nuevos equipos de bombeo propuestos para los pozos, así como la adición de la nueva aducción proveniente de la estación de bombeo Tocorón y las nuevas tuberías en la red, el sistema es capaz de suministrar el caudal requerido con suficiente presión para abastecer las cotas más altas con un servicio aceptable. A continuación el detalle de los cambios realizados y resultados obtenidos de la simulación de forma explicativa y tabular.

Se considera propuesta a mediano plazo debido a que representa la sustitución completa de la aducción principal del sistema de abastecimiento de la ciudad y se trabaja con las sustituciones bases en la red de distribución.

- **Aducción**

Se propone para este caso la construcción de una tubería nueva proveniente de la estación de bombeo Tocorón para lograr un mayor control sobre los caudales y presiones generadas, y conseguir así que todo el caudal necesario pueda alcanzar sin inconvenientes el estanque principal. Esta tendrá las mismas características de la tubería existente, es decir una tubería de setecientos cincuenta (750) milímetros de diámetro de acero y una longitud de aproximadamente catorce (14) kilómetros. Dichas características se encuentran en la tabla 8.7.

En este caso los equipos de bombeo de la estación mencionada se mantienen en las condiciones actuales de funcionamiento con los mismos equipos.

- **Red de Distribución**

En este caso se decide separar completamente la zona de Los Colorados de la red del Casco Central a través de cierres de válvulas en la red y la colocación de una tubería nueva que una directamente el estanque principal con la red de esta zona. Para lograr un servicio adecuado, resulta necesaria la instalación de una estación de rebombeo en esta nueva línea.

Por otra parte, se trabaja con las propuestas a corto plazo de sustitución de tubería matriz y mallado de distribución.

Tabla 8.7.- Resumen de tuberías a sustituir en la situación actual – propuestas a mediano plazo.

IDENTIFICACIÓN	UBICACIÓN	MATERIAL NUEVO	DIÁMETRO NUEVO (mm)	LONGITUD (m)	VELOCIDAD máx (m/s)
Tubería Matriz	Casco Central	PEAD	300	4702	1.36
Malla Centro Este	Centro Este	PEAD	300	3420	1.00
Tubería Sanabria Méndez - Los Colorados	Casco Central línea Los Colorados	PEAD	300	1888	1.32

- **Equipos de bombeo**

Se enumeran los equipos de bombeo según el tipo, rango de operación y tiempo de funcionamiento, manteniendo los equipos que se sustituyeron en la propuesta a corto plazo y haciendo la sustitución pertinente en la estación de bombeo:

Tabla 8.8. – Equipos de bombeo en funcionamiento en la situación actual - propuestas a mediano plazo.

Tipo de Bombeo	Localización	Marca	Modelo	Potencia (HP)	Presión max (m.c.a.)	Presión min (m.c.a.)	Caudal (lps)	Operación
ESTACIÓN DE BOMBEO	REBOMBEO TOCORÓN	GOULDS PUMPS	11 CLC 2 ETAPAS	125	122,0	113,5	62,0	24 horas
		GOULDS PUMPS	11 CLC 2 ETAPAS	125	122,0	113,5	62,0	24 horas
		GOULDS PUMPS	11 CLC 2 ETAPAS	125	122,0	113,5	62,0	24 horas
	BOMBEO LOS COLORADO	GOULDS PUMPS	14RHHO 2 ETAPAS	100	32,7	22,9	99,0/50,0	24 horas
POZOS	ARISTIDES ROJAS	PEERLES	6LB1-7-4	15	40,0	30,2	6,2	24 horas
	CALICHAL I	FABOVEN	2506M05	25	53,9	44,8	13,0	24 horas
	CALICHAL II	FABOVEN	2506M05	25	56,2	47,3	14,0	24 horas
	CALICHAL II-B	FABOVEN	1506X07	25	55,9	46,8	7,0	24 horas
	CALICHAL III	FABOVEN	1506X07	25	52,9	44,0	7,0	24 horas
	MERCEDES I	FABOVEN	2506M05	25	48,8	40,5	19,0	24 horas
	MERCEDES II	FABOVEN	1506L05	15	45,0	36,6	9,0	24 horas
	RESIDENCIAS MEDICAS	PEERLES	6LB1-6-8	30	36,9	27,1	6,0	24 horas
	GUAYABAL (ambiente)	FABOVEN	2506M05	25	51,4	42,3	10,0	24 horas
	GUAYABAL (vivienda)	FABOVEN	2506M05	25	51,4	42,3	18,0	24 horas

- **Estanque**

Se muestra a continuación el comportamiento del estanque a lo largo de las 24 horas, donde se verifica que al final del ciclo se logra su llenado y que sus variaciones durante el día se deben a la compensación en la red.

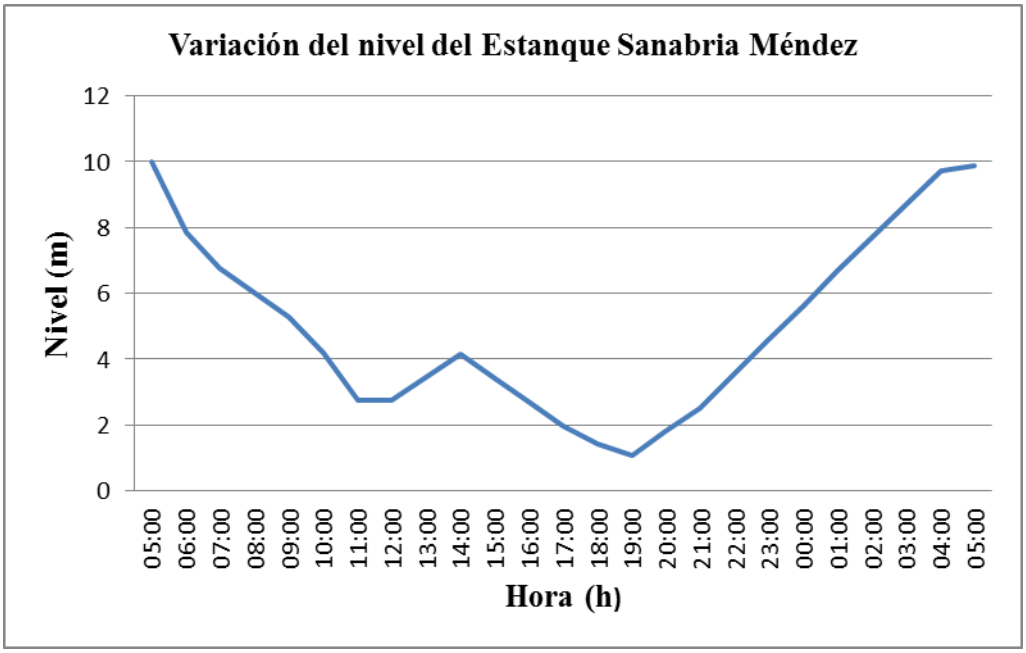


Gráfico 8.3- Comportamiento del estanque en situación actual con propuestas a mediano plazo

- **Presiones en los nodos de demanda**

Se reportan en la siguiente tabla los caudales y las presiones, en ambos casos los máximos y los mínimos que se generan en los nodos de demanda. Dichos valores se encuentran dentro de los rangos estipulados en la norma.

Tabla 8.9.- Tabla con parámetros de los nodos en situación actual – Propuestas a mediano plazo

Identificación	Presión máx. (mca)	Presión min. (mca)	Demanda máx. (lps)	Demanda min. (lps)
D-Colorado	38.7	23.8	99.4	49.7
DJ-1	35.5	25.4	10.5	5.2
DJ-3	37.8	28.0	13.7	6.8
DJ-4	32.8	23.0	9.8	4.9
DJ-7	36.5	26.2	17.2	8.6
DJ-8	38.7	28.8	9.0	4.5
DJ-10	27.8	17.9	2.5	1.2
DJ-11	37.7	27.8	6.5	3.2
DJ-12	34.6	24.7	11.7	5.8
DJ-13	32.5	22.2	13.2	6.6
DJ-14	32.6	22.4	9.2	4.6
DJ-21	37.2	26.6	11.9	5.9
DJ-22	30.0	20.5	5.4	2.7
DJ-24	38.1	28.6	5.3	2.7
DJ-25	31.9	22.1	4.1	2.0
DJ-27	31.8	22.0	3.9	1.9
DJ-30	40.7	30.8	4.5	2.3
DJ-33	26.0	16.2	9.1	4.5
DJ-35	32.9	23.1	5.0	2.5
DJ-36	37.4	27.2	14.0	7.0
DJ-37	25.1	15.6	3.6	1.8
DJ-39	26.0	16.6	3.2	1.6
DJ-42	42.9	33.3	10.7	5.3
DJ-43	37.3	26.9	3.2	1.6
DJ-44	33.0	23.3	6.2	3.1
DJ-45	33.0	23.3	3.1	1.6
DJ-46	33.3	23.1	9.5	4.7
DJ-47	42.4	32.2	9.3	4.6
DJ-49	28.0	18.4	3.7	1.9
DJ-56	31.2	20.6	10.8	5.4
DJ-58	34.6	25.3	8.9	4.4
DJ-60	28.9	19.0	6.8	3.4

8.2.4. PROPUESTAS A MEDIANO PLAZO: Demanda satisfecha – Situación futura.

En este escenario el caudal suministrado es igual al 100% del caudal medio requerido estimado para el año de saturación (313 lps), de los cuales 204 lps se incorporan al estanque Sanabria Méndez y 109 lps provenientes de los pozos.

En resumen, al añadir como fuente para el estanque principal la aducción proveniente de la estación de bombeo del Mahomo, se comprueba que el sistema es capaz de abastecer sin inconvenientes también el escenario futuro. A continuación se presenta el extracto de los resultados obtenidos de la simulación en forma explicativa y tabular.

- **Aducción**

Se propone para este caso la construcción de una tubería nueva proveniente de la estación de bombeo del Mahomo, para que abastezca al estanque principal junto a la línea de Tocorón. Esto para lograr un mayor control sobre los caudales y presiones generadas, y conseguir así que todo el caudal necesario pueda alcanzar sin inconvenientes el estanque principal. La nueva aducción será una tubería de cuatrocientos (400) milímetros de diámetro de acero en todo su recorrido y una longitud de aproximadamente quince (15) kilómetros.

- **Red de distribución**

Se mantiene la red de distribución propuesta para el caso actual mostrado en la tabla 8.7, ya que para este escenario no es necesario hacer cambios de tuberías.

- **Equipos de bombeo**

Se enumeran los equipos de bombeo según el tipo, rango de operación y tiempo de funcionamiento:

Tabla 8.10.- Equipos de bombeo en funcionamiento en la situación futura - propuestas a mediano plazo.

TIPO DE BOMBEO	Localización	Marca	Modelo	Potencia (HP)	Presión max (m.c.a.)	Presión min (m.c.a.)	Caudal (lps)	Operación
ESTACIÓN DE BOMBEO	REBOMBEO TOCORÓN	GOULDS PUMPS	11 CLC 2 ETAPAS	125	123,0	114,0	62,0	24 Horas
		GOULDS PUMPS	11 CLC 2 ETAPAS	125	123,0	114,0	62,0	24 Horas
		GOULDS PUMPS	11 CLC 2 ETAPAS	125	123,0	114,0	62,0	24 Horas
	REBOMBEO EL MAHOMO	FAMOVEN	14 MC - 5	400	153,0	149,0	112,0	12 Horas
	BOMBEO LOS COLORADO	GOULDS PUMPS	14RHHO 2 ETAPAS	100	32,5	19,7	123,0/62,0	24 Horas
POZOS	ARISTIDES ROJAS	PEERLES	6LB1-7-4	15	39,7	27,1	6,2	24 Horas
	CALICHAL I	FABOVEN	2506M05	25	53,7	44,0	13,0	24 Horas
	CALICHAL II	FABOVEN	2506M05	25	55,5	46,5	14,0	24 Horas
	CALICHAL II-B	FABOVEN	1506X07	25	55,7	46,0	7,0	24 Horas
	CALICHAL III	FABOVEN	1506X07	25	52,7	43,2	7,0	24 Horas
	MERCEDES I	FABOVEN	2506M05	25	48,0	38,1	19,0	24 Horas
	MERCEDES II	FABOVEN	1506L05	15	44,0	34,2	9,0	24 Horas
	RESIDENCIAS MEDICAS	PEERLES	6LB1-6-8	30	36,7	23,9	6,0	24 Horas
	GUAYABAL (ambiente)	FABOVEN	2506M05	25	51,3	41,5	10,0	24 Horas
	GUAYABAL (vivienda)	FABOVEN	2506M05	25	51,3	41,5	18,0	24 Horas

- **Estanque**

Se muestra a continuación el comportamiento del estanque a lo largo de las 24 horas, verificando su llenado al finalizar el ciclo y observando las compensaciones realizadas.

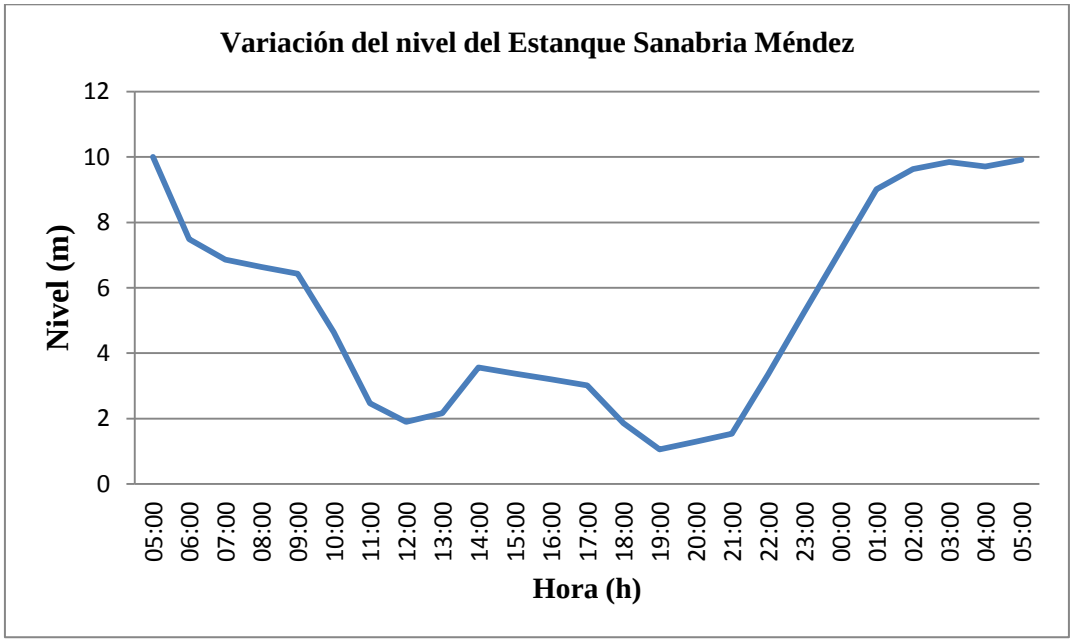


Gráfico 8.4- Comportamiento del estanque en situación futura con propuestas a mediano plazo

- **Presiones en los nodos de demanda**

Se reportan en la siguiente tabla los caudales y las presiones, en ambos casos los máximos y los mínimos que se generan en los nodos de demanda.

Tabla 8.11.- Tabla con parámetros de los nodos en situación futura – propuestas a mediano plazo

Identificación	Presión máx. (mca)	Presión min. (mca)	Demanda máx. (lps)	Demanda min. (lps)
D-Colorado	37.9	15.8	124.6	62.3
DJ-1	35.3	21.7	12.2	6.1
DJ-3	37.6	24.7	16.0	8.0
DJ-4	32.6	19.6	11.4	5.7
DJ-7	36.2	22.4	20.0	10.0
DJ-8	38.5	25.4	10.6	5.3
DJ-10	27.5	14.5	5.1	2.5
DJ-11	37.5	24.4	7.6	3.8
DJ-12	34.4	21.0	13.7	6.8
DJ-13	32.2	18.4	15.4	7.7
DJ-14	32.3	18.7	10.7	5.3
DJ-21	36.9	22.6	13.8	6.9
DJ-22	29.2	16.5	10.8	5.4
DJ-24	37.9	26.7	6.75	3.3
DJ-25	31.6	19.3	5.1	2.5
DJ-27	31.5	19.0	4.9	2.4
DJ-30	40.4	27.5	5.7	2.8
DJ-33	25.7	13.1	10.7	5.3
DJ-35	32.5	19.8	10.0	5.0
DJ-36	37.1	23.5	16.3	8.1
DJ-37	24.3	11.7	7.3	3.6
DJ-39	25.2	12.6	6.5	3.2
DJ-42	42.7	31.2	13.4	6.7
DJ-43	37.0	23.0	4.0	2.0
DJ-44	32.8	20.4	7.8	3.9
DJ-45	32.8	20.7	3.9	1.9
DJ-46	33.0	19.2	11.9	5.9
DJ-47	42.1	28.4	11.7	5.8
DJ-49	27.4	15.0	7.5	3.7
DJ-56	30.9	16.4	13.5	6.7
DJ-58	34.4	24.1	11.1	5.5
DJ-60	28.6	15.7	7.9	3.9

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente estudio abarcó un análisis del funcionamiento hidráulico del sistema de aducción y distribución de la ciudad de Villa de Cura. La principal fuente de agua del sistema es el estanque Sanabria Méndez, el cual surte de agua a la zona del Casco Central, junto a la zona de Los Colorados. Actualmente se encuentra fuera de servicio ya que no es posible alcanzar el nivel mínimo de operación requerido. El único suministro son los 10 pozos profundos que se encuentran en la zona o en zonas aledañas. Es por esto que los sectores con mayor déficit de suministro de agua potable en toda la ciudad son los sectores Centro Norte, Centro Este y Centro Oeste que constituyen el Casco Central y el sector de Los Colorados. Las demás zonas existentes en Villa de Cura poseen fuentes que son capaces de suplir la demanda en cada una de ellas.

En cuanto a la evaluación de las condiciones actuales del sistema de aducción y distribución, ésta se realizó a través de recorridos de campo y con ayuda del personal técnico de la empresa hidrológica pertinente y cabe concluir que existe la necesidad de la rehabilitación de tramos de tuberías necesarias para el buen funcionamiento de todo el sistema.

El modelo matemático de simulación del sistema de aducción y distribución no puede cumplir la condición de continuidad de los caudales, a causa del déficit que existe entre la demanda de la población y lo que actualmente es capaz de suministrar el sistema. Se concluye que es necesario hacer una calibración para lograr los resultados de campo.

Para realizar el proceso de calibración, la Hidrológica del Centro se había comprometido en la realización de un cronograma de mediciones, el cual no se llevó a cabo en su totalidad debido a la indisponibilidad de equipos de medición, así como por la comprobada inseguridad. Es por esta razón que se realizó la calibración del modelo con los datos medidos y a través de la información obtenida en reuniones con el personal técnico de la empresa hidrológica.

Una vez calibrado el modelo matemático para conocer la situación actual del sistema, se confirma que la infraestructura existente no puede abastecerlo, debido a que los valores obtenidos de presión se encuentran por debajo del rango permitido por las Normas INOS. Esto resulta de la incapacidad de los pozos de poder abastecer la red sin el correcto funcionamiento del estanque principal Sanabria Méndez. También muestra que las bombas en los pozos no son capaces de apoyar al estanque de forma eficiente, por lo que deben ser sustituidas.

El modelo matemático refleja de forma admisible el funcionamiento actual según las mediciones suministradas y lo verificado en sitio y las Propuestas hechas generan condiciones aceptables de abastecimiento.

Para lograr un funcionamiento adecuado de la red en la actualidad, suministrando la demanda requerida por el sistema, la simulación de la operación para dicha condición permite determinar las modificaciones necesarias. Estas modificaciones pueden realizarse en distintos intervalos de tiempo, a corto plazo o a mediano plazo, lo cual dependerá del tipo de obra a realizar.

- Propuestas que deben realizarse a corto plazo:
  - ✓ Sustitución de tubería matriz de asbesto cemento de diámetro 300 mm por tubería de PEAD de diámetro 300 mm que ya se encuentra colocada y solo necesita conexión a la malla.
  - ✓ Sustitución de tuberías de asbesto cemento de diámetro 100 mm ubicadas en la malla de distribución de Centro Este por tubería de PEAD del mismo diámetro.
  - ✓ Eliminar el centro de abastecimiento de camiones cisterna de la Alcaldía de Zamora, puesto a que el mismo es el causal de la despresurización de la red y el agua que es tomada por parte de los cisternas tendrá un uso que va más allá de lo planificado y estipulado por la hidrológica.

- ✓ Sustitución de motor de bomba en pozo Calichal I por motor similar al modelo FABOVEN 2506M05.
- ✓ Sustitución de motor de bomba en pozo Calichar II-B y Calichal III por motor similar al modelo FABOVEN 1506X07.
- ✓ Sustitución de motor de bomba en pozo Las Mercedes II por motor similar al modelo FABOVEN 1506L05.
- ✓ Sustitución y reconexión de último tramo de aducción de Tocorón a Sanabria Méndez por una aducción del mismo diámetro y material que el existente.
- ✓ Construcción de estación de rebombeo a 3 km del estanque Sanabria Méndez en el nuevo tramo de la aducción de Tocorón con motor que funcione similar al modelo Goulds Pumps 14RHMC de 2 etapas.
- ✓ Construcción de estación de rebombeo en el punto donde empieza la línea principal hacia Los Colorados con motor similar al modelo Goulds Pumps 14RHHO de 2 etapas.

- Las propuesta a realizarse en un mediano plazo son:
  - ✓ Sustitución total de la aducción proveniente de la estación de bombeo Tocorón, el cual es un tramo de 14,1 km y tendrá las mismas características que la actual.
  - ✓ Sustitución de las 3 bombas en estación de bombeo Tocorón por modelo que funcione de manera similar al Goulds Pumps 11 CLC de 2 etapas.
  - ✓ Aducción directa desde el estanque hasta la zona de Los Colorados, utilizando una tubería de 300 mm de diámetro de PEAD.
  - ✓ Construccion de estación de rebombeo en la aducción directa a la zona de Los Colorados con bombas que se asemejen al modelo Goulds Pump 14RHHO de 2 etapas

Para lograr un funcionamiento adecuado de la red para el futuro donde se llegue a la densidad máxima de saturación, suministrando la demanda requerida por el sistema, la simulación de la operación para dicha condición permite determinar las modificaciones necesarias en el sistema. Estas modificaciones pueden realizarse en distintos intervalos de tiempo como se muestra a continuación:

- Propuestas que deben realizarse a corto plazo:
  - ✓ Sustitución y reconexión de último tramo de aducción de El Mahomo a Sanabria Méndez por una aducción del mismo diámetro y material que el existente.
  - ✓ Construcción de estación de rebombeo a 3 km del estanque Sanabria Méndez en el nuevo tramo de la aducción de El Mahomo con motor que funcione similar al modelo Goulds Pumps 14 RJLO de 2 etapas
- Propuestas a mediano plazo:
  - ✓ Sustitución total de la aducción proveniente de la estación de bombeo El Mahomo, el cual es un tramo de 15 km y tendrá las mismas características que la actual.

Adicionalmente se proponen una serie de recomendaciones relativas al sistema de abastecimiento propuesto, así como el uso de la presente información, correctamente transformada al lenguaje gráfico, para realizar jornadas de información y educación a la población, previendo el mal uso del vital líquido.

Es aconsejable sugerir la adición de una función que proporcione la simulación de pozos en el software WaterCad V8i, lo que facilitaría la modelación de los sistemas de

acueductos. Además del uso del modelo, empleado en este trabajo de investigación, para planificar maniobras y realizar incorporaciones futuras al sistema.

Entre las recomendaciones para el sistema de abastecimiento propuesto están:

- Diagnóstico físico de las estructuras eléctricas en pozos y estaciones de bombeo, a fin de definir su condición y poder plantear las rehabilitaciones necesarias.
- Pese a que el estanque posee la capacidad suficiente para abastecer las demandas requeridas de la población máxima de saturación, se requiere el mantenimiento que incluye la rehabilitación de tuberías de alimentación y descarga, flotantes y válvulas.

Se propone también la rehabilitación de aquellos pozos profundos que se encuentran fuera de servicio.

Finalmente es recomendable la actualización del Plan de Desarrollo Urbano de la ciudad de Villa de Cura.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Arocha R. Simón, 1997. *Abastecimientos de Agua, Teoría y Diseño,* 3era edición, Editorial Innovación tecnológica. Caracas, 402 páginas.
- Bolinaga I. Juan, 1984. *Proyectos de Ingeniería Hidráulica,* 1era edición. Caracas 968 páginas.
- Méndez Manuel, 1995. *Tuberías a Presión en los Sistemas de Abastecimiento de Agua.* 1era edición, Publicaciones UCAB. Caracas, 400 páginas.
- Palacios R. Álvaro, 2011. *Acueducto, Cloacas y Drenajes. Criterios para el diseño hidráulico de instalaciones sanitarias en desarrollos urbanos.* 2da Edición, Publicaciones UCAB. Caracas, 232 páginas.
- Rodríguez M, Manuel A. *Tipos de válvulas, Criterios De Selección Y Pruebas A Válvulas De Relevo De Presión.* 2011. Universidad Veracruzana. México, 109 páginas.
- Acueductos, Cloacas y Drenajes, Introducción a los sistemas de abastecimiento de agua potable. Obtenido el 9 de marzo de 2015 en **https://saraemor.wordpress.com/introduccion/.**
- Instituto Nacional de Estadísticas, Densidad Poblacional. Obtenido el 30 de mayo de 2015 en **http://www.ine.gov.ve/documentos/Demografia/CensodePoblacionyVivienda/pdf/aragua.pdf.**
- Serrano Juan, *Ventosas*. Construmática. Obtenido el 25 de mayo de 2015 en **http://www.construmatica.com/archivos/28051/documentacion_tecnica/04_valvulas_y_control/05_ventosas.pdf.**
- Quiminet, Corrosión de tuberías enterradas. Obtenido el 30 de mayo de 2015 en **http://www.quiminet.com/articulos/la-corrosion-de-tuberias-enterradas-y-de-tuberias-expuestas-al-aire-14254.htm.**
- Velitchko Victor, Diseño De Acueductos Seguro Contra Fatiga Del Material En Los Transitorios Hidráulicos. Obtenido el 30 de mayo de 2015 en **http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/6serea/TRABALHOS/trabalhoD%20(2).pdf.**

11. REFERENCIAS

1. Gaceta Oficial de La República de Venezuela, No 4044 Extraordinario – Normas Sanitarias para Proyecto, Construcción, Reforma y Mantenimiento de Edificaciones. – MSAS y MINDUR (Ministerios de Sanidad y Asistencia Social y del Desarrollo Urbano), 08/09/1988.
2. Levantamiento aerofotogramétrico de la ciudad de Villa de Cura, Escala 1:5000, - Hojas T27, T28, U27, U28. – Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar, año 1975.
3. Normas para el diseño de los abastecimientos de agua. – INOS (Instituto Nacional de Obras Sanitarias), año 1975.
4. Optimización del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable Regional del Centro y la Implementación de un Sistema de Control Operacional, Capítulo P, Red de Distribución de Villa de Cura, factibilidad - TAHAL CONSULTING ENGINEERS L.T.D. – Hidrológica del Centro C.A., año 2001.
5. Plano de Desarrollo Urbano de la ciudad de Villa de Cura. – Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 2.966 Extraordinario, año 1982.
6. Plano de Zona de abastecimiento para la Red de Villa de Cura colocado sobre levantamiento aerofotogramétrico de la ciudad de Villa de Cura, Escala 1:5000, - Hojas T27, T28, U27, U28. – Hidrológica del Centro C.A., año 2001.
7. Plano segmentado de la ciudad de Villa de cura sobre levantamiento aerofotogramétrico de la ciudad de Villa de Cura, Escala 1:5000, - Hojas T27, T28, U27, U28. – Ministerio del Desarrollo Urbano, año 1992.
8. Proyecto Acueducto de Villa de Cura. – Hidrológica del Centro C.A., año 2001.
9. CENSO 2001. – Instituto Nacional de Estadísticas, año 2001.

ANEXO 1

MEDICIONES REALIZADAS POR LA EMPRESA HIDROLÓGICA

HIDROCENTRO
C.A. HIDROLOGICA DEL CENTRO
UNIDAD DE REDUCCION AGUA NO CONTABILIZADA
RIF.: G-20006027-2

Nº 000412

REPORTE DE MEDICIONES
PUNTO DE CONTROL HIDRAULICO

FECHA: 15 04 15

HORA: _____

IGO:	ACUEDUCTO: Estacion Bombeo. Tacarigua	LUGAR: Tacarigua
CRIPCION: Estacion Nacional Magdalena - Tacarigua.		

DATOS DE LA TUBERIA

RIAL: Ac	ANGULO THETA:	
ESTIMIENTO INTERNO: SI ☐ NO ☐	PERIMETRO: (mm) 1280	
RACION (cm): 2366	DIAMETRO EXTERNO (mm): 407,64	
ESOR (mm): 10	No TRANSVERSAL: 2.	
IVACION: SI ☐ NO ☒	TANQUILLA: SI ☐ NO ☒	ELEVACIÓN(msnm):
CRIPCION PTO DE PRESION:	COORDENADAS	
RVACIONES: Los Equipos 1,3,4	E _____	N _____
X-8.		

RESUMEN DE LA MEDICION

DAL MIN:	CAUDAL MAX: (l/s)	CAUDAL PROM: (l/s) 183 l/s 186
OCIDAD MIN:	VELOCIDAD MAX: (m/s)	VELOCIDAD PROM: (m/s) 1,63 m/s
SION MIN: (m.c.a.)	PRESION MAX: (m.c.a.)	PRESION PROM: (m.c.a.) 98 PSI

ICO:

NOMBRE: Jose Rebolledo

FIRMA:

RECIBIDO:

Hidrológica del Cen
Jefatura de Distribución
y Recolección Zona 1

ORIGINAL

HIDROCENTRO
C.A. HIDROLOGICA DEL CENTRO
UNIDAD DE REDUCCION AGUA NO CONTABILIZADA
RIF.: G-20008027-2

Nº 000413

REPORTE DE MEDICIONES
PUNTO DE CONTROL HIDRAULICO

FECHA: 15.04.15

HORA: _____

CODIGO:

ACUEDUCTO: Estación de Bombeo

LUGAR: El Corral

DESCRIPCION:

DATOS DE LA TUBERIA

MATERIAL: Ac

ANGULO THETA:

REVESTIMIENTO INTERNO: SI ☐ NO ☐

PERIMETRO: (mm) 1200

SEPARACION (cm):

DIAMETRO EXTERNO (mm): 457,54

ESPESOR (mm): 10

No TRANSVERSAL: 2

EXCAVACION: SI ☐ NO ☒

TANQUILLA: SI ☐ NO ☒

ELEVACIÓN(msnm):

DESCRIPCION PTO DE PRESION:

COORDENADAS

E _____ N _____

OBSERVACIONES: En los Equipo 1,3 en X-8 y el 4 en X-7

RESUMEN DE LA MEDICION

CAUDAL MIN: (l/s)	CAUDAL MAX: (l/s)	CAUDAL PROM: (l/s) 133 l/s
VELOCIDAD MIN: (m/s)	VELOCIDAD MAX: (m/s)	VELOCIDAD PROM: (m/s) 1,16 m/s
PRESION MIN: (m.c.a.)	PRESION MAX: (m.c.a.)	PRESION PROM: (m.c.a.) 90 PSI

TECNICO:

NOMBRE: Jose Rodriguez

FIRMA:

RECIBIDO:

ORIGINAL

HIDROCENTRO
C.A. HIDROLOGICA DEL CENTRO
UNIDAD DE REDUCCION AGUA NO CONTABILIZADA
RIF.: G-20008027-2

N°000414

REPORTE DE MEDICIONES
PUNTO DE CONTROL HIDRAULICO

FECHA: 15 / 04 / 15

HORA: ______

...O:	AQUEDUCTO: Estación de Bombeo	LUGAR: Tocorón.	
...RIPCION:			

DATOS DE LA TUBERIA

...RIAL: Ac	ANGULO THETA:
...ESTIMIENTO INTERNO: SI ☐ NO ☐	PERIMETRO: (mm) 1280
...RACION (cm):	DIAMETRO EXTERNO (mm): 407,54
...ESOR (mm): 10	No TRANSVERSAL: 2
...VACION: SI ☐ NO ☑	TANQUILLA: SI ☐ NO ☐ / ELEVACIÓN(msnm):
...CRIPCION PTO DE PRESION:	COORDENADAS: E ______ N ______

...ERVACIONES: Con el Equipo 1 en X-8 y 3 y 4 en X-7

RESUMEN DE LA MEDICION

...UDAL MIN: (l/s)	CAUDAL MAX: (l/s)	CAUDAL PROM: (l/s) 66 l/s
...LOCIDAD MIN: (m/s)	VELOCIDAD MAX: (m/s)	VELOCIDAD PROM: (m/s) 0,58 m/s
...ESION MIN: (m.c.a.)	PRESION MAX: (m.c.a.)	PRESION PROM: (m.c.a.)

...ECNICO:

NOMBRE: José Roberto

FIRMA:

RECIBIDO:

ORIGINAL

HIDROCENTRO
C.A. HIDROLOGICA DEL CENTRO
UNIDAD DE REDUCCION AGUA NO CONTABILIZADA
RIF.: G-20008027-2

Nº 000415

REPORTE DE MEDICIONES
PUNTO DE CONTROL HIDRAULICO

FECHA: 15/04/15

HORA:

CODIGO:	ACUEDUCTO: Estación de Bombeo	LUGAR: Tocorón
DESCRIPCION:		

DATOS DE LA TUBERIA

MATERIAL: AC	ANGULO THETA:
REVESTIMIENTO INTERNO: SI ☐ NO ☑	PERIMETRO: (mm) 1280
SEPARACION (cm):	DIAMETRO EXTERNO (mm): 407,54
ESPESOR (mm): 10	No TRANSVERSAL: 2
EXCAVACION: SI ☐ NO ☑	TANQUILLA: SI ☐ NO ☐ — ELEVACIÓN(msnm):
DESCRIPCION PTO DE PRESION:	COORDENADAS: E ___ N ___

OBSERVACIONES: Con los Ejemplos
2, 4 en el α-8 y 3 en el α-7

RESUMEN DE LA MEDICION

CAUDAL MIN: (l/s)	CAUDAL MAX: (l/s)	CAUDAL PROM: (l/s) 124 l/s
VELOCIDAD MIN: (m/s)	VELOCIDAD MAX: (m/s)	VELOCIDAD PROM: (m/s) 1,08 m/s
PRESION MIN: (m.c.a.)	PRESION MAX: (m.c.a.)	PRESION PROM: (m.c.a.)

TECNICO:

NOMBRE: José Rodríguez

FIRMA:

RECIBIDO:

ORIGINAL

HIDROCENTRO

C.A. HIDROLOGICA DEL CENTRO
UNIDAD DE REDUCCION AGUA NO CONTABILIZADA
RIF.: G-20008027-2

Nº 000416

REPORTE DE MEDICIONES
PUNTO DE CONTROL HIDRAULICO

FECHA: ___/___/___

HORA: _____

CODIGO:

ACUEDUCTO: San Francisco de Asís

LUGAR: Puente Pedregal o Val

DESCRIPCION: Carretera Nacional San Francisco Asís — Villa de La

DATOS DE LA TUBERIA

MATERIAL: Ac

ANGULO THETA:

REVESTIMIENTO INTERNO: SI ☐ NO ☐

PERIMETRO: (mm) 2420.

SEPARACION (cm):

DIAMETRO EXTERNO (mm): 744.54

ESPESOR (mm): 10

No TRANSVERSAL: 2

EXCAVACION: SI ☐ NO ☐

TANQUILLA: SI ☐ NO ☐

ELEVACIÓN(msnm):

DESCRIPCION PTO DE PRESION:

COORDENADAS

OBSERVACIONES: En los Dos Equipos en la Estación en X-8

E _____

N _____

RESUMEN DE LA MEDICION

CAUDAL MIN:	CAUDAL MAX: (l/s)	CAUDAL PROM: (l/s) 63 l/s
VELOCIDAD MIN:	VELOCIDAD MAX: (m/s)	VELOCIDAD PROM: (m/s) 0,15 M/s.
PRESION MIN: (m.c.a.)	PRESION MAX: (m.c.a.)	PRESION PROM: (m.c.a.) 31 MCA.

TECNICO: José Resurgta

NOMBRE:

FIRMA:

RECIBIDO:

ORIGINAL

HIDROCENTRO

C.A. HIDROLOGICA DEL CENTRO
UNIDAD DE REDUCCION AGUA NO CONTABILIZADA
RIF.: G-20008027-2

Nº 000417

REPORTE DE MEDICIONES
PUNTO DE CONTROL HIDRAULICO

FECHA: 15/04/15

HORA: _____

GO:	ACUEDUCTO: San Francisco Asis	LUGAR: Puerta Larga

SCRIPCION: Carretera Nacional San Francisco Asis - Villa de Cura

DATOS DE LA TUBERIA

TERIAL: Ac	ANGULO THETA:
VESTIMIENTO INTERNO: SI ☐ NO ☐	PERIMETRO: (mm) 2240.
EPARACION (cm):	DIAMETRO EXTERNO (mm): 714,2
SPESOR (mm): 10	No TRANSVERSAL: 2
XCAVACION: SI ☐ NO ☑	TANQUILLA: SI ☐ NO ☑ / ELEVACIÓN(msnm):

ESCRIPCION PTO DE PRESION:		COORDENADAS
		E _____ N _____

BSERVACIONES: Con Tres Equipos en Estacion Bombeo Tocorón

RESUMEN DE LA MEDICION

AUDAL MIN: /s)	CAUDAL MAX: (l/s)	CAUDAL PROM: (l/s) 36 l/s
ELOCIDAD MIN: /s)	VELOCIDAD MAX: (m/s)	VELOCIDAD PROM: (m/s) 0,11 m/s
RESION MIN: m.c.a.)	PRESION MAX: (m.c.a.)	PRESION PROM: (m.c.a.)

TECNICO: José Rosario

NOMBRE:

FIRMA:

RECIBIDO:

ORIGINAL

HIDROCENTRO
C.A. HIDROLOGICA DEL CENTRO
UNIDAD DE REDUCCION AGUA NO CONTABILIZADA
RIF. G-20000027-2

Nº 000418

REPORTE DE MEDICIONES
PUNTO DE CONTROL HIDRAULICO

FECHA 13 Oct 15

HORA

ACUEDUCTO: Embalse Pao Cachinche

Planta de Bombeo Mariara ... El Molino

DATOS DE LA TUBERIA

Ac	ANCHO/ESPESOR
... INTERNO SI [ ] NO [ ]	PERIMETRO (mm) 1270
	DIAMETRO EXTERNO (mm) 404,25
10	No TRANSVERSAL
SI [ ] NO [✓]	TANQUILLA SI [ ] NO [ ] ELEVACIÓN (m.s.n.m.)

... DE PRESION

COORDENADAS

E ______ N ______

OBSERVACIONES: Equipo

RESUMEN DE LA MEDICION

/	CAUDAL MAX (l/s)	CAUDAL PROM (l/s)	1028 l/s
/	VELOCIDAD MAX (m/s)	VELOCIDAD PROM (m/s)	10,17
/	PRESION MAX (m.c.a.)	PRESION PROM (m.c.a.)	183 PSI

Jose Rodriguez

RECIBIDO

Hidrológica del Centro ... Zona 1

ORIGINAL

HIDROCENTRO
C.A. HIDROLOGICA DEL CENTRO
UNIDAD DE REDUCCION AGUA NO CONTABILIZADA
RIF.: G-20008027-2

Nº 000419

REPORTE DE MEDICIONES
PUNTO DE CONTROL HIDRAULICO

FECHA: 15/04/15
HORA:

ACUEDUCTO: Estación de Bombeo Mahon[illegible] | LUGAR: Entrada E/B Mahomo

[...]PCION:

DATOS DE LA TUBERIA

[...]AL: Ac	ANGULO THETA:
[...]TIMIENTO INTERNO: SI ☐ NO ☐	PERIMETRO: (mm) 1270.
[...]ACION (cm):	DIAMETRO EXTERNO (mm): 404,25
[...]OR (mm): 9	No TRANSVERSAL: 2
[...]ACION: SI ☐ NO ☑	TANQUILLA: SI ☐ NO ☑ ; ELEVACIÓN(msnm):
[...]PCION PTO DE PRESION:	COORDENADAS: E ____ N ____

[...]VACIONES: [...] Entrado a la Estación de [...] el Pozo La Quichilla, Cedafe y SRC

RESUMEN DE LA MEDICION

[...]AL MIN:	CAUDAL MAX: (l/s)	CAUDAL PROM: (l/s) 47 l/s
[...]CIDAD MIN:	VELOCIDAD MAX: (m/s)	VELOCIDAD PROM: (m/s) 0,41 m/s
[...]ON MIN: [...]	PRESION MAX: (m.c.a.)	PRESION PROM: (m.c.a.) —

[...]ICO:

José Rosario.
NOMBRE:

FIRMA:

RECIBIDO:

HIDROCENTRO

C.A. HIDROLOGICA DEL CENTRO
UNIDAD DE REDUCCION AGUA NO CONTABILIZADA
RIF.: G-20008027-2

Nº 000420

REPORTE DE MEDICIONES
PUNTO DE CONTROL HIDRAULICO

FECHA: 15/04/15

HORA: _____

ACUEDUCTO: La Villa

LUGAR: Pozo La Estacion I

CION: Dentro de la Estacion del Mahomo.

DATOS DE LA TUBERIA

AL: Ac

ANGULO THETA:

MIENTO INTERNO: SI ☐ NO ☐

PERIMETRO: (mm) 530

ACION (cm):

DIAMETRO EXTERNO (mm): 168,7

OR (mm): 7

No TRANSVERSAL: 2

ACION: SI ☐ NO ☒

TANQUILLA: SI ☐ NO ☒

ELEVACIÓN(msnm):

PCION PTO DE PRESION:

COORDENADAS

E _____ N _____

VACIONES:
El pozo entra Tanquilla
Tanque de la Estacion el Mahomo

RESUMEN DE LA MEDICION

L MIN:	CAUDAL MAX: (l/s)	CAUDAL PROM: (l/s) 8 l/s
CIDAD MIN:	VELOCIDAD MAX: (m/s)	VELOCIDAD PROM: (m/s) 0,47 m/s
ON MIN:	PRESION MAX: (m.c.a.)	PRESION PROM: (m.c.a.)

NICO:

NOMBRE: José Rodrigues

FIRMA:

RECIBIDO:

HIDROCENTRO
C.A. HIDROLOGICA DEL CENTRO
UNIDAD DE REDUCCION AGUA NO CONTABILIZADA
RIF.: G-20008027-2

Nº 000421

REPORTE DE MEDICIONES
PUNTO DE CONTROL HIDRAULICO

FECHA: 15/04/13

HORA: _____

CODIGO:	ACUEDUCTO: La Villa	LUGAR: Pozo La Estacion II

DESCRIPCION: Punto de la Estacion de Bombeo El Mahomo.

DATOS DE LA TUBERIA

MATERIAL: Ac	ANGULO THETA:
REVESTIMIENTO INTERNO: SI ☐ NO ☐	PERIMETRO: (mm) 530
ESPESOR (cm):	DIAMETRO EXTERNO (mm): 1682
ESPESOR (mm): 7	No TRANSVERSAL: 2
EXCAVACION: SI ☐ NO ☐	TANQUILLA: SI ☐ NO ☐ / ELEVACIÓN(msnm):
DESCRIPCION PTO DE PRESION:	COORDENADAS: E _____ N _____

OBSERVACIONES: Pozo entra al Tanque de la Estacion Bombeo el Mahomo

RESUMEN DE LA MEDICION

CAUDAL MIN:	CAUDAL MAX: (l/s)	CAUDAL PROM: (l/s) 23 l/s
VELOCIDAD MIN:	VELOCIDAD MAX: (m/s)	VELOCIDAD PROM: (m/s) 1,32 m/s
PRESION MIN:	PRESION MAX: (m.c.a.)	PRESION PROM: (m.c.a.)

TECNICO: José Rodriguez
NOMBRE:

FIRMA:

RECIBIDO

HIDROCENTRO
C.A. HIDROLOGICA DEL CENTRO
UNIDAD DE REDUCCION AGUA NO CONTABILIZADA
RIF.: G-20008027-2

Nº 000422

REPORTE DE MEDICIONES
PUNTO DE CONTROL HIDRAULICO

FECHA: 15/04/15

HORA: _____

ACUEDUCTO: SRC

LUGAR: Frente Estación Santa Cruz

CION: Carretera Nacional Turmero - Santa Cruz

DATOS DE LA TUBERIA

AL: Ac

ANGULO THETA:

MIENTO INTERNO: SI ☐ NO ☐

PERIMETRO: (mm) 280

ACION (cm):

DIAMETRO EXTERNO (mm): 404,23.

OR (mm): 9

No TRANSVERSAL: 2

ACION: SI ☐ NO ☑

TANQUILLA: SI ☐ NO ☐

ELEVACIÓN(msnm):

IPCION PTO DE PRESION:

COORDENADAS

VACIONES:

E _____

N _____

RESUMEN DE LA MEDICION

K MIN:

CAUDAL MAX: (l/s)

CAUDAL PROM: (l/s) 22 l/s

DAD MIN:

VELOCIDAD MAX: (m/s)

VELOCIDAD PROM: (m/s) 0,19 m/s

ON MIN:

PRESION MAX: (m.c.a.)

PRESION PROM: (m.c.a.)

DO:

NOMBRE: José Rivero

FIRMA:

RECIBIDO:

HIDROCENTRO
C.A. HIDROLOGICA DEL CENTRO
UNIDAD DE REDUCCION AGUA NO CONTABILIZADA
RIF.: G-20008027-2

Nº 000423

REPORTE DE MEDICIONES
PUNTO DE CONTROL HIDRAULICO

FECHA: 16 / 04 / 2015

HORA: ______________

...C:	ACUEDUCTO: La Villa
	LUGAR: Pozo Calichar 01

...RIPCION:

DATOS DE LA TUBERIA

...RIAL: Ac	ANGULO THETA:
...STIMIENTO INTERNO: SI ☐ NO ☐	PERIMETRO: (mm) 680
...RACION (cm):	DIAMETRO EXTERNO (mm): ~~[illegible]~~ 216
...SOR (mm): 9	No TRANSVERSAL: 2
...MACION: SI ☐ NO ☐	TANQUILLA: SI ☐ NO ☑
	ELEVACIÓN(msnm):

...RIPCION PTO DE PRESION:		COORDENADAS
...ERVACIONES:		E ______________ N ______________

RESUMEN DE LA MEDICION

...AL MIN: /	CAUDAL MAX: (l/s) /	CAUDAL PROM: (l/s) 13 l/s
...CIDAD MIN: /	VELOCIDAD MAX: (m/s) /	VELOCIDAD PROM: (m/s) 0,45 m/s.
...ION MIN: (...a.)	PRESION MAX: (m.c.a.)	PRESION PROM: (m.c.a.) —

...NICO:

Jose Riquena

NOMBRE:

FIRMA:

RECIBIDO:

HIDROCENTRO
C.A. HIDROLOGICA DEL CENTRO
JEFATURA DE DISTRIBUCION
Y RECOLECCION ZONA I
VILLA DE CURA - CAMATAGUA
REGION ARAGUA

ORIGINAL

HIDROCENTRO

C.A. HIDROLOGICA DEL CENTRO
UNIDAD DE REDUCCION AGUA NO CONTABILIZADA
RIF.: G-20008027-2

Nº 000424

REPORTE DE MEDICIONES
PUNTO DE CONTROL HIDRAULICO

FECHA: 16 04 15

HORA: ______

ACUEDUCTO: La Villa	LUGAR: Pozo Capchari #02

...CION: Sector el Llanadero

DATOS DE LA TUBERIA

...AL: Ac	ANGULO THETA:
...MIENTO INTERNO: SI ☐ NO ☐	PERIMETRO: (mm) 520
...CION (cm):	DIAMETRO EXTERNO (mm): 165,52
...R (mm): 7	No TRANSVERSAL: 2
...CION: SI ☐ NO ☑	TANQUILLA: SI ☐ NO ☑ / ELEVACION msnm:

...PCION PTO DE PRESION:

COORDENADAS

E ______ N ______

...ACIONES: ...enadero

RESUMEN DE LA MEDICION

...MIN: /	CAUDAL MAX: (l/s) /	CAUDAL PROM: (l/s) 14 l/s
...D MIN: /	VELOCIDAD MAX: (m/s)	VELOCIDAD PROM: (m/s) 0,29 m/s
...MIN: /	PRESION MAX: (m.c.a.)	PRESION PROM: (m.c.a.) —

NOMBRE: ______

FIRMA: ______

RECIBIDO: ______

HIDROCENTRO
C.A. HIDROLOGICA DEL CENTRO
JEFATURA DE DISTRIBUCION
Y RECOLECCION ZONA I
VILLA DE CURA - CAMATAGUA
SAN SEBASTIAN

HIDROCENTRO

C.A. HIDROLOGICA DEL CENTRO
UNIDAD DE REDUCCION AGUA NO CONTABILIZADA
RIF.: G-20008027-2

Nº 000425

REPORTE DE MEDICIONES
PUNTO DE CONTROL HIDRAULICO

FECHA: 16/04/15

HORA: _____

DIGO:	ACUEDUCTO La Villa	LUGAR: Pozo Colectivo # 2B.	
SCRIPCION:	El Hormiguero.		

DATOS DE LA TUBERIA

TERIAL:	Ac	ANGULO THETA:	
ESTIMIENTO INTERNO:	SI ☐ NO ☐	PERIMETRO: (mm)	520
PARACION (cm):		DIAMETRO EXTERNO (mm):	165,52
ESOR (mm):	7	No TRANSVERSAL:	2
VACION:	SI ☐ NO ☐	TANQUILLA: SI ☐ NO ☐	ELEVACIÓN(msnm):
CRIPCION PTO DE PRESION:		COORDENADAS	
ERVACIONES:		E _____	N _____

RESUMEN DE LA MEDICION

AL MIN:	/	CAUDAL MAX: (l/s)	/
CIDAD MIN:	/	VELOCIDAD MAX: (m/s)	/
ON MIN:	/	PRESION MAX: (m.c.a.)	

		CAUDAL PROM: (l/s)	7 l/s
		VELOCIDAD PROM: (m/s)	0,43 m/s
		PRESION PROM: (m.c.a.)	

NOMBRE: Jose Jaimes

FIRMA:

RECIBIDO:

HIDROCENTRO
C.A. HIDROLOGICA DEL CENTRO
JEFATURA DE DISTRIBUCION
Y RECOLECCION ZONA I
VILLA DE CURA - GUACARA
SECCION ARAGUA

HIDROCENTRO
C.A. HIDROLOGICA DEL CENTRO
UNIDAD DE REDUCCION AGUA NO CONTABILIZADA
RIF.: G-20008027-2

Nº 000426

REPORTE DE MEDICIONES
PUNTO DE CONTROL HIDRAULICO

FECHA 16 04 15

HORA ______

...GO:	ACUEDUCTO: La Villa.	LUGAR: Pozo Cabuchay #03
...RIPCION: Av. Las Industrias		

DATOS DE LA TUBERIA

...ERIAL: Ac	ANGULO THETA:
...ESTIMIENTO INTERNO: SI ☐ NO ☐	PERIMETRO (mm): 360
...PACION (cm):	DIAMETRO EXTERNO (mm): 114
...ESOR (mm): 7	No TRANSVERSAL: 2
...ACION: SI ☐ NO ☐	TANQUILLA: SI ☐ NO ☐ — ELEVACION (msnm):
...RIPCION PTO DE PRESION:	COORDENADAS E ______ N ______
...ERVACIONES:	

RESUMEN DE LA MEDICION

...AL MIN:	CAUDAL MAX: (l/s)	CAUDAL PROM (l/s): 7 l/s
...IDAD MIN:	VELOCIDAD MAX: (m/s)	VELOCIDAD PROM (m/s): 101 m/s
...ION MIN:	PRESION MAX: (m.c.a.)	PRESION PROM (m.c.a.): —

...ICO:
NOMBRE: José Pedrinos

FIRMA:

RECIBIDO:

HIDROCENTRO
C.A. HIDROLOGICA DEL CENTRO
JEFATURA DE DISTRIBUCION
Y RECOLECCION ZONA I
[illegible]

HIDROCENTRO

C.A. HIDROLOGICA DEL CENTRO
UNIDAD DE REDUCCION AGUA NO CONTABILIZADA
RIF.: G-20008027-2

Nº 000427

REPORTE DE MEDICIONES
PUNTO DE CONTROL HIDRAULICO

FECHA: 16 01 15

HORA:

	ACUEDUCTO: La Valle	LUGAR: Pozo Mercedes #1
SCRIPCION:	Callejón Victoria Sector las Mercedes.	

DATOS DE LA TUBERIA

ERIAL: Ac	ANGULO THETA:
STIMIENTO INTERNO: SI ☐ NO ☒	PERIMETRO: (mm) 680
RACION (cm):	DIAMETRO EXTERNO (mm): 216
SOR (mm): 9	No TRANSVERSAL: 2
VACION: SI ☐ NO ☒	TANQUILLA: SI ☐ NO ☒ ELEVACION STT:
CRIPCION PTO DE PRESION:	COORDENADAS
ERVACIONES:	E _____ N _____

RESUMEN DE LA MEDICION

DAL MIN:	CAUDAL MAX: (l/s)	CAUDAL PROM: (l/s) 19 l/s
OCIDAD MIN:	VELOCIDAD MAX: (m/s)	VELOCIDAD PROM: (m/s) 0,65 m/s
SION MIN: (m.c.a.)	PRESION MAX: (m.c.a.)	PRESION PROM: (m.c.a.) ———

TECNICO:

NOMBRE:

FIRMA:

RECIBIDO:

HIDROCENTRO
C.A. HIDROLOGICA DEL CENTRO
JEFATURA DE DISTRIBUCION
Y RECOLECCION ZONA I
VILLA DE CURA - CAMATAGUA
ARAGUA

HIDROCENTRO

C.A. HIDROLOGICA DEL CENTRO
UNIDAD DE REDUCCION AGUA NO CONTABILIZADA
RIF.: G-20008027-2

Nº 000428

REPORTE DE MEDICIONES
PUNTO DE CONTROL HIDRAULICO

FECHA: 16/04/15

HORA: ______

...O:	ACUEDUCTO: La Villa	LUGAR: Pozo Mercedas #02
...RIPCION: Callejón 6 Las Marcelas		

DATOS DE LA TUBERIA

...IAL: AC	ANGULO THETA:
...TIMIENTO INTERNO: SI ☐ NO ☑	PERIMETRO: (mm) 520
...ACION (cm):	DIAMETRO EXTERNO (mm): 165,52
...OR (mm): 7	No TRANSVERSAL: 2
...ACION: SI ☐ NO ☑	TANQUILLA: SI ☐ NO ☑ — ELEVACIÓN(msnm):
...IPCION PTO DE PRESION:	COORDENADAS: E ______ N ______
...VACIONES:	

RESUMEN DE LA MEDICION

... MIN:	CAUDAL MAX: (l/s)	CAUDAL PROM: (l/s) 9 l/s
...DAD MIN:	VELOCIDAD MAX: (m/s)	VELOCIDAD PROM: (m/s) 0,59 m/s
...N MIN:	PRESION MAX: (m.c.a.)	PRESION PROM: (m.c.a.) —

...O:

NOMBRE: Jose Ledezma

FIRMA:

RECIBIDO:

HIDROCENTRO
C.A. HIDROLOGICA DEL CENTRO
JEFATURA DE DISTRIBUCION
Y RECOLECCION ZONA I

HIDROCENTRO
C.A. HIDROLOGICA DEL CENTRO
UNIDAD DE REDUCCION AGUA NO CONTABILIZADA
RIF.: G-20008027-2

Nº 000429

REPORTE DE MEDICIONES
PUNTO DE CONTROL HIDRAULICO

FECHA: 15 04 15

HORA: ______

...GO:	ACUEDUCTO: La Villa	LUGAR: Pozo. Brisas de la Mercedes
...RIPCION: Al Lado del Ambulatorio		

DATOS DE LA TUBERIA

...ERIAL: Ac	ANGULO THETA:
...ESTIMIENTO INTERNO: SI ☐ NO ☐	PERIMETRO: (mm) 360
...RACION (cm):	DIAMETRO EXTERNO (mm): 114
...ESOR (mm): 7	No TRANSVERSAL: 2
...VACION: SI ☐ NO ☑	TANQUILLA: SI ☐ NO ☑ — ELEVACIÓN(msnm):
...RIPCION PTO DE PRESION:	COORDENADAS: E ______ N ______
...ERVACIONES:	

RESUMEN DE LA MEDICION

...AL MIN:	CAUDAL MAX: (l/s)	CAUDAL PROM: (l/s) 4.
...CIDAD MIN:	VELOCIDAD MAX: (m/s)	VELOCIDAD PROM: (m/s) 0,59
...SION MIN: (...)	PRESION MAX: (m.c.a.)	PRESION PROM: (m.c.a.)

...ICO:

NOMBRE: Jose Rodriguez

FIRMA:

RECIBIDO:

HIDROCENTRO
C.A. HIDROLOGICA DEL CENTRO
JEFATURA DE DISTRIBUCION
Y RECOLECCION ZONA I
VILLA DE CURA - CAMATAGUA
REGION ARAGUA

HIDROCENTRO

C.A. HIDROLOGICA DEL CENTRO
UNIDAD DE REDUCCION AGUA NO CONTABILIZADA
RIF.: G-20008027-2

Nº 000430

REPORTE DE MEDICIONES
PUNTO DE CONTROL HIDRAULICO

FECHA: 16/04/15

HORA: _____

O:	ACUEDUCTO: La Villa	LUGAR: Pozo Mercedes #04	
PCION: Calle sor 2 de las Mercedes.			

DATOS DE LA TUBERIA

RIAL: AC	ANGULO THETA:		
STIMIENTO INTERNO: SI ☐ NO ☑	PERIMETRO: (mm) 520		
RACION (cm):	DIAMETRO EXTERNO (mm): 165,52		
SOR (mm): 9	No TRANSVERSAL: 2		
LACION: SI ☐ NO ☑	TANQUILLA: SI ☐ NO ☑	ELEVACIÓN(msnm):	
CRIPCION PTO DE PRESION:		COORDENADAS	
ERVACIONES:		E _____	N _____

RESUMEN DE LA MEDICION

AL MIN:	CAUDAL MAX: (l/s)	CAUDAL PROM: (l/s) 16 l/s.
CIDAD MIN:	VELOCIDAD MAX: (m/s)	VELOCIDAD PROM: (m/s) 1,16 m/s
ION MIN:	PRESION MAX: (m.c.a.)	PRESION PROM: (m.c.a.) —

PICO: José Rodríguez

NOMBRE:

FIRMA:

RECIBIDO HIDROCENTRO
C.A. HIDROLOGICA DEL CENTRO
JEFATURA DE DISTRIBUCION
Y RECOLECCION ZONA I
VILLA DE CURA - CARACTERIN
[illegible]

COPIA

HIDROCENTRO

C.A. HIDROLOGICA DEL CENTRO
UNIDAD DE REDUCCION AGUA NO CONTABILIZADA
RIF.: G-20008027-2

Nº 000431

REPORTE DE MEDICIONES
PUNTO DE CONTROL HIDRAULICO

FECHA: 16/07/15

HORA: _____

NGO: | ACUEDUCTO: La Villa | UGAR: Pozo Toquito #01

SCRIPCION: Calle Dr. Roncal. La Represa.

DATOS DE LA TUBERIA

ERIAL: Ac	ANGULO THETA:
ESTIMIENTO INTERNO: SI ☐ NO ☒	PERIMETRO: (mm) 360
ARACION (cm):	DIAMETRO EXTERNO (mm): 114
ESOR (mm): 7	No TRANSVERSAL: 2
AVACION: SI ☐ NO ☐	TANQUILLA: SI ☐ NO ☒ / ELEVACIÓN(msnm):
CRIPCION PTO DE PRESION:	COORDENADAS
ERVACIONES:	E _____ N _____

RESUMEN DE LA MEDICION

DAL MIN:	CAUDAL MAX: (l/s)	CAUDAL PROM: (l/s) 7,74 l/s
OCIDAD MIN:	VELOCIDAD MAX: (m/s)	VELOCIDAD PROM: (m/s) 0,927 m/s
SION MIN: a)	PRESION MAX: (m.c.a.)	PRESION PROM: (m.c.a.) —

NICO: José Pedroza

NOMBRE

FIRMA:

RECIBIDO:

HIDROCENTRO
C.A. HIDROLOGICA DEL CENTRO
JEFATURA DE DISTRIBUCION
Y RECOLECCION ZONA I
VILLA DE CURÁ - CAMATAGUA
REGION ANDINA

HIDROCENTRO
C.A. HIDROLOGICA DEL CENTRO
UNIDAD DE REDUCCION AGUA NO CONTABILIZADA
RIF.: G-20008027-2

Nº 000432

REPORTE DE MEDICIONES
PUNTO DE CONTROL HIDRAULICO

FECHA: 16/04/15

HORA: _____

ACUEDUCTO: La Villa

LUGAR: Pozo Represa #02

CRIPCION: Complejo deportivo Liceo Alberto Smith.

DATOS DE LA TUBERIA

PAL: AC	ANGULO THETA:
E MIENTO INTERNO: SI ☐ NO ☑	PERIMETRO: (mm) 360
ACION (cm):	DIAMETRO EXTERNO (mm): 114
SOR (mm): 7	No TRANSVERSAL: 2
ACION: SI ☐ NO ☐	TANQUILLA: SI ☐ NO ☑ / ELEVACIÓN(msnm):
CRIPCION PTO DE PRESION:	COORDENADAS
VACIONES:	E _____ N _____

RESUMEN DE LA MEDICION

L MIN:	CAUDAL MAX: (l/s)	CAUDAL PROM: (l/s) 8 l/s
DAD MIN:	VELOCIDAD MAX: (m/s)	VELOCIDAD PROM: (m/s) 1,08
ON MIN:	PRESION MAX: (m.c.a.)	PRESION PROM: (m.c.a.)

NOMBRE: Jose Rodriguez.

FIRMA: _____

RECIBIDO: _____

HIDROCENTRO
C.A. HIDROLOGICA DEL CENTRO
JEFATURA DE DISTRIBUCION
Y RECOLECCION ZONA I
VILLA DEL CURA - GUACATACUA
REGION ARAGUA

HIDROCENTRO

C.A. HIDROLOGICA DEL CENTRO
UNIDAD DE REDUCCION AGUA NO CONTABILIZADA
RIF.: G-20008027-2

Nº 000433

REPORTE DE MEDICIONES
PUNTO DE CONTROL HIDRAULICO

FECHA: 16/04/15

HORA: ______

ACUEDUCTO: La Villa

LUGAR: Pozo Leopold lo Tosta

ON:

DATOS DE LA TUBERIA

Ac	ANGULO THETA:
ENTO INTERNO: SI ☐ NO ☑	PERIMETRO: (mm) 360
N (cm):	DIAMETRO EXTERNO (mm): 114
mm): 7	No TRANSVERSAL: 2
N: SI ☐ NO ☐	TANQUILLA: SI ☐ NO ☑ — ELEVACIÓN(msnm):

ON PTO DE PRESION:

COORDENADAS

ONES:

E ______ N ______

RESUMEN DE LA MEDICION

	CAUDAL MAX: (l/s)	CAUDAL PROM: (l/s) 8,3 l/s
IN:	VELOCIDAD MAX: (m/s)	VELOCIDAD PROM: (m/s) 1,04 m/s
	PRESION MAX: (m.c.a.)	PRESION PROM: (m.c.a.) —

NOMBRE: Jose Resvern

FIRMA:

RECIBIDO:

HIDROCENTRO
C.A. HIDROLOGICA DEL CENTRO
JEFATURA DE DISTRIBUCION
Y RECOLECCION ZONA I
VILLA DE CURA - GUAMATAPE
REGION ARAGUA

HIDROCENTRO
C.A. HIDROLOGICA DEL CENTRO
UNIDAD DE REDUCCION AGUA NO CONTABILIZADA
RIF.: G-20008027-2

Nº 000434

REPORTE DE MEDICIONES
PUNTO DE CONTROL HIDRAULICO

FECHA: 16/04/15

HORA: _____

ACUEDUCTO: La Villa	LUGAR: Pozo Antiguo de Roja
UBICACION: Calle Dr. Morales Escuela Antigua de Roja	

DATOS DE LA TUBERIA

L: Ac	ANGULO THETA:
MIENTO INTERNO: SI ☐ NO ☐	PERIMETRO: (mm) 360
ON (cm):	DIAMETRO EXTERNO (mm): 114
(mm): 7	No TRANSVERSAL: 2
ON: SI ☐ NO ☐	TANQUILLA: SI ☐ NO ☒ / ELEVACIÓN(msnm):
ON PTO DE PRESION:	COORDENADAS
CIONES:	E _____ N _____

RESUMEN DE LA MEDICION

N	CAUDAL MAX: (l/s)	CAUDAL PROM: (l/s) 6,24 l/s
MIN:	VELOCIDAD MAX: (m/s)	VELOCIDAD PROM: (m/s) 0,78 m/s
N:	PRESION MAX: (m.c.a.)	PRESION PROM: (m.c.a.)

NOMBRE: Jose Quintero

FIRMA:

RECIBIDO:

HIDROCENTRO
C.A. HIDROLOGICA DEL CENTRO
JEFATURA DE DISTRIBUCION
Y RECOLECCION ZONA I
VILLA DE CURÁ - CAMATAGUA
REGION ARAGUA

ANEXO 2

INFORMACIÓN DE LAS BOMAS

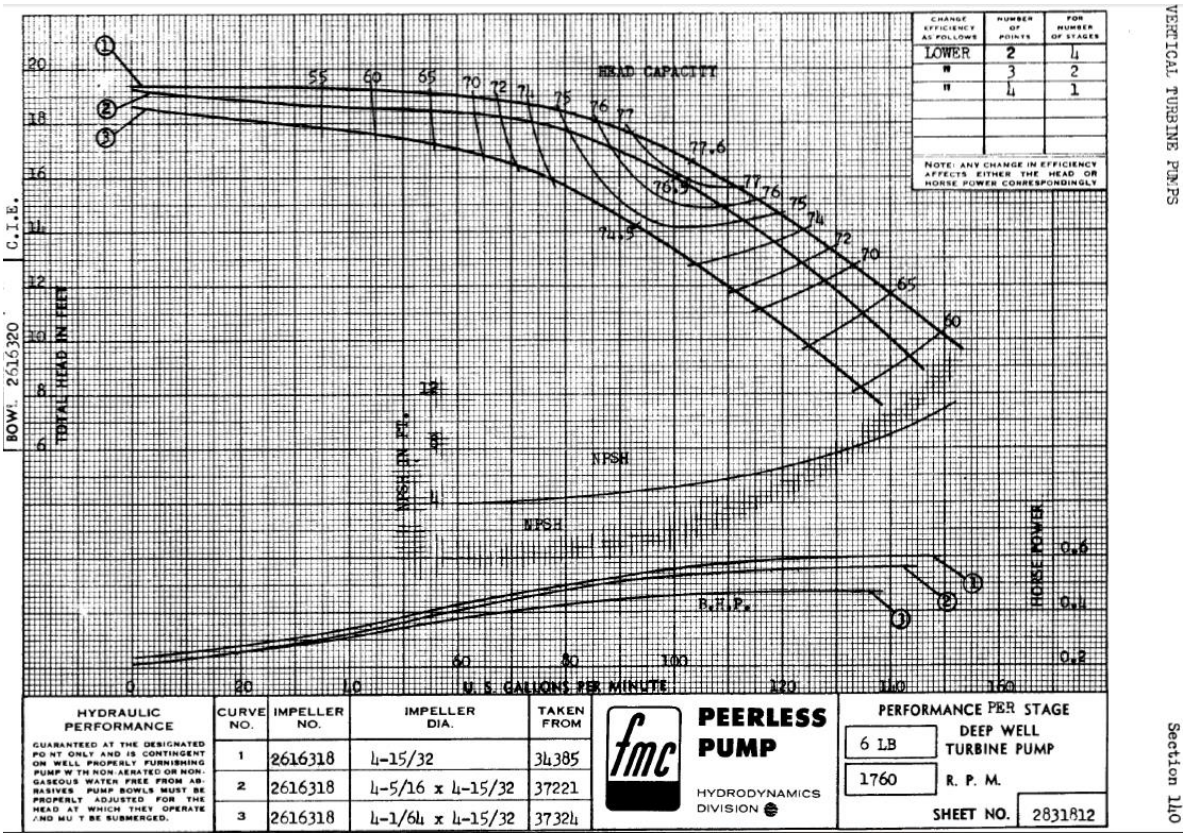
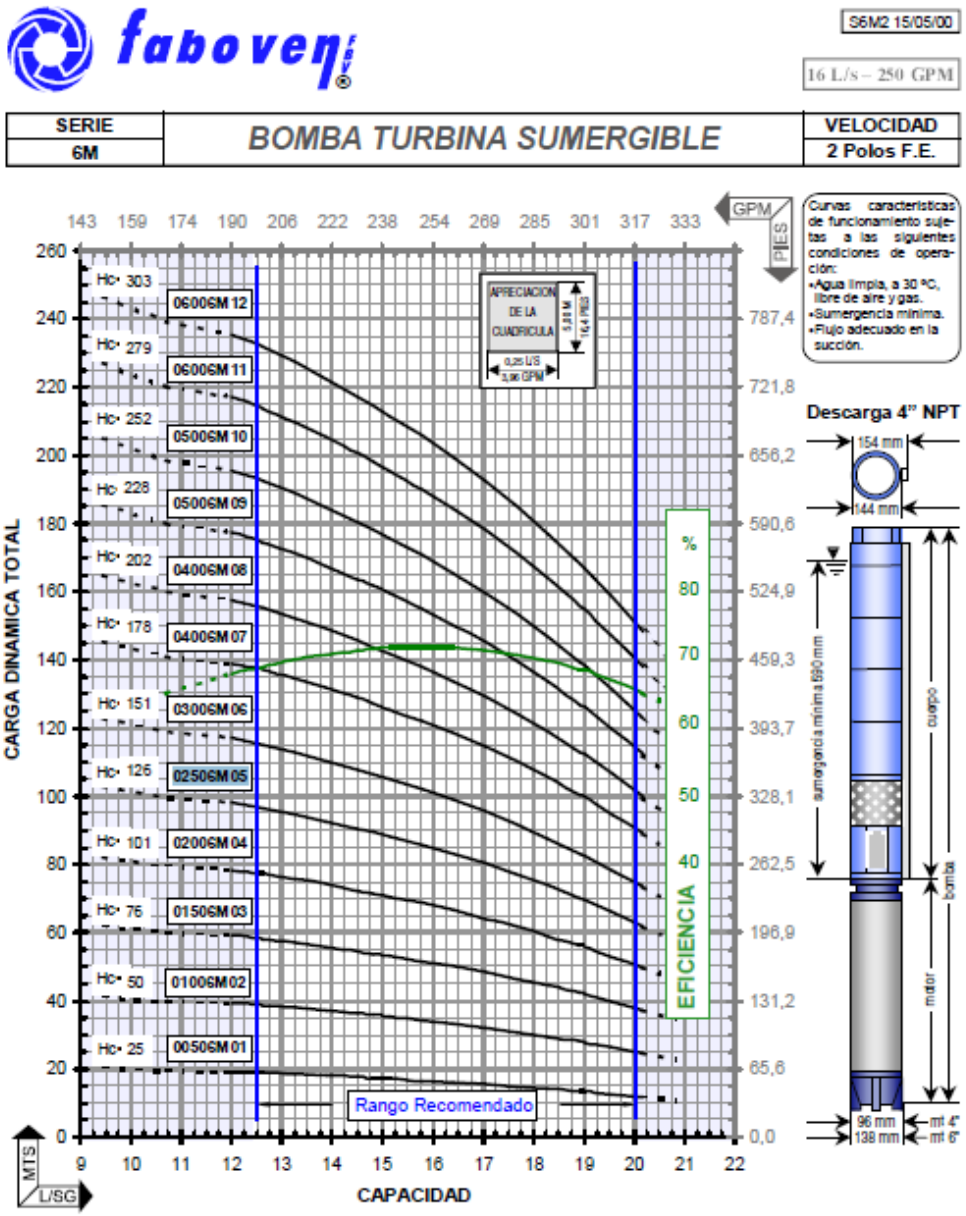


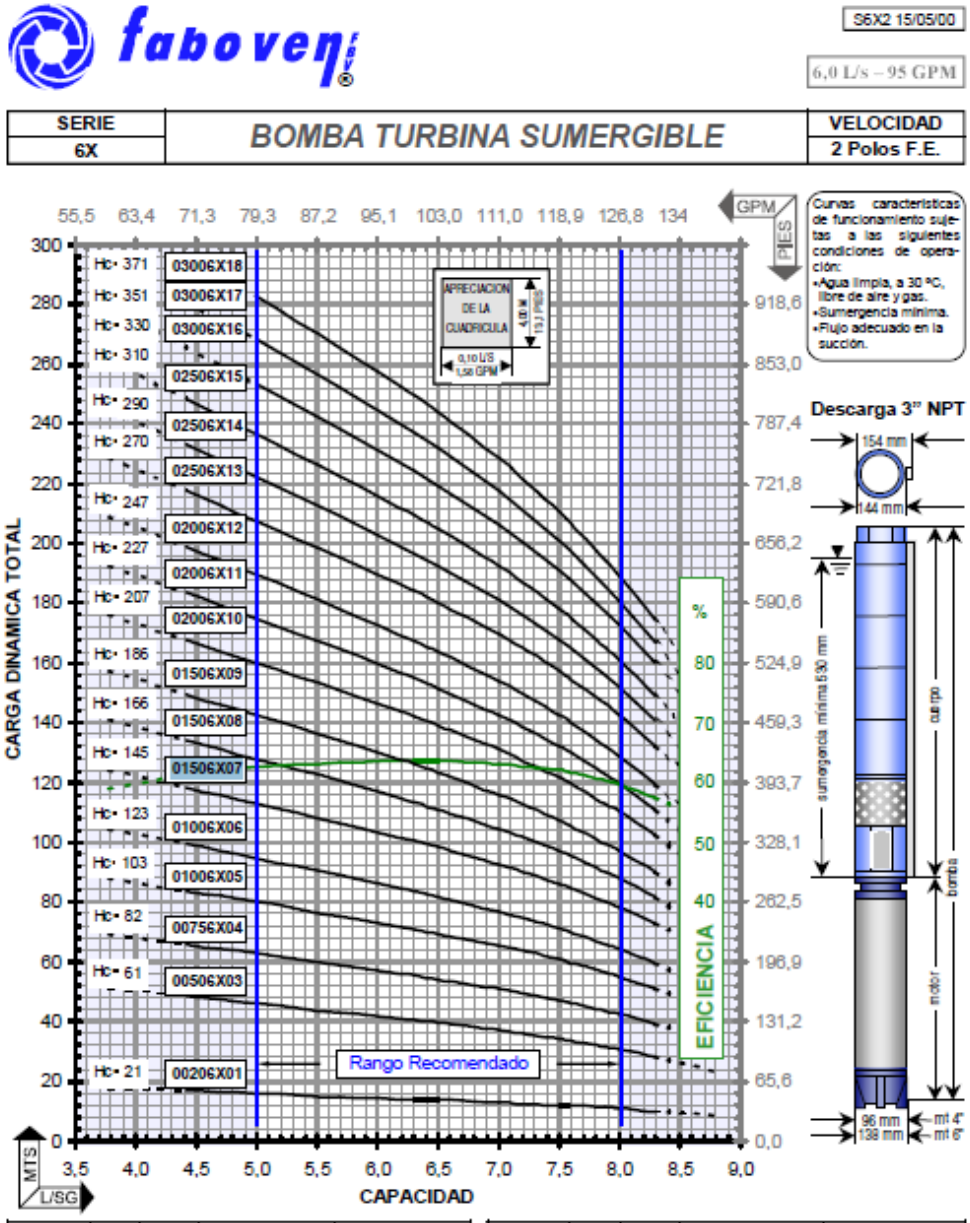
Figura 1.- Curva Característica de Bombas Peerles 6LB para pozos Aristides Rojas, Calichal I, Calichal II-B, Calichal III, Las Mercedes II y Residencias Médicas en la actualidad.



MODELO	HP	ETAPAS	PESO (kg)		LARGO (mm)	
			BOMBA	CUERPO	BOMBA	CUERPO
00606M01	5,0	1	49,3	27,0	1.082	518
01006M02	10,0	2	89,2	36,5	1.353	709
01506M03	15,0	3	105,0	46,4	1.565	855
02006M04	20,0	4	122,2	56,3	1.777	1.001
02506M05	25,0	5	137,1	66,2	1.987	1.147
03006M06	30,0	6	155,2	76,1	2.199	1.293
04006M07	40,0	7	179,6	86,0	2.474	1.439

MODELO	HP	ETAPAS	PESO (kg)		LARGO (mm)	
			BOMBA	CUERPO	BOMBA	CUERPO
04006M08	40,0	8	189,5	95,9	2.620	1.585
05006M09	50,0	9	244,0	105,8	3.135	1.731
06006M10	50,0	10	253,9	115,7	3.281	1.877
06006M11	60,0	11	277,4	125,6	3.580	2.023
06006M12	60,0	12	287,3	135,5	3.726	2.169

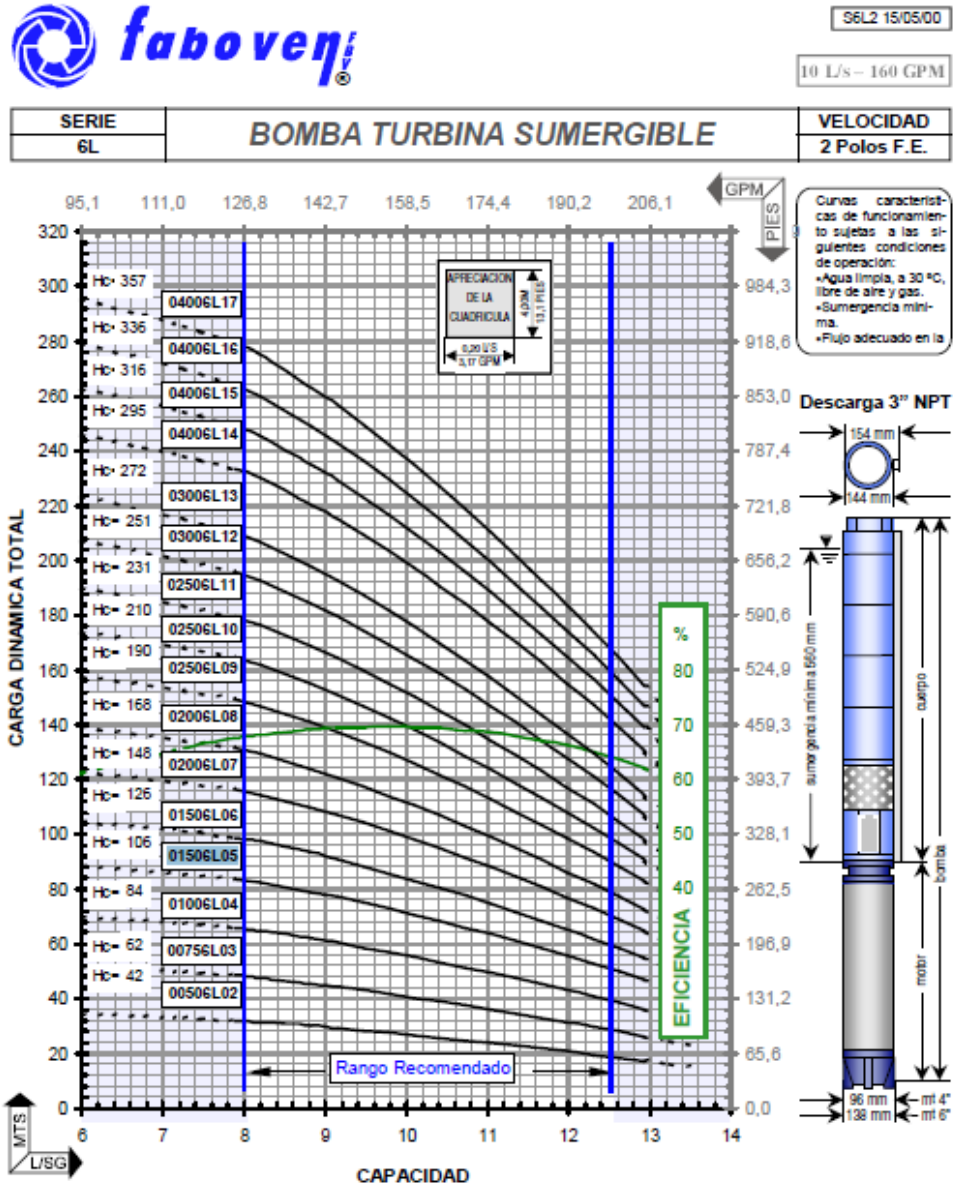
Figura 2.- Curva Característica de Bomba FABOVEN 2506M05 para pozo Calichal II, Las Mercedes I, Las Mercedes III, Guayabal Ambiente y Guayabal Vivienda en la actualidad y propuesta de pozo Calichal I.



MODELO	HP	ETAPAS	PESO (kg)		LARGO (mm)	
			BOMBA	CUERPO	BOMBA	CUERPO
00206X01	2,0	1	35,3	22,1	790	444
00606X03	5,0	3	59,4	37,0	1.192	628
00756X04	7,5	4	73,8	44,7	1.436	720
01006X05	10,	5	106,3	53,6	1.487	842
01006X06	10,	6	113,8	61,1	1.579	934
01506X08	15,	8	134,8	76,2	1.829	1.118
01506X09	15,	9	142,3	83,7	1.921	1.210

MODELO	HP	ETAPAS	PESO (kg)		LARGO (mm)	
			BOMBA	CUERPO	BOMBA	CUERPO
02006X10	20,0	10	157,2	91,3	2.079	1.302
02006X11	20,0	11	164,7	98,8	2.171	1.394
02006X12	20,0	12	172,3	106,4	2.263	1.486
02606X14	25,0	14	192,4	121,5	2.511	1.670
02606X16	25,0	15	199,9	129,0	2.603	1.762
03006X17	30,0	17	223,2	144,1	2.853	1.946
03006X18	30,0	18	230,7	151,6	2.945	2.038

Figura 3.- Curva Característica de Bomba FABOVEN 1506X07 para propuesta de pozo Calichal II-B y Calichal III.



MODELO	HP	ETAPAS	PESO (kg)		LARGO (mm)	
			BOMBA	CUERPO	BOMBA	CUERPO
00606L02	5,0	2	53,8	31,5	1.129	565
00756L03	7,5	3	69,0	40,0	1.390	673
01006L04	10,0	4	102,1	49,4	1.458	813
01506L06	15,0	5	116,5	57,9	1.632	921
01506L06	15,0	6	125,0	66,4	1.740	1.029
02006L07	20,0	7	140,8	74,9	1.914	1.137
02006L08	20,0	8	149,2	83,3	2.222	1.245

MODELO	HP	ETAPAS	PESO (kg)		LARGO (mm)	
			BOMBA	CUERPO	BOMBA	CUERPO
02506L09	25,0	9	162,7	91,8	2.194	1.353
02506L10	25,0	10	171,2	100,3	2.302	1.461
02506L11	25,0	11	179,7	108,8	2.410	1.569
03006L12	30,0	12	196,4	117,3	2.584	1.677
03006L13	30,0	13	204,8	125,7	2.692	1.785
04006L16	40,0	15	236,3	142,7	3.037	2.000
04006L17	40,0	17	253,3	159,7	3.253	2.216

Figura 4.- Curva Característica de Bomba FABOVEN 1506L05 para propuesta de pozo Las Mercedes II

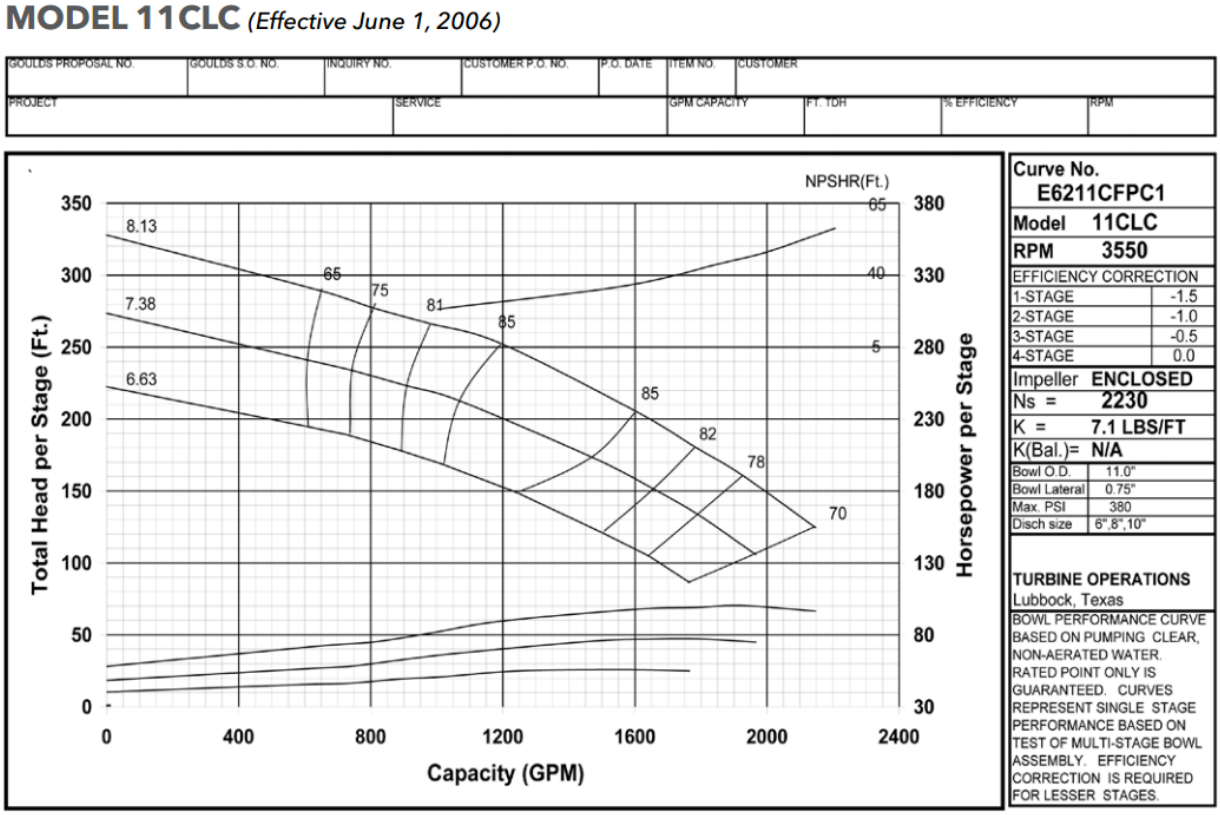


Figura 5.- Curva Característica de Bomba Goulds Pumps 11CLC para equipos en la estación de bombeo Tocorón actualmente. Esta curva tambien es la característica para propuestas de rebombeo en la linea de Tocorón, asi como para propuesta de sustitución de equipos en la estación de bombeo.

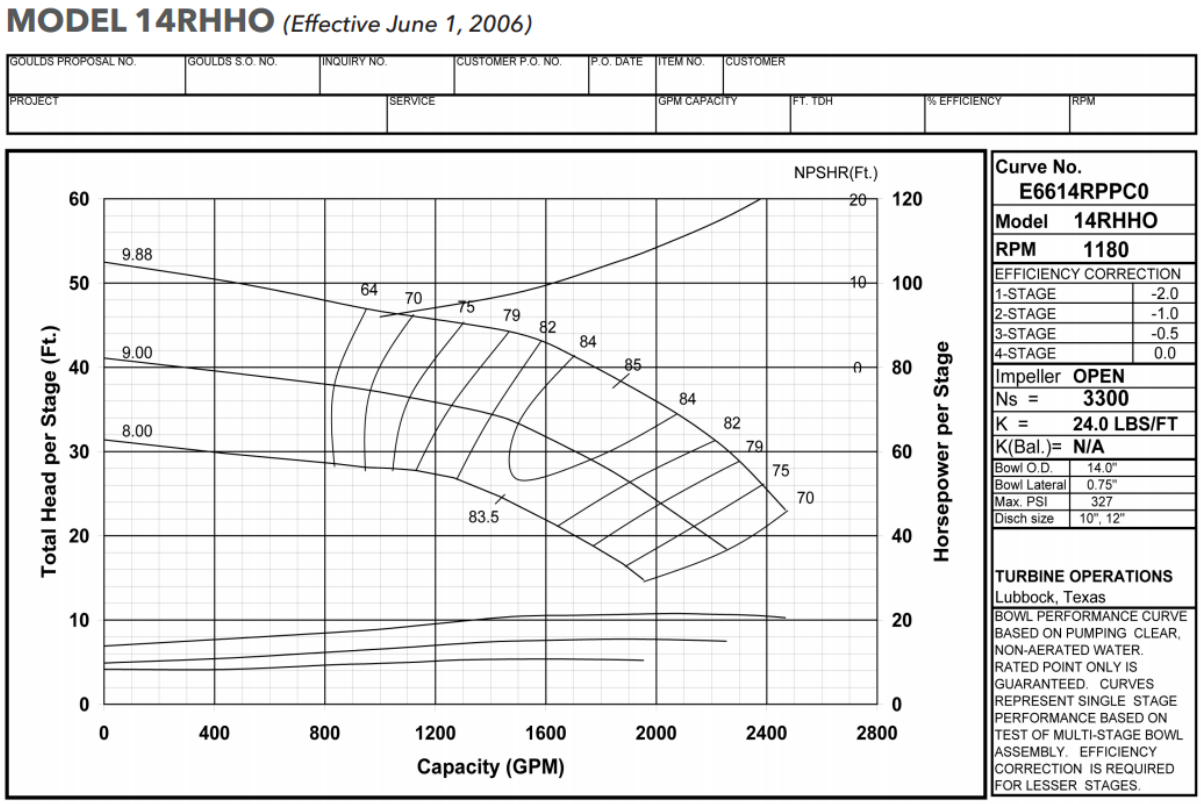


Figura 6.- Curva Característica de Bomba Goulds Pumps RHHO para propuesta de rebombeo en la linea existente que va a Los Colorados, asi como en propuesta de rebombeo a linea nueva a Los Colorados.

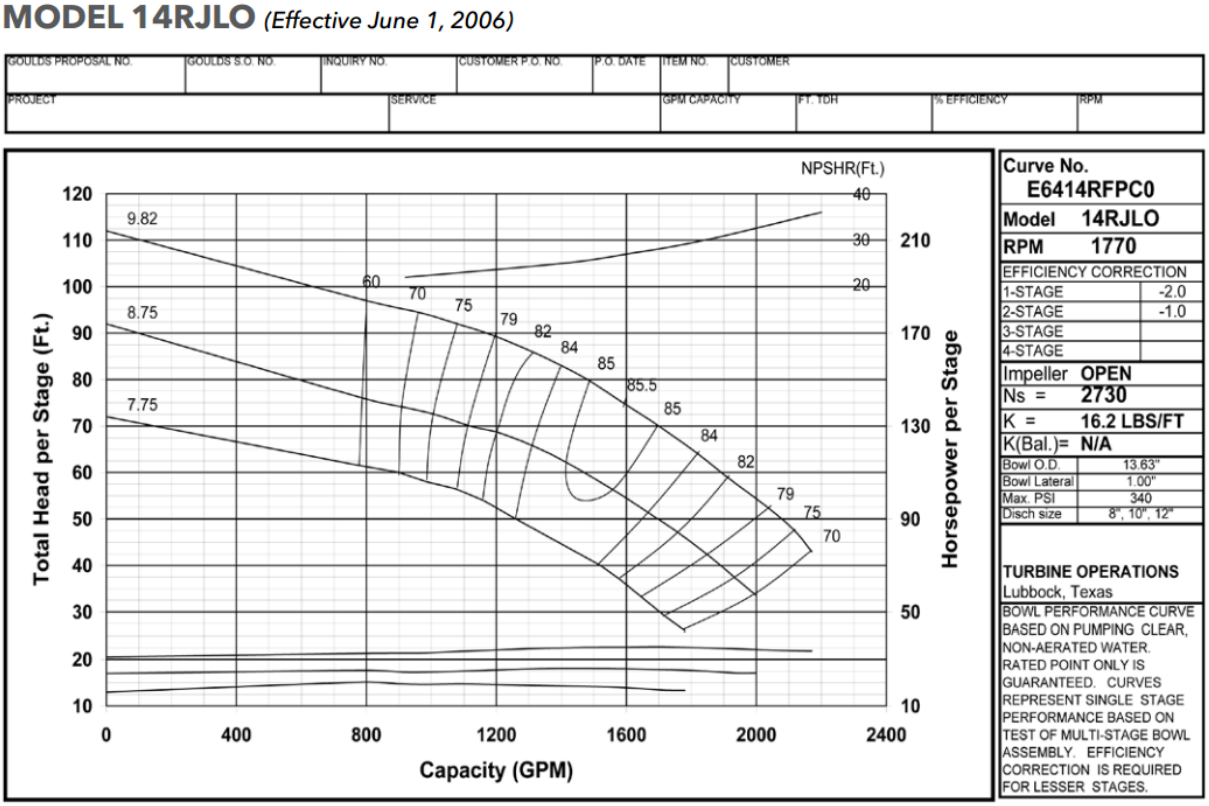


Figura 7.- Curva Característica de Bomba Goulds Pumps 14RJLO para rebombeo en linea El Mahomo.

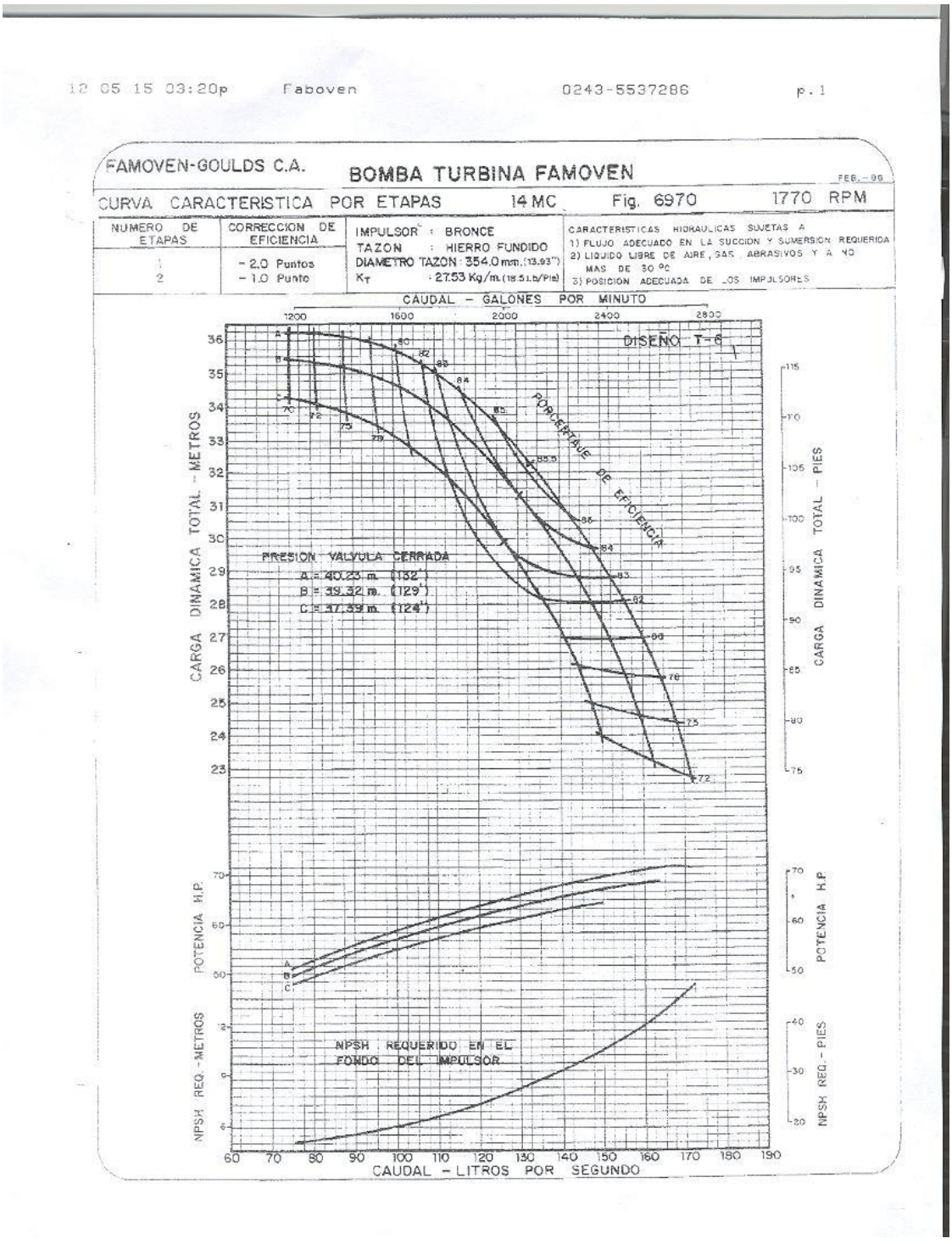


Figura 8.- Curva Característica de Bomba FABOVEN 14MC para estación de bombeo El Mahomo.

ANEXO 3

REPORTE FOTOGRÁFICO

Foto N° 1. – Estanque Sanabria Méndez.

Foto N° 2. – Estación de Rebombeo El Mahomo.

Foto N° 3. – Tanquilla de Estación de Rebombeo El Mahomo.

Foto N° 4. - – Estación de Rebombeo Tocorón

Foto N° 5. – Tanquilla Estación de Rebombeo Tocorón

Foto N° 6. – Pozo Calichal I

Foto N° 7. – Pozo Calichal II

Foto N° 8.- Pozo Estación II

Foto N° 9. – Pozo Estación I

Foto N° 10. – Llenadero de Camiones Cistena y Pozo Calichal II-B

Foto N° 11. – Camiones en espera para el llenadero

Foto N° 12. – Equipos de Bombeo de la Estación El Mahomo

Foto N° 13. – Equipos de Bombeo de la Estación Tocorón.

Foto N° 14. – Pruebas de ultrasonido para tuberías

Foto N° 15. – Toma de medición en la Estación El Mahomo.

ANEXO 4

PLANOS

Universidad Católica Andrés Bello

ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE ADUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE ENLA CIUDAD DE VILLA DE CURA, ESTADO ARAGUA

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

PLANTA DE ÁREAS NODALES

Autores:	Briceño Daniel Pellegrino Francesco	Serie:	1 de 4
		Hoja:	1 de 1
Tutor:	Ing. Magalhaes F. José B.	Fecha:	15/06/2015
Jurados:	Ing. Griffin Carlos Ing. Bausson Norberto	Escala:	1:10.000

E/B Mahomo

E/B Tocorón

Calichal 2

Calichal 2B

Calichal 3

Guayabal 1 y 2

Calichal 1

Estanque
Sanabria Méndez
CAP.: 2.700 m^3

Mercedes 2

Mercedes 1

Arístides Rojas

Residencias Médicas

Universidad Católica Andrés Bello

ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE ADUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE ENLA CIUDAD DE VILLA DE CURA, ESTADO ARAGUA

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

Autores:	Briceño Daniel Pellegrino Francesco	Serie:	2 de 4
		Hoja:	1 de 1
Tutor:	Ing. Magalhaes F. José B.	Fecha:	15/06/2015
Jurados:	Ing. Griffin Carlos Ing. Bausson Norberto	Escala:	1:10.000

Notas:

- Las tuberías indicadas no representan la totalidad de las redes del sistema Solo se han incluido aquellas que permitan evaluar su funcionamiento.
- La información y origen de las tuberías y de la infraestructura fue tomada de:

Plano de zonas de abastecimiento Villa de Cura, ESC 1:5000, Acueducto de Villa de Cura. Unidad PRANC Enero 2001

Información suministrada directamente por el personal de Hidrocentro

POZOS EN FUNCIONAMIENTO

TUBERÍA FUERA DE SERVICIO

ADUCCIONES

- ADUCCIÓN MAGDALENO - VILLA DE CURA DIÁMETRO 750 mm ACERO
- ADUCCIÓN SAN JOAQUIN DE GUERE - VILLA DE CURA DIÁMETRO 400 mm ACERO

DISTRIBUCIÓN

- DIÁMETRO 400 mm ACERO
- DIÁMETRO 300 mm ASBESTO CEMENTO
- DIÁMETRO 300 mm HIERRO FUNDIDO
- DIÁMETRO 250 mm ACERO
- DIÁMETRO 200 mm HIERRO FUNDIDO
- DIÁMETRO 150 mm HIERRO FUNDIDO
- DIÁMETRO 100 mm HIERRO FUNDIDO
- DIÁMETRO 100 mm ASBESTO CEMENTO

E/B Mahomo

E. de Rebombeo

Estanque
Sanabria Méndez
CAP.: 2.700 m³

Calichal 2B

Calichal 2

E. de Rebombeo

Calichal 3

E/B Tocorón

Guayabal 1 y 2

Calichal 1

Mercedes 2

E. de Rebombeo
Los Colorados

Mercedes 1

Aristides Rojas

Residencias Médicas

Universidad Católica Andrés Bello	
ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE ADUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE ENLA CIUDAD DE VILLA DE CURA, ESTADO ARAGUA	
TRABAJO ESPECIAL DE GRADO	
PROPUESTAS A CORTO PLAZO	
Autores: Briceño Daniel Pellegrino Francesco	Serie: 3 de 4 Hoja: 1 de 1
Tutor: Ing. Magalhaes F. José B.	Fecha: 15/06/2015
Jurados: Ing. Griffin Carlos Ing. Bausson Norberto	Escala: 1:10.000

PROPUESTAS A CORTO PLAZO:

- Se sustituye el último tramo de 3 kilómetros en la conducción Magdaleno - Villa de Cura que abastece al estanque Sanabria Méndez Se instala una estación de rebombeo
- Se sustituye el último tramo de 5 kilómetros en la conducción San Joaquín de Guere - Villa de Cura que abastece al estanque Sanabria Méndez Se instala una estación de rebombeo
- Se instala una estación de rebombeo en la entrada de la red de Los Colorados
- Se sustituyen todas las tuberías de asbesto cemento

Notas:

- Las tuberías indicadas no representan la totalidad de las redes del sistema Solo se han incluido aquellas que permitan evaluar su funcionamiento.
- La información y origen de las tuberías y de la infraestructura fue tomada de:

Plano de zonas de abastecimiento Villa de Cura, ESC 1:5000.
Acueducto de Villa de Cura. Unidad PRANC Enero 2001

Información suministrada directamente por el personal de Hidrocentro

POZOS EN FUNCIONAMIENTO

TUBERÍA NUEVA

NUEVAS ESTACIONES DE REBOMBEO

ADUCCIONES

ADUCCIÓN MAGDALENO - VILLA DE CURA
DIÁMETRO 750 mm ACERO

ADUCCIÓN SAN JOAQUIN DE GUERE - VILLA DE CURA
DIÁMETRO 400 mm ACERO

DISTRIBUCIÓN

DIÁMETRO 400 mm ACERO
DIÁMETRO 300 mm PEAD
DIÁMETRO 300 mm HIERRO FUNDIDO
DIÁMETRO 250 mm ACERO
DIÁMETRO 200 mm HIERRO FUNDIDO
DIÁMETRO 150 mm HIERRO FUNDIDO
DIÁMETRO 100 mm HIERRO FUNDIDO
DIÁMETRO 100 mm PEAD

E/B Mahomo

E/B Tocorón

Calichal 2

Calichal 2B

Calichal 3

Guayabal 1 y 2

Calichal 1

Estanque
Sanabria Méndez
CAP.: 2.700 m³

E. de Bombeo
Los Colorados

Mercedes 2

Mercedes 1

Aristides Rojas

Residencias Médicas

Universidad Católica Andrés Bello

ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE ADUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE VILLA DE CURA, ESTADO ARAGUA

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

PROPUESTAS A MEDIANO PLAZO

Autores:	Briceño Daniel Pellegrino Francesco	Serie: 4 de 4 Hoja: 1 de 1
Tutor:	Ing. Magalhaes F. José B.	Fecha: 15/06/2015
Jurados:	Ing. Griffin Carlos Ing. Bausson Norberto	Escala: 1:10.000

PROPUESTAS A MEDIANO PLAZO:

- Se contruye una tubería nueva de 750mm de Acero en la conduccion Magdaleno - Villa de Cura de 15 kilómetros que une la E/B Tocorón con el estanque Sanabria Méndez.
- Se contruye una tubería nueva de 400mm de Acero en la conduccion San Joaquin de Guere - Villa de Cura de 15 kilometros que une la E/B Mahomo con el estanque Sanabria Méndez.
- Se contruye una tubería nueva de 400mm de PEAD que une directamente la zona de Los Colorados con el estanque Sanabria Méndez. Se instala una estación de bombeo.
- Se contruye una tubería nueva de 450mm de PEAD que une la matriz de la red del casco central con el estanque Sanabria Méndez.

Notas:

- Las tubería indicadas no representan la totalidad de las redes del sistema Solo se han incluido aquellas que permitan evaluar su funcionamieno.
- La informacion y origen de las tubería y de la infraestructura fue tomada de:

Plano de zonas de abastecimiento Villa de Cura, ESC 1:5000.
Acueducto de Villa de Cura. Unidad PRANC Enero 2001

Información suministrada directamente por el personal de Hidrocentro

POZOS EN FUNCIONAMIENTO

TUBERÍA NUEVA

ESTACION DE REBOMBEO NUEVA

ADUCCIONES

- ADUCCIÓN MAGDALENO - VILLA DE CURA DIAMETRO 750 mm ACERO
- ADUCCIÓN SAN JOAQUIN DE GUERE - VILLA DE CURA DIAMETRO 400 mm ACERO

DISTRIBUCIÓN

- DIÁMETRO 450 mm PEAD
- DIÁMETRO 300 mm PEAD
- DIÁMETRO 300 mm HIERRO FUNDIDO
- DIÁMETRO 250 mm ACERO
- DIÁMETRO 200 mm HIERRO FUNDIDO
- DIÁMETRO 150 mm HIERRO FUNDIDO
- DIÁMETRO 100 mm HIERRO FUNDIDO
- DIÁMETRO 100 mm PEAD