

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

---

**“SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA SUBTERRANEA  
AL CENTRO CIVICO DE TRUJILLO, EN CASO DE  
CONTINGENCIA”.**

---

**Línea de Investigación:**

Saneamiento

**Autor:**

Br. Flavio Edilberto Saldarriaga Saldarriaga

**Asesor:**

Ing. Marcelo Edmundo Merino Martinez

**TRUJILLO - PERÚ**

**2019**

## DEDICATORIA

A DIOS Todopoderoso por haberme dado salud, fuerzas e inteligencia para lograr mis objetivos y hacer lo posible en la culminación de este presente trabajo de investigación

A mis padres, Flavio que está en el cielo y Mirta quienes con sus consejos y apoyo total hicieron realidad mi meta.

A mi esposa Maybi y a mi hija Flavia que con su amor y comprensión incentivaron mi superación profesional.

A mis hermanos, que con mi meta alcanzada servirá como ejemplo, para su superación.

**Flavio Edilberto**

## **AGRADECIMIENTO**

Mi agradecimiento profundo a las personas e instituciones que contribuyeron para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

En especial:

Al docente Ing° Marcelo Edmundo Merino Martínez, por la asesoría y orientación, amistad, confianza y principalmente por el apoyo y paciencia concedida a todo momento.

A los ingenieros en especial del Área de Gestión de Riesgo de Desastre y Cooperación Técnica y el Área de Gerencia de Operaciones y Mantenimiento Empresa SEDALIB S.A. quienes me brindaron las facilidades y su apoyo incondicional para poder realizar el presente trabajo de investigación durante todas las labores en sus respectivas áreas.

A nuestros docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo por la dedicación a través de sus enseñanzas y sabios consejos para seguir por un buen camino y llegar a la meta de culminar la carrera profesional.

A los señores miembros del jurado por el tiempo dedicado a cumplir su labor como entes principales de este trabajo de investigación.

## JURADO EVALUADOR

**Presidente**

**Dr. Guillermo Juan, Cabanillas Quiroz**

---

**Secretario**

**Ing. Félix Gilberto, Perrigo Sarmiento**

---

**Vocal**

**Ing. Cesar Leonidas, Cancino Rodas**

---

**Asesor**

**Ing. Marcelo Edmundo Merino Martínez**

---

## INDICE

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Indice .....	v
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
<b>CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>10</b>
1.1. Problema de investigación .....	11
1.2. Objetivo general y objetivos específicos.....	14
1.2.1. Objetivo general.....	14
1.2.2. Objetivos específicos .....	14
1.3. Justificación de la investigación.....	15
<b>CAPÍTULO II: MARCO DE REFERENCIA .....</b>	<b>16</b>
2.1. Antecedentes del estudio. ....	16
2.1.1. Antecedentes Nacionales.....	16
2.1.2. Antecedentes Internacionales .....	21
2.2. Marco teórico.....	24
2.2.1. Reglamentos y Normas.....	24
2.2.2. Durabilidad de los materiales. ....	25
2.2.3. Estudios de población. ....	25
2.2.4. Definición, y origen del agua subterránea.....	25
2.2.5. Formula de Hazen – Willians. ....	26
2.2.6. Hidráulica de pozos.....	26
2.2.7. Importancia de las aguas subterráneas. ....	28
2.2.8. Propiedades de los acuíferos.....	29
2.2.9. Tipos de acuífero .....	33
2.2.10.Movimiento del agua subterránea. ....	34
2.2.11.Explotación de acuíferos. ....	36
2.2.12.Captación y origen de aguas subterráneas.....	37

2.2.13. Pozos verticales. ....	37
2.2.14. Esquema de un pozo tubular.....	39
2.2.15. Estudio hidrogeológico .....	39
2.2.16. Métodos de perforación de pozos .....	40
2.2.17. Entubación. ....	42
2.2.18. Engravillado.....	43
2.2.19. Equipamiento de un pozo.....	44
2.2.20. Estación de bombeo de aguas subterráneas. ....	48
2.2.21. Almacenamiento de agua para consumo. ....	49
2.2.22. Plan de contingencia desabastecimiento de agua potable.....	57
2.2.22.1. Contingencia: Desabastecimiento de agua por el fenómeno del niño.....	57
2.2.22.2. Contingencia: Desabastecimiento de agua por sismo. ....	58
2.2.22.3. Contingencia: Desabastecimiento de agua por corte de energía eléctrica.....	59
2.2.22.4. Contingencia: Desabastecimiento de agua por acción humana. ....	60
2.2.23. Sistema de abastecimiento de agua potable.....	61
2.2.24. Centro cívico de Trujillo. ....	63
2.3. Marco conceptual .....	64
2.4. HIPÓTESIS. ....	74
2.5. VARIABLES .....	74
<b>CAPITULO III: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>75</b>
3.1. Tipo y nivel de investigación.....	75
3.2. Población y muestra. ....	75
3.2.1. Población.....	75
3.2.2. Muestra.....	75
3.3. Técnicas e instrumentos de investigación.....	75
3.3.1. Etapa de Campo.....	75
3.3.2. Trabajos de gabinete. ....	81

3.3.3. Información cartográfica, hidrogeológica. ....	81
3.3.4. Propuesta de Reservorios a construirse. ....	81
3.3.5. Propuesta de Pozos profundos a construirse. ....	81
3.3.6. Propuesta de equipos de bombeo. ....	82
3.4. Diseño de investigación.....	85
3.5. Procesamiento y análisis de datos. ....	86
<b>CAPITULO IV: RESULTADOS.....</b>	<b>87</b>
4.1. Análisis e interpretación de resultados.....	87
4.1.1. Caracterización del Centro Cívico de Trujillo. ....	87
4.1.2. Pozo profundo o tubular construido. ....	92
4.1.3. Pozo Tubular Esperanza N° 04 y sus mediciones. ....	94
4.1.4. Reservorio construido. ....	104
4.1.5. Sistema de abastecimiento de agua subterránea para el centro cívico de Trujillo en caso de contingencia. ....	112
4.1.6. Plan de contingencia del sistema de abastecimiento de agua en el centro cívico de Trujillo. ....	114
<b>CAPITULO V: DISCUSION .....</b>	<b>116</b>
<b>CAPITULO VI: CONCLUSIONES .....</b>	<b>118</b>
<b>CAPITULO VII: RECOMENDACIONES .....</b>	<b>119</b>
<b>CAPITULO VIII: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>120</b>

## RESUMEN

En la Ciudad de Trujillo, centro Cívico, el abastecimiento del agua potable es de dos tipos: Superficial de la planta de tratamiento de agua potable en Alto Moche y del agua subterránea, que son las principales fuentes de abastecimiento y constituye un elemento primordial para su desarrollo. En este marco, los acuíferos alojados en ambientes medanosos son los principales almacenes con los que se cuenta para el abastecimiento destinado al uso urbano y rural. El presente trabajo se centra en la evaluación de uno de los principales cuerpos de agua subterránea de la Ciudad de Trujillo, Centro Cívico.

Los objetivos planteados en este trabajo han sido: a) evaluar las instalaciones de agua potable desde la planta de tratamiento de agua ubicada en alto Moche hasta el Centro Cívico de Trujillo. b) Determinar el inventario de pozos profundos operativos del Centro Cívico. c) Determinar los Reservorios construidos y que se almacena aguas subterráneas mediante Bombeo. d) Proponer un Reservoirio Tipo para la construcción cerca de cada pozo profundo a fin de que con su Sistema de bombeo haya abastecimiento de agua subterránea y se almacene para casos de contingencia. e) Determinar el volumen total de agua subterránea, almacenada en los reservorios propuestos, para consumo y dar solución en casos de contingencia. f) Realizar una evaluación de impacto ambiental (EIA).

La metodología de trabajo consistió en la búsqueda, recopilación, ordenamiento, clasificación, valoración y análisis de información antecedente y la descripción de los distintos aspectos vinculados a la caracterización hidrogeológica e hidrodinámica del acuífero.

## ABSTRACT

In the City of Trujillo, Civic center, the supply of drinking water is of two types: Surface of the drinking water treatment plant in Alto Moche and groundwater, which are the main sources of supply and is a key element for its developing. In this framework, the aquifers housed in dunes environments are the main stores with which it is counted for the supply destined to the urban and rural use. The present work focuses on the evaluation of one of the main groundwater bodies of the City of Trujillo, Civic Center.

The objectives set out in this work have been: a) to evaluate the drinking water facilities from the water treatment plant located in upper Moche to the Civic Center of Trujillo. b) Determine the inventory of operational deep wells of the Civic Center. c) Determine the reservoirs constructed and that underground water is stored by pumping. d) Propose a Type Reservoir for the construction near each deep well so that with its Pumping System there is underground water supply and it is stored for contingency cases. e) Determine the total total volume of groundwater, stored in the proposed reservoirs, for consumption and provide solutions in cases of contingency. f) Carry out an environmental impact assessment (EIA).

The work methodology consisted of the search, compilation, ordering, classification, evaluation and analysis of antecedent information and the description of the different aspects related to the hydrogeological and hydrodynamic characterization of the aquifer.

# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

“La crisis de agua que actualmente se vive, es la más grande que se ha visto en la historia, una de cada seis personas carece de agua potable, según expertos, la escasez de agua está enmarcada por la ineficiente administración y distribución, más que por la falta del recurso”. (CONAM, 2008; p.34)

“El agua se está volviendo un recurso cada vez más escaso, según las estadísticas recientes, para 2025, cerca de 230 millones de personas enfrentarán los efectos de la escasez de agua, según los objetivos del desarrollo del milenio, relacionados con el agua, esto debido a que mientras la población mundial se triplica, el uso de agua se sextuplica”. (JOHNSON INC. E. 1975. ; 45 p).

“El acceso al agua potable y la estabilidad de los sistemas, son cruciales para la salud humana, en especial para los sectores más vulnerables, en este caso la población infantil; la falta de agua y el saneamiento son las principales causas de enfermedades. Un sistema de abastecimiento de agua, comprende obras de captación, equipode bombeo, línea de conducción, almacenamiento, desinfección, línea de distribución y acometidas domiciliarias; deben proporcionar un volumen necesario de agua a presión adecuada, desde la fuente de suministro hasta los consumidores para el uso doméstico”.(OMS/OPS. 2014.; 64p).

“Se debe considerar la cantidad de agua que consumirá la población (demanda) ya que deben proyectarse componentes con la capacidad adecuada en el sistema de distribución de agua (oferta)”. (REGAL, A. 2012; 28 p).

“La demanda en un sistema de abastecimiento de agua potable es la cantidad de agua que la población requiere para satisfacer sus necesidades básicas, y la oferta, es la cantidad de agua disponible para lo cual existen condicionantes tales como: Limitación por rendimiento insuficiente de la fuente, deficiencia en el equipo de bombeo, capacidad y ubicación del tanque de almacenamiento o distribución y estado operativo de la red de distribución, que puede dar origen a caudales insuficiente y baja presión hidráulica”. ( CEPIS. 2010; 39 p).

“Una alternativa para contrarrestar los efectos negativos del uso inadecuado de

proyecto de agua potable por medio de pozo manual, en un sistema de abastecimiento de agua potable con aprovechamiento de agua subterránea, es la perforación de un pozo mecánico, el cual por sus obras físicas de infraestructura o componentes, poseen la capacidad de proporcionar la cantidad de agua óptima para cubrir actuales y futuras demandas o necesidades de la población” .( CASTILLO, V. 2006; 50 p)

“Esta tecnología consiste en aprovechar el recurso de agua subterránea, perforando un pozo mecánico, el cual juega un papel muy importante, especialmente donde las comunidades no cuentan con fuentes de agua superficiales, con altura suficiente para proyectar sistemas de abastecimiento de agua por gravedad”.(BLANCO, M. 2003; 48 p).

“El Distrito Trujillo; ubicado geográficamente a 08°06’41” Latitud Sur y 79°01’30” Longitud Oeste, su población es de 294,899 hab.” (INEI – Censo 2007, ODEI, 2012; p. 11 - 83).

### **1.1. Problema de investigación**

“La ciudad de Trujillo se ha visto obligada con el paso del tiempo a buscar otra opción para el abastecimiento de agua de su población. Hace unos años, Trujillo solo era abastecida por agua subterránea, motivo por el cual los usuarios disfrutaban de limitadas horas de agua”. (EPS SEDALIB S.A. 2014; p. 34).

“Dado los efectos tan negativos que diferentes fenómenos pueden producir sobre los sistemas de abastecimiento de agua potable y saneamiento - tales como ruptura de las tuberías de aducción y distribución, la alta contaminación de manantiales o la afectación a plantas de tratamiento- los procesos de mitigación y prevención son de gran importancia. Además, se ha demostrado que siempre es más económico invertir en la prevención que el desembolso posterior a los desastres en tareas de rehabilitación”.(OMS/OPS. 2014; p.34).

Sin agua se queda el centro cívico de Trujillo por frustrada conexión clandestina, donde desconocidos rompieron una tubería matriz cuando

cavaban una zanja para realizar una conexión clandestina, decenas de familias del centro cívico terminaron afectadas ( Rpp Noticias, 2018)



**Figura N° 01: Vista de conexión clandestina de agua potable centro cívico de Trujillo.** Fuente: RPP Noticias

“El pasado 17 de marzo del presente año 2018, Trujillo se quedó sin agua potable debido a una serie de daños que sufrió el canal madre de Chavimochic por la caída de huaicos. Tras ser reparado este, el caudal del río Moche aumentó considerablemente y afectó 400 metros de la tubería que transporta el agua potable a Trujillo. Actualmente, 200 mil personas no tienen agua y forman largas filas para llenar sus recipientes en distintos puntos de la ciudad”. (EPS SEDALIB S.A. 2014;p.57)

“Ante el corte del servicio de agua potable en Trujillo, se ha dispuesto la distribución del líquido en cisternas y la creación de bancos de agua en zonas desabastecidas. Mientras tanto, se intentará rehabilitar la tubería matriz que transportaba el agua potable de Chavimochic a Sedalib. No obstante, este trabajo dependerá también de la disminución del caudal del río Moche, pues los tubos pasan por debajo de este”. (EPS SEDALIB S.A. 2014 ; p.43).



**Figura N° 02: Vista de depósitos vacíos, esperando el agua, cuando hay deterioros en algunas tuberías de la planta de tratamiento de agua potable.**

El desabastecimiento de agua en el centro de cívico de Trujillo se viene dando desde años anteriores, en el 2017 se registra que el 2.5 % de las viviendas carecen de agua para consumo, debido a que se encuentran desocupadas.

#### **a. Descripción de la realidad problemática**

En estos últimos años la población del centro cívico de Trujillo ha crecido aceleradamente por el comercio, haciendo que el servicio de agua potable que se brinda a la población sea escaso. “Actualmente se suministra de forma diaria con una continuidad promedio de 10 horas / día. (EPS Sedalib S.A., 2014, p.28)

“En la actualidad, debido al decaimiento de los algunos pozos subterráneos que abastecían a la ciudad de Trujillo se ha recurrido a usar el agua proveniente del Río Santa. Esta agua tiene previo tratamiento en una Planta, perteneciente a Chavimochic.

Ante esta problemática, es importante darle atención con estudios de investigación y hacer propuestas para la construcción de un sistema de abastecimiento de agua subterránea al centro Cívico de Trujillo, en caso de Contingencia.

#### **b. Formulación del problema**

¿Cómo es el sistema de abastecimiento de agua subterránea al Centro Cívico de Trujillo, en caso de contingencia?

### **1.2. Objetivo general y objetivos específicos.**

#### **1.2.1. Objetivo general**

Proponer el sistema de abastecimiento de agua subterránea al Centro Cívico de Trujillo, en caso de Contingencia.

#### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Evaluar las instalaciones de agua potable desde la planta de tratamiento de agua ubicada en alto moche hasta el Centro Cívico de Trujillo.
- Determinar el inventario de Pozos profundos operativos del Centro Cívico de Trujillo.
- Determinar los Reservorios construidos y que se almacena aguas subterráneas mediante bombeo.
- Proponer un Reservoirio para la construcción cerca de cada pozo profundo a fin de que con su sistema de bombeo haya abastecimiento de agua subterránea y se almacene para casos de contingencia.
- Determinar el volumen total de agua subterránea, almacenada en los reservorios propuestos, para consumo y dar solución en casos de contingencia.
- Realizar una evaluación de impacto ambiental (EIA).

### **1.3. Justificación de la investigación.**

Este proyecto se justifica porque el Centro Cívico de Trujillo no cuenta con agua para consumo almacenada y lista para dar solución a casos de contingencia y emergencia, más aun teniendo en cuenta la inoperatividad e ineficiencia de sistema de tuberías de conducción, reservorios construidos y plantas de bombeo, tanto del agua superficial tratada, como del agua subterránea y ante la falta de prevención para dar solución a casos de contingencia, emergencia, es importante y se justifica la investigación del Sistema de abastecimiento de agua subterránea al Centro Cívico de Trujillo, en caso de Contingencia.

Así mismo la información obtenida en el número de Reservorios construidos operativos, equipos de bombeo existentes operativos, pozos perforados construidos e implementados para extracción de agua subterránea, será de mucha utilidad en muchos campos de la investigación.

Los riesgos que nos llevan a desastres son factores permanentes que requieren ser tomados en cuenta en la planificación del desarrollo. No podemos ver los desastres como algo coyuntural, tienen que ver con la estrategia de gestión Integral del desarrollo del país.

En el presente trabajo de investigación se propondrá el diseño para la posterior construcción del Reservorio tipo propuesto para almacenamiento de agua subterránea y pozo profundo implementado para bombeo de agua subterránea, para almacenamiento y abastecimiento para la población y que estén preparados para dar solución en caso de contingencia o emergencia en el Centro Cívico de Trujillo.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO DE REFERENCIA**

#### **2.1. Antecedentes del estudio.**

En el Perú, la gestión del riesgo de desastres tiene poco tiempo de formación. Empezó en 2011, después del terremoto de Pisco, con la Ley 29664, que creó el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (Sinagerd), un organismo adscrito a la Presidencia del Consejo de Ministros que identifica y reduce los riesgos ante situaciones de desastres (Diario Perú 21, 2017). El Sinagerd tiene dos componentes fundamentales: el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (Cenepred) que trabaja en la prevención y reconstrucción, y el Instituto Nacional de Defensa Civil (Indeci), que se encarga de la elaboración de los planes de mitigación de daños y la atención de la emergencia misma (Diario Perú 21, 2017).

La ciudad de Trujillo, en especial el Centro Cívico de Trujillo, se ha visto obligada con el paso del tiempo a buscar otra opción para el abastecimiento de su población. Hace unos años, Trujillo solo era abastecida por aguas subterránea motivo por el cual los usuarios disfrutaban de ilimitadas horas de agua. (Solano, 2017; p. 01).

#### **2.1.1. Antecedentes Nacionales**

Según LOZA TITO JUAN CARLOS (2016), realizó la investigación sobre “EVALUACIÓN TÉCNICA EN DISEÑO DE BOMBAS PARA SISTEMA DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE PAUCARCOLLA – PUNO”; en el cual llegó a las siguientes conclusiones:

- “Sobre las características y el tamaño de la bomba es de 6 Hp de potencia conforme al calculado en el proyecto, de acuerdo al requerimiento y oferta. Las características de fabricación y especificaciones técnicas para que cumpla eficientemente

durante el periodo de funcionamiento en abastecimiento de agua. Las horas de bombeo es de 6 horas por día, con un caudal de 3 litros por segundo, con altura dinámica total de 72.25m, y con una velocidad de 1.054 metros por segundo. La carga neta de succión positiva disponible es mayor que la carga neta de succión positiva requerido.

- Los factores y las variables colectivas que han influido son; precio que paga por el servicio de agua (x1) con un coeficiente de incidencia de 0.623, luego la presión (x4) con un coeficiente de incidencia de 0.047 y la variable dicotómica: mantenimiento domiciliario (x5), en caso de ser sí, el coeficiente paralelo es de 0.097. Podemos observar la variable promedio de edad (x2) número de personas que habitan la vivienda (x4) inciden sobre el número de horas de servicio de agua potable actúan en forma inversa.
- Se concluye que uno de los factores determinantes sobre el ineficiente funcionamiento de sistemas de agua potable es la falta de capacitación y concientización a la población beneficiaria para el uso adecuado de agua potable, puesto que en el ámbito rural el agua no solo consume el poblador si no que se usa para riego y bebedero de animales, la carencia de ingresos económicos y la predisposición para pagos de operación y mantenimiento son otro de los factores que influye en el buen funcionamiento del sistema de agua potable por bombeo”. Citado por la tesis de PARIMANGO y RODRIGUEZ, 2018).

PORTILLO QUISPE JAVIER (2014). Modelo Dinámico para la Predicción del Abastecimiento de Agua Potable, Ciudad de Ayacucho, 2010 al 2020”. Realizó una investigación sobre “MODELO DINÁMICO PARA LA PREDICCIÓN DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, CIUDAD DE AYACUCHO, 2010 AL 2020”, en el cual se llegó a la conclusión siguiente:

- Se llegó a construir satisfactoriamente el diagrama causal del

modelo dinámico para la predicción del abastecimiento de agua potable para la Ciudad de Ayacucho al 2020. A partir del diagrama causal se construyó el diagrama de Forrester del modelo dinámico para la predecir el abastecimiento de agua potable para la Ciudad de Ayacucho al 2020.

- Se simuló satisfactoriamente las variables producción y demanda del modelo dinámico de agua potable las cuales se observan en el capítulo IV de resultados aplicando diversos escenarios como son el cambio climático, reducción de tasa natalidad ítem 4.6.1, ítem 4.6.2, tabla N°4.1 O, tabla N° 4.11”.

Según ESPINOZA PICCONE, MANUEL ESPINOZA SANTARIA HERNÁNDEZ, KENJI ALBERTO (2016). Realizaron una investigación sobre: “ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS SISTEMAS DE GALERIAS FILTRANTES Y POZOS PROFUNDOS EN LA ETAPA DE CAPTACIÓN Y CONDUCCIÓN PARA EL MEJORAMIENTO DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE ICA, SECTOR N°4: SANTA MARIA,” ambos llegaron a las siguientes conclusiones:

- “Actualmente el Distrito de Ica presenta como único sistema de captación de agua el de pozos profundos, el cual no brinda la continuidad y calidad de agua necesaria para la demanda requerida. Igualmente, muchos de los pozos en la actualidad deben ser dados fuera de servicios. Es necesario buscar otro sistema de abastecimiento para cubrir la demanda.
- Existen dos alternativas para el abastecimiento de agua en Ica, el primer sistema es el de pozos profundos y es con el que actualmente trabaja el distrito de Ica, el cual está dejando de ser factible ya que la calidad de agua y el rendimiento del mismo son muy bajos. El segundo sistema es el de galerías de infiltración, ya utilizados en regiones cercanas a Ica y presentando un buen desempeño a nivel de calidad y rendimiento.

- Como análisis se consideró la captación por medio de pozos profundos y galerías de infiltración. Se tiene entonces que el pozo tubular es un sistema que trabaja con aguas subterráneas y realiza una perforación vertical de aproximadamente de 50m a 100 m de profundidad, este sistema trabaja con una bomba que capta el agua. Por último, la galería de infiltración trabaja con zanjas de aproximadamente 9m de profundidad y capta el agua por medio de drenes transportándola por gravedad.”
- Según el análisis realizado, la demanda en el sector N°04 es de 106.05 l/s, teniendo una oferta actual de los tres pozos de 114 l/s y de la galería de infiltración en San José de Los Molinos de 116.1 l/s. Como se puede apreciar, ambos sistemas satisfacen la demanda, pero según la gráfica del balance ambos sistemas no llegarán a cubrir la demanda en el futuro (Año 2043) por lo que sería más eficiente ampliar la galería de infiltración o trabajar con ambos sistemas.
- Los costos de ejecución de las galerías son 40% más altos que las de los pozos, esto debido al fuerte movimiento de tierras y al tendido de tuberías. Por otro lado, el costo de operación y mantenimiento de los pozos es 5 veces más caro que el de las galerías. Es ahí que en el doceavo año de operación la galería empieza hacer menos costosa que los pozos.
- Finalmente, se concluye que bajo el primer criterio (calidad del agua) la galería presenta unos parámetros físicos-químicos y bacteriológicos muy por debajo de los límites permisibles, a diferencia de los parámetros de los pozos, es por ello que bajo este contexto el acuífero de las galerías presentan una calidad de agua mejor que la de los pozos. Bajo el segundo criterio (Procedimientos constructivos) la construcción de la galería filtrante requiere de un mayor despliegue de recursos y un mayor desarrollo de actividades en la ejecución a diferencia de los pozos, es por ello que bajo este contexto el pozo es más factible. Finalmente, en el tercer criterio, el costo de ejecución, operación

y mantenimiento de las galerías, en el tiempo, son más económicas y más rentables que la de los pozos”. Citado por la tesis de PARIMANGO y RODRIGUEZ (2018).

Según JUAN DE DIOS CONCHA y JUAN PABLO GUILLÉN LUJAN (2014); de la UPC. Realizaron una investigación: “MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE (CASO: URBANIZACIÓN VALLE ESMERALDA, DISTRITO PUEBLO NUEVO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE ICA”; en la llegaron a la siguientes conclusiones:

“Se calculó el caudal del diseño, siendo este de 52,65 lt/seg.

- Se observó mediante la prueba de verticalidad que el pozo IRHS 07 está ligeramente torcido.
- La tubería ciega se encuentra en estado de degradación por el tiempo de vida del pozo IRHS 07.
- Mediante el método geofísico se pudo interpretar que el basamento rocoso se encuentra a partir de los 100 m, por lo que se podría profundizar el pozo existente hasta los 90 m.
- De acuerdo con la prueba de acuífero, la zona cuenta con un buen acuífero para la explotación de aguas subterráneas, garantizando la cantidad constante de agua.
- De acuerdo con las pruebas realizadas para cubrir la demanda de la futura urbanización, el caudal de bombeo será de 60 lt/seg. con un tiempo de bombeo de 24 hr.
- Se recomienda el cambio inmediato de un nuevo equipo de bombeo sumergible de diámetro de 8”.
- De acuerdo con el análisis técnico se recomienda la alternativa del mejoramiento del pozo tubular existente al representante de la empresa.
- Para garantizar la demanda y el tiempo de vida útil se recomienda colocar 30 m de filtro puente trapezoidal de acero inoxidable de

diámetro 12”.

En el análisis económico, se selecciona la alternativa del mejoramiento del pozo tubular existente que es 50% de menor costo que la alternativa de diseño de nuevo pozo. Citado por la tesis de PARIMANGO y RODRIGUEZ (2018).

### **2.1.2. Antecedentes Internacionales**

Según MARTA PARIS; OFELIA TUJCHNEIDER; MARCELA PÉREZ y MÓNICA D'ELIA (2014). Argentina. Realizaron una investigación: “Protección de pozos de abastecimiento. Indicadores de la calidad del agua subterránea” y llegaron a las siguientes conclusiones:

- A fin de evitar la ruptura del equilibrio hidráulico del sistema acuífero multicapa que sustenta el abastecimiento de dos importantes localidades de la provincia de Santa Fe (Argentina), debería realizarse el seguimiento de los indicadores presentados en el cuadro 1b. Se trata de determinaciones químicas rutinarias, de fácil determinación, que permiten evidenciar las relaciones entre el acuífero alojado en las “arenas puelches” (semiconfinado, donde se extrae el agua para consumo humano), el acuífero libre alojado en los sedimentos pampeanos y el agua salada alojada en la formación Paraná (de origen marino).
- Se ha corroborado en esta investigación que, para el caso de estudio, la medición de la conductividad eléctrica del agua no es suficiente para detectar de modo temprano el deterioro de los recursos hídricos. Los indicadores definidos adquieren solidez y representatividad a partir del uso de diferentes métodos estadísticos multivariados (MEM) para la validación cruzada de los resultados y, fundamentalmente, del sustento que proporcionan otras evidencias concretas de la geometría y funcionamiento del sistema hidrogeológico.
- Los resultados logrados sirven de base para el planteo de líneas

de investigación, que permitirán complementar el conocimiento de las relaciones hidráulicas entre los cuerpos acuíferos. Dado que el flujo vertical descendente, puesto de manifiesto por las variaciones de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{NO}_3^-$ , puede constituirse en el agente de transporte de contaminantes derivados del uso del territorio, en próximas etapas, mediante tareas de campo y gabinete, se evaluará el volumen de agua por unidad de área que está almacenado en esta capa y que puede ser liberado, teniendo en cuenta las características litológicas de estos acuíferos, el espesor de la capa acuitarda, su presencia, espesor y ausencia, y los parámetros hidráulicos formacionales (conductividad hidráulica, transmisividad, coeficiente de almacenamiento, factor de goteo, etc.).

- En relación con el transporte de contaminantes hacia el ambiente subterráneo, se considerarán además las características del escurrimiento superficial en el área rural en las cercanías de pozos (por conducción y en cauce) y se evaluarán las prácticas de riego y particularidades del drenaje natural de los suelos. Por otra parte, considerando las variaciones detectadas en la calidad del agua debido al ascenso de agua desde el cuerpo acuífero inferior de alta salinidad producida por el bombeo no controlado y la consecuente ruptura del equilibrio hidráulico, se evaluará también por ensayos de bombeos, toma de muestras de agua, estudios geofísicos y otras tareas de campo, y por el análisis en gabinete de la información de caudales de extracción. Citado por la tesis de PARIMANGO y RODRIGUEZ (2018).

**MASIEL DEL SOCORRO SUCE AGUIRRE y JOE JOSÉ QUEZADA GUTIÉRREZ (2015).** Colombia ; realizaron una investigación : “Propuesta de diseño de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable por bombeo eléctrico para el Asentamiento 23 de Octubre de la comunidad limón N° 1 del municipio de Tola, Rivas período 2015-2034” y llegaron a las siguientes conclusiones:

- “El estudio y diseño del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable por Bombeo Eléctrico para la el Asentamiento 23 de Octubre del municipio de Tola, departamento de Rivas, se ha efectuado adoptando las “Normas técnicas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural (NTON 09001-99)”, emitidas por el INAA.
- El estudio de población, tasa de crecimiento, nivel de vida, brindan los datos suficientes para adoptar la dotación más adecuada a las necesidades de la comunidad.
- Con la implementación del sistema de abastecimiento de agua potable los habitantes del asentamiento mejorarían de forma sustancial las condiciones higiénico-sanitarias en que habitan, haciendo énfasis en el mejoramiento de la higiene personal, habitacional y salud en general, teniendo en cuenta que los habitantes del asentamiento no poseen sistema de alcantarillado para lo que son aguas grises. Sin embargo, esto los obliga a cada uno a construir su propia letrina, situación que obliga a contemplar a corto plazo la implementación de un proyecto de saneamiento rural que complemente el sistema propuesto, de tal manera que permita a los pobladores ser protagonistas de su propio bienestar.
- Según todo lo abordado en este documento se concluye que el sistema propuesto es el más adecuado, habiendo considerado el escenario socioeconómico que se desarrolla dentro del asentamiento, brindando resultados satisfactorios económicos para la realización del proyecto”.

## 2.2. Marco teórico.

### 2.2.1. Reglamentos y Normas.

El fundamento para este informe es el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), en su título Obras de Saneamiento, entre los cuales se consideró la norma OS.010 “Captación y conducción de agua para consumo humano”, OS.030 “Almacenamiento de agua para consumo humano”, OS.040 “Estaciones de bombeo de agua para consumo humano” y OS.050 “Redes de Distribución de Agua para consumo humano.

- **Norma OS.010. Captación y conducción de agua para consumo humano.**

“Esta Norma fija los requisitos mínimos a los que deben sujetarse los diseños de captación y conducción de agua para consumo humano, en localidades mayores de 2000 habitantes” (RNE, 2006, p.2).

- **Norma OS.030. Almacenamiento de agua para consumo humano.**

“Esta Norma señala los requisitos mínimos que debe cumplir el sistema de almacenamiento y conservación de la calidad del agua para consumo humano” (RNE, 2006, p.31).

- **Norma OS.040. Estaciones de bombeo de agua para consumo humano.**

“Esta Norma señala los requisitos mínimos que deben cumplir Los sistemas hidráulicos y electromecánicos de bombeo de agua para consumo humano” (RNE, 2006, p.34).

- **Norma OS.050. Redes de distribución de agua para consumo humano.**

“Esta Norma señala los requisitos mínimos que deben cumplir Las redes de distribución de agua para consumo humano” (RNE, 2006, p.37).

### **2.2.2. Durabilidad de los materiales.**

La vida útil de las estructuras dependerá de la resistencia física del material que la constituye a factores adversos por desgaste u obsolescencia. Todos los materiales empleados en la implementación de un sistema de abastecimiento de agua, tienen diferentes “vidas útiles”, así por ejemplo, las obras de concreto armado, se deprecian en 50 años y una bomba tiene una vida útil media de 10 años.

Esta disparidad en la vida útil de los diferentes componentes de un sistema de agua potable, hace que la determinación de un periodo de diseño uniforme no sea factible con esta consideración (Velarde 2010 Pág. 7).

### **2.2.3. Estudios de población.**

En todo Proyecto de abastecimiento de agua potable uno de los parámetros importantes que debe evaluarse es la población actual y futura. El crecimiento demográfico en las poblaciones, se debe a los siguientes factores: La tasa de natalidad, la tasa de mortalidad y las migraciones. (Velarde 2010 Pág.10).

### **2.2.4. Definición, y origen del agua subterránea.**

“Agua subterránea es aquella parte del agua existente bajo la superficie terrestre que puede ser colectada mediante perforaciones, túneles o galerías de drenaje o la que fluye naturalmente hacia la superficie a través de manantiales o filtraciones a los cursos fluviales”. (Johnson INC. Edward E. 1975; 24 pp.). “Desde la antigüedad, el agua subterránea ha sido una importante fuente de abastecimiento; antiguos pozos cavados pueden encontrarse a lo largo de los cauces secos en oriente medio, cuna de la civilización occidental, y algunos de los antiguos túneles o "ghanats" en Irán todavía están en uso”.(OMS/OPS. 2014 ; 24 pp).

“Hoy en día el agua subterránea, constituye una importante fuente de abastecimiento para muchas ciudades, industrias, viviendas. Como

todo recurso natural, los del agua subterránea no son ilimitados y deben ser sabiamente administrados y protegidos contra su explotación irracional y contaminación”. (LLAMAS, CUSTODIO. 2016; 45 pp).

### 2.2.5. Formula de Hazen – Willians.

La fórmula de Hazen-Williams, también denominada ecuación Hazen-Williams, se utiliza particularmente para determinar la velocidad del agua en tuberías circulares llenas o conductos cerrados es decir, que trabajan a presión.

Su fórmula es:

$$Q = 0.000426 C_H D^{2.63} S^{0.54}$$

Dónde:

D = Diámetro de cálculo de la tubería, pulg.

Q = Caudal, lts/seg.

C = Coeficiente de rugosidad, C=140. P.V.C.

Sd= Pendiente disponible...h/L = (diferencia de cotas) / (Long. tubería)

Esta ecuación se limita por usarse solamente para agua como fluido de estudio, mientras que encuentra ventaja por solo asociar su coeficiente a la rugosidad relativa de la tubería que lo conduce o lo que es lo mismo al material de la misma y el tiempo que este lleva de uso (Wikipedia Español, 2016).

### 2.2.6. Hidráulica de pozos.

La extracción de agua subterránea siempre está asociada a un descenso del nivel de agua, denominado depresión. Una variedad de ecuaciones ha sido desarrollada para relacionar el caudal de los pozos con la depresión de la superficie piezométrica (o freática) y los parámetros hidráulicos de los acuíferos. Estas fórmulas corresponden a dos grandes grupos, las de flujo en régimen estacionario y las de flujo en régimen transitorio. El régimen estacionario es un estado de

equilibrio en el cual no se producen variaciones con el transcurso del tiempo. En la práctica se presenta muy pocas veces, pero puede ser alcanzado cuando se bombea un acuífero con buena recarga o en forma aproximada cuando después de bombeos prolongados la depresión es muy lenta. En las ecuaciones de régimen transitorio interviene el factor tiempo; estas ecuaciones permiten calcular el descenso de la superficie piezométrica o freática con relación al tiempo transcurrido desde el inicio de la extracción de agua.

Las ecuaciones desarrolladas requieren en general las siguientes hipótesis básicas:

- 1). El acuífero es homogéneo, isótropo, horizontal, de espesor constante y de una extensión horizontal infinita.
- 2). Hay un solo pozo en funcionamiento, bombeando un caudal constante.
- 3). El filtro del pozo abarca todo el espesor acuífero.
- 4). El nivel piezométrico anterior al bombeo es constante y uniforme en todo el acuífero.
- 5). En respuesta al descenso del nivel piezométrico, el agua almacenada en el acuífero es liberada en forma instantánea.

(ENOHSA Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento, 1995; p.11).

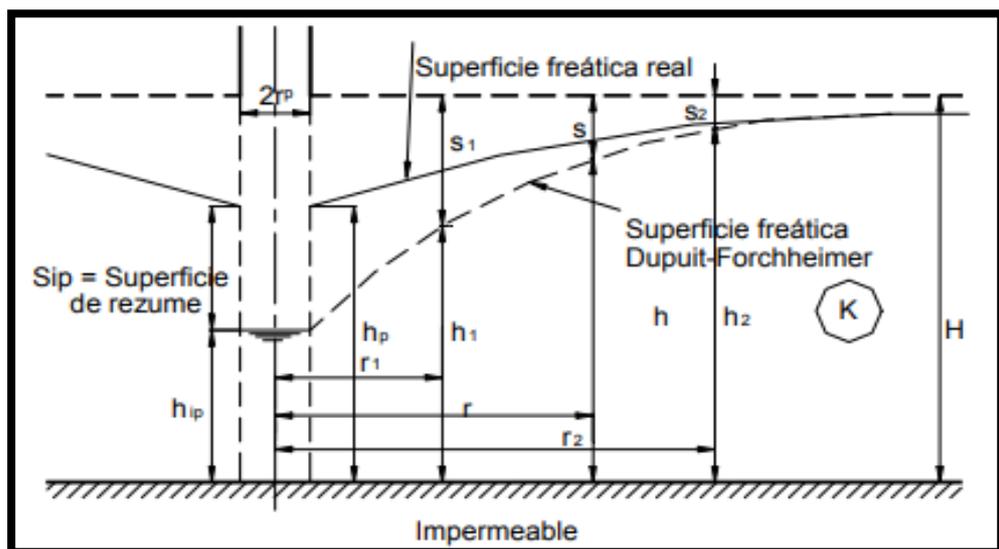


Figura N° 03: Pozo de bombeo en un acuífero libre Fuente: Johnson I.; Edward, E.

### **2.2.7. Importancia de las aguas subterráneas.**

En los últimos años se han podido presenciar ciertas evidencias del cambio climático y de sus impactos en los recursos hídricos. Estos impactos modifican la tasa de escorrentía superficial y la recarga de los acuíferos. Las aguas subterráneas son una fuente crítica de agua potable para casi la mitad de la población mundial, además de suplir necesidades de irrigación en la agricultura. Por otro lado, éstas son también importantes para el sostenimiento de corrientes, lagos, humedales y otros ecosistemas asociados.

El flujo subterráneo en acuíferos poco profundos forma parte del ciclo hidrológico, y resulta afectado por la variabilidad y el cambio climático por efecto de procesos de recarga y por la intervención humana en numerosos lugares. Los niveles subterráneos de numerosos acuíferos del mundo han experimentado una tendencia decreciente durante los últimos años, aunque ello se debe, por lo general, al bombeo de agua subterránea a un mayor ritmo que la recarga, y no a una disminución freática relacionada con el clima.

Los impactos directos del cambio climático sobre los procesos naturales pueden ser exacerbados por las actividades humanas. La extracción en exceso de aguas subterráneas, por ejemplo, podrían ser necesitadas en áreas donde hayan recursos hídricos contaminados o insostenibles causado por sequías o inundaciones. Los efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos subterráneos están, por lo tanto, vinculados a otros cambios globales que incluyen el crecimiento poblacional, la urbanización, el cambio en el uso de la tierra, que se juntan a otras tendencias socio-económicas y políticas. La respuesta de estas aguas subterráneas a los mencionados cambios globales es una compleja función que depende de la variabilidad del cambio climático, la topografía, las características propias de los acuíferos, la dinámica de la vegetación, y de la actividad humana. (Valencia, 2014)

## 2.2.8. Propiedades de los acuíferos

### ✓ Permeabilidad (K).

También llamada conductividad hidráulica ( $k$ ), se refiere a la capacidad de un material poroso, por ejemplo un acuífero, de transmitir agua y se define como el volumen de agua que se mueve a través de un medio poroso en la unidad de tiempo bajo la unidad de gradiente hidráulico y a través de la unidad de sección transversal perpendicular a la dirección de flujo (ENOHSA Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento, 1995; p.07).

La permeabilidad ( $k$ ) de una roca o suelo es una de las características de mayor interés para el ingeniero. En particular, en el campo de la hidrogeología es de primordial importancia, pues de ella depende fundamentalmente la velocidad de circulación del agua en el subsuelo. En relación con el tema de este libro, la permeabilidad es uno de los principales factores que controlan el rendimiento de las captaciones de agua. La permeabilidad depende exclusivamente de las características del medio: tamaño del grano, distribución granulométrica, orientación de las partículas, grado de compactación o cementación, densidad y abertura de las fisuras, tamaño de conductos, etc. Cuanto menor es el tamaño de las partículas, tanto menor es su área de contacto con el agua, incrementando la resistencia al flujo y por tanto, reduciendo la permeabilidad. Debido a esto, los materiales de grano fino, como las arcillas, son poco permeables (Manual de Agua Potable Alcantarillado y saneamiento, 2010; p. 09).

**Cuadro N° 01 Valores de Conductividad Hidráulica K en distintos materiales.**

Tipo de material	K, m/día	Tipo de material	K, m/día
Grava gruesa	150	Dolomita	0,001
Grava media	270	Arena de duna	20
Grava fina	450	Loes	0,08
Arena gruesa	45	Turba	5,7
Arena media	12	Esquisto	0,2
Arena fina	2,5	Pizarra	0,00008
Limo	0,08	Toba	0,2
Arcilla	0,0002	Basalto	0,01
Arenisca fina	0,2	Arena y mezcla de gravas	5-100
Arenisca media	3,1	Arcilla, arena y mezcla de gravas	0.001-0,1

**Fuente: Programa de Desarrollo de Sistemas de Riego en el Secano Interior y Costero. Componente Nacional: Captación y Difusión de Tecnologías de Riego – Chile. 2001. (PARIMANGO, RODRIGUEZ 2018)**

#### ✓ **Transmisividad (T)**

Es una propiedad vinculada a la anterior e indica la capacidad de un acuífero de transmitir agua a través de todo su espesor y es igual a la conductividad hidráulica multiplicada por el espesor saturado del acuífero. En consecuencia es el caudal de flujo bajo un gradiente unitario a través de una sección transversal de ancho unitario de todo el espesor acuífero (ENOHSA Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento, 1995; p.08).

Esta importante propiedad es definida como la cantidad de agua que pasa a través de una sección vertical de un metro de ancho y altura igual al espesor saturado del acuífero, bajo un gradiente hidráulico unitario; por tanto, se expresa en unidades de longitud al cuadrado sobre el tiempo.

La transmisividad es el factor que directamente determina el rendimiento de las captaciones de agua. Conocido su valor, puede calcularse la cantidad de agua que transmite el acuífero a través de una sección de interés o estimarse el probable rendimiento de una captación.

En general, la capacidad transmisora de un acuífero se representa

por medio del coeficiente de transmisividad, su valor es el resultado de multiplicar una conductividad hidráulica promedio del acuífero por el espesor saturado con que cuenta la ecuación de la siguiente forma:

$$T = Kb$$

en donde:

T = Transmisividad del acuífero (m<sup>2</sup>/s)

K = Conductividad hidráulica promedio el acuífero  
(m/s)

B = Espesor saturado del acuífero (m)

(Manual de agua potable alcantarillado y saneamiento captación en pozos profundos, 2010; p.11)

✓ **Coeficiente de Almacenamiento (S).**

Es la cantidad de agua que libera o toma un volumen unitario de material (en condición de confinamiento) cuando el nivel de agua desciende una unidad; se expresa en L/m.

El concepto anterior es aplicable para definir la capacidad de almacenamiento de un acuífero, por medio del coeficiente de almacenamiento, S, definido como la cantidad de agua que libera o toma una columna de acuífero de sección horizontal unitaria y altura igual a su espesor saturado, cuando la carga hidráulica desciende (o asciende) una unidad.

Cuando el acuífero es libre, una cantidad adicional de agua es liberada (o tomada) por vaciado (o llenado) de los poros, cantidad que está representada por el rendimiento específico del material. Como la cantidad liberada por este proceso es mucho mayor que la cedida por la compactación del material y la expansión del agua, se dice que el coeficiente de almacenamiento de los acuíferos libres es prácticamente equivalente a su rendimiento específico,

que varía en el intervalo de  $5 \times 10^{-2}$  a  $3 \times 10^{-1}$ . De lo anterior se infiere que un acuífero libre cede mucha más agua por unidad de abatimiento de la carga hidráulica, que uno confinado compuesto de los mismos materiales y de idénticas dimensiones.

(Manual de agua potable alcantarillado y saneamiento captación en pozos profundos, 2010; p.12)

✓ **Porosidad (n)**

La porosidad es la capacidad de una roca de tener poros, entendiendo por poro cualquier espacio de una masa rocosa que no esté ocupado por un material sólido, sino por un fluido (agua, aire, petróleo). (Orejarena, 2012)

Como en la zona saturada los huecos están completamente llenos de agua, la porosidad resulta también ser una medida de la cantidad de agua que el material puede contener por unidad de volumen. En los materiales clásicos, los factores controlan la porosidad son: la distribución granulométrica, el grado de compactación y la forma de los granos. En general, cuanto mayor es el tamaño medio del grano tanto menor es la porosidad. Los materiales mal clasificados son menos porosos que los bien clasificados (tamaño de grano más o menos uniforme) porque las partículas chicas llenan los espacios entre las mayores y se expresa en porcentaje.

La porosidad puede clasificarse en primaria y secundaria. La primera es la resultante de la forma y las condiciones en las que la roca se formó (diagénesis), mientras que la segunda es producto de los rasgos estructurales provocados en ella debido a procesos geológicos y tectónicos (Manual de agua potable alcantarillado y saneamiento captación en pozos profundos, 2010; p.12).

### 2.2.9. Tipos de acuífero

Se distinguen tres tipos principales de acuíferos: confinados, libres y semiconfinados.

✓ **Acuífero confinado.**

Es aquel que se encuentra limitado arriba y abajo por un acuicludo y la unidad geológica que lo contiene está completamente saturada. Dentro del mismo el agua comúnmente está bajo presión, de manera que el nivel de agua en una perforación abierta en el acuífero, el nivel piezométrico se halla por encima del techo del mismo o incluso por encima de la superficie del terreno. En este caso se habla de un pozo surgente. El agua en estos acuíferos proviene principalmente de la infiltración de agua de lluvia y/o superficial en su área de afloramiento y/o de recarga y eventualmente también del agua de acuíferos vecinos que ha logrado atravesar las capas confinantes (ENOHSA Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento, 1995; p.03).

✓ **Acuífero libre.**

Este tipo, también llamado freático o capa freática, tiene como base un acuicludo, pero en su techo no está restringido por una capa impermeable sino que su límite superior es la superficie freática, donde la presión del agua es igual a la atmosférica.

Por encima se encuentra la zona vadosa de modo que un acuífero libre está abierto a la atmósfera y como el agua no llena completamente la unidad geológica, la superficie freática puede subir y bajar libremente, en función de su recarga y descarga. Sin embargo las variaciones en la presión atmosférica no pueden afectar la posición de dicha superficie, aunque si pueden hacer variar transitoriamente el nivel de agua subterránea en un pozo abierto en este tipo de acuífero. Al perforar un acuífero libre, el nivel de agua no asciende por encima de su techo, dado por la

mencionada superficie freática. El origen principal del agua subterránea en un acuífero libre es la infiltración de la precipitación y/o de ríos y lagos a través de toda la superficie del mismo (ENOHSA Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento, 1995; p. 04)

✓ **Acuífero semiconfinado.**

Cuando un acuífero se encuentra limitado por acuitardos, sea en su base, techo o ambos, es un acuífero semiconfinado. El agua puede moverse libremente a través de los acuitardos, principalmente hacia arriba o hacia abajo debido a su baja permeabilidad (ENOHSA Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento, 1995; p.04).

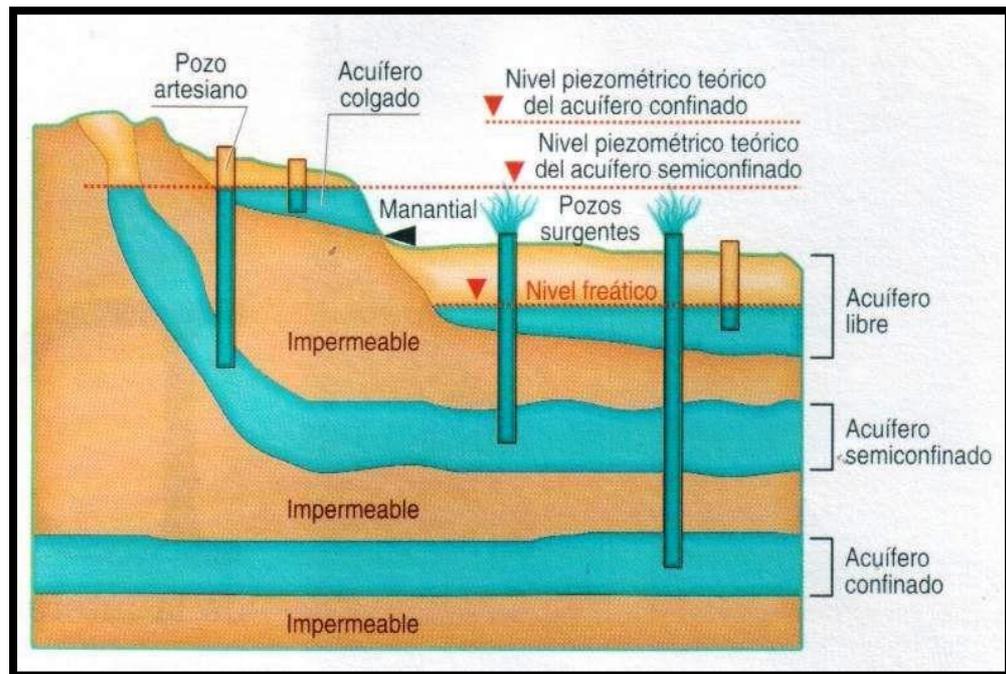


Figura N° 04 Tipos de acuíferos Fuente: <https://app.emaze.com/@ACORWFOI#1> (PARIMANGO, RODRIGUEZ 2018)

**2.2.10. Movimiento del agua subterránea.**

En cada punto de un medio saturado existe en el agua una presión  $p$ , tal que si en ese punto se coloca un tubo vertical, el agua, de peso específico  $\gamma$ , sube en el mismo una altura  $p/\gamma$ .

Si se toma como referencia un cierto plano horizontal de modo que  $z$  es la elevación del punto en cuestión sobre ese plano (Figura N° 05) la altura total del agua en el tubo es:

$$h = p/\gamma + z$$

La altura total  $h$  así definida se denomina nivel piezométrico;  $p/\gamma$  es la altura de presión y  $z$  es la altura de elevación (generalmente la cota). Para que el agua subterránea pueda moverse de un punto a otro debe existir una diferencia entre los niveles piezométricos de ambos puntos.

El movimiento se produce de un sitio de alto nivel a otro de bajo nivel piezométrico, independientemente de la presión existente en los mismos, pudiendo incluso desplazarse hacia un punto de mayor presión (ENOHSA Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento, 1995; p.09).

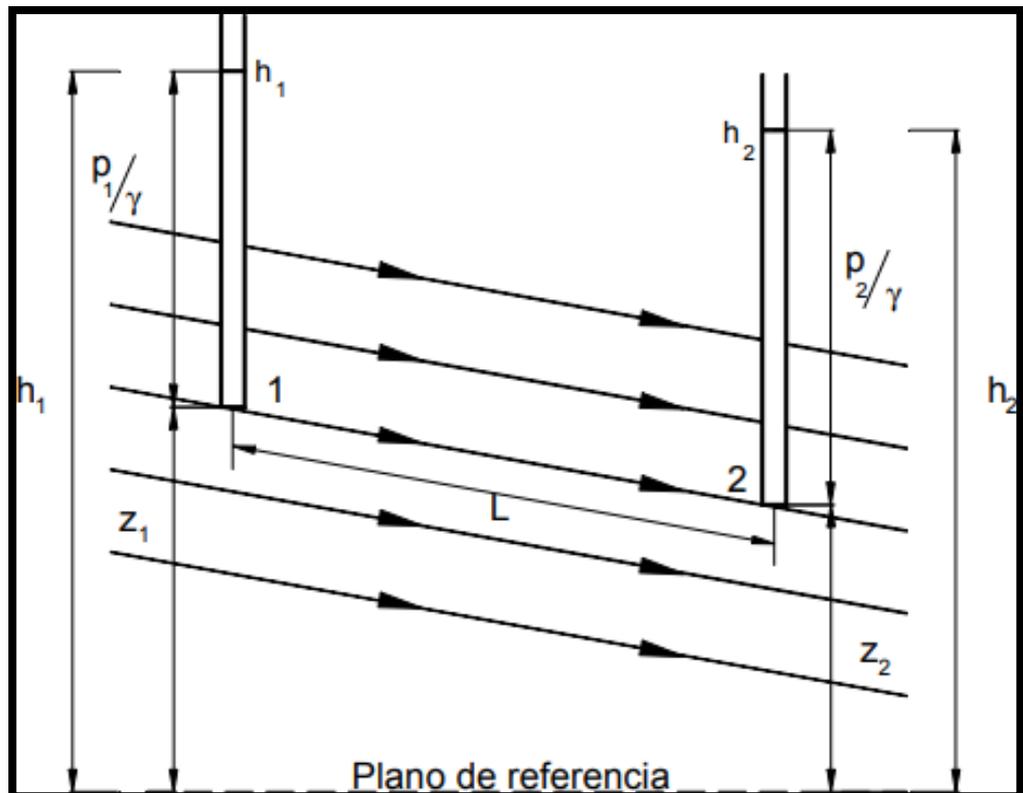


Figura N° 05 : Sección vertical de un sistema de flujo de agua subterránea  
Fuente : CUSTODIO, E. Y LLAMAS, M.R. (ED.), 2016).

### 2.2.11. Explotación de acuíferos.

Los acuíferos constituyen una etapa del ciclo hidrológico y el agua contenida en ellos se renueva permanentemente. Por una parte, se produce una alimentación gracias a la infiltración y por otra parte hay unas pérdidas a través de las fuentes. En condiciones naturales existe una situación de equilibrio, de manera que el nivel de los acuíferos permanece aproximadamente estable a largo plazo.

Sin embargo, el agua de los acuíferos es fácil de extraer y en unas ocasiones, el ritmo de extracción supera al de la recarga natural. En tales casos, se producen situaciones de sobre explotación que obligan a buscar el agua a profundidades cada vez mayores degradan su calidad y en las regiones costeras permiten la irrupción de agua salada procedente del mar, produciendo impactos difícilmente reversibles a escala humana.

Las áreas con mayores problemas de sobreexplotación de los acuíferos se sitúan en la cuenca del Guadiana, regiones mediterráneas y archipiélago canario (Instituto Geográfico Nacional, 2018).

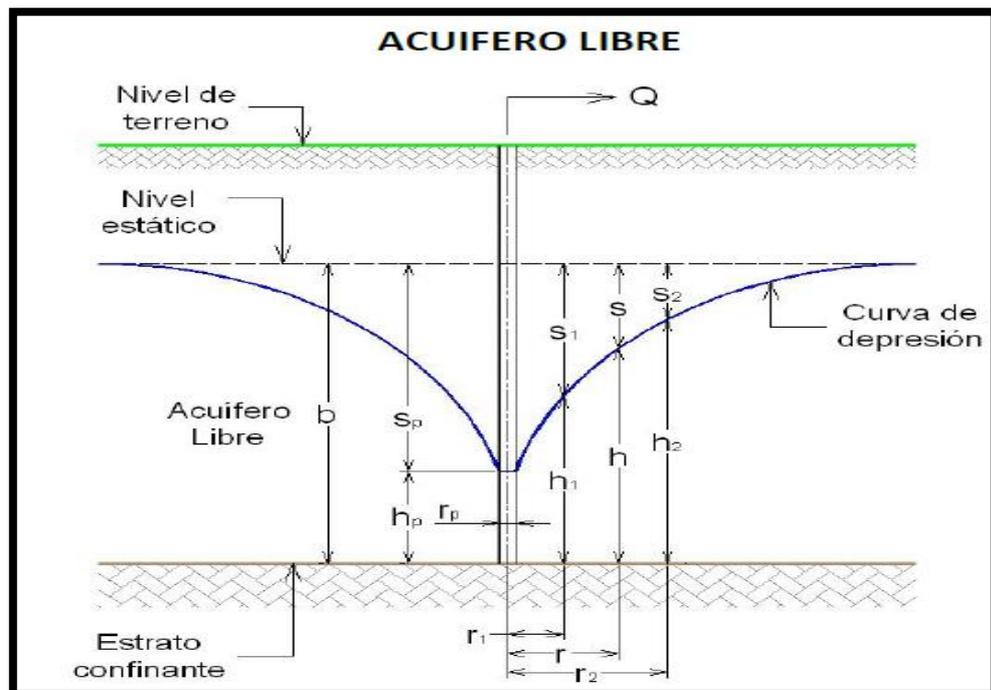


Figura N° 06 Régimen de equilibrio (Thiem - 1906)  
Fuente: Ing. Norberto O. Bellino – 2012. (PARIMANGO, RODRIGUEZ 2018)

### **2.2.12. Captación y origen de aguas subterráneas.**

Las aguas subterráneas son una importante fuente de abastecimiento de agua potable y prometen serlo aún más en el futuro, puesto que con el progresivo agotamiento de las aguas superficiales y el desarrollo de nuevas técnicas de perforación. Estas irán cubriendo, en un porcentaje cada vez mayor, las necesidades humanas. El origen de las aguas subterráneas es la infiltración en el terreno de las aguas de la lluvia, deshielo y corrientes superficiales.

Históricamente se han barajado teorías para explicar el origen de las aguas subterráneas, ya que se suponía que las cantidades precipitadas eran insuficientes para abastecer los grandes caudales de las aguas subterráneas. Sin embargo, hoy día se acepta sin reservas la teoría de que las aguas subterráneas proceden de la infiltración (producida por la fuerza de la gravedad y las fuerzas de atracción molecular) de las precipitaciones atmosféricas en cualquiera de sus modalidades (Solís, Fraga, Kattz, Castilla, Carrillo, 2015; p. 05).

### **2.2.13. Pozos verticales.**

#### **✓ Abiertos, excavados o brocales.**

Aquel que se construye por medio de picos, palas, etc., o equipo para excavación como cucharones de arena. Son de poca profundidad y se usan donde el nivel freático se encuentra muy cercano a la superficie. Su principal ventaja es que pueden construirse con herramientas manuales, además su gran diámetro proporciona una considerable reserva de agua dentro del pozo mismo (Organización Panamericana de la salud, 2014; p.24).



**Figura N° 07 : Sección vertical de un sistema de flujo de agua subterránea Fuente : CUSTODIO, E. Y LLAMAS, M.R. (ED.), 2016).**

✓ **Perforados o tubulares.**

Son pozos de agua o de una perforación es una obra de captación vertical que permite la explotación del agua freática contenida en los intersticios o las fisuras de una roca del subsuelo, en lo que se denomina acuífero (Aguirre, López, 2017; p.01).



**Figura N° 08 : Sección vertical de un sistema de flujo de agua subterránea Fuente: CUSTODIO, E. Y LLAMAS, M.R. (ED.), 2016).**

### 2.2.14. Esquema de un pozo tubular.

Dentro de un esquema del pozo tubular tiene las siguientes partes:

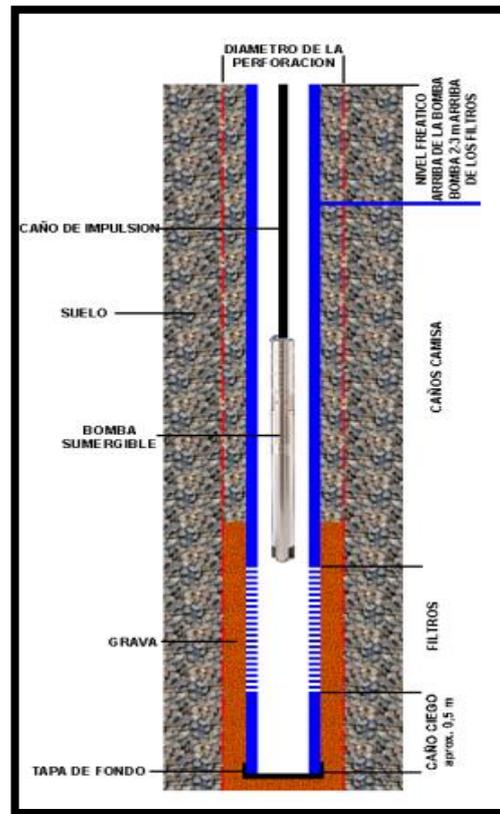


Figura N° 09 : Esquema de un pozo tubular vertical  
Fuente : PÉREZ DE LA CRUZ, F.J. 2012

### 2.2.15. Estudio hidrogeológico

Para realizar una perforación de un pozo primeramente se tiene que contar con un Estudio Hidrogeológico, que comprende en lo siguiente:

- La ubicación del predio y la ubicación del pozo, especificando las coordenadas cartográficas x, y, z).
- La geología del área de influencia, indicando las formaciones encontradas
- Determinar la hidrogeología del área. El acuífero a explotar.
- Antecedentes de las perforaciones vecinas, profundidad total, Nivel Estático y Caudal).

## 2.2.16. Métodos de perforación de pozos

Una perforación es un hueco que se hace en la tierra, atravesando diferentes estratos, entre los que puede haber unos acuíferos y otros no acuíferos; unos consolidados y otros no consolidados. Cada formación requiere un sistema de perforación determinado, por lo que a veces un mismo pozo que pasa por estratos diferentes obliga a usar técnicas diferentes en cada uno de los estratos. Una misma perforación puede atravesar varios acuíferos, por lo que es conveniente valorar cada uno de ellos para definir cuáles deben ser aprovechados a la hora de terminar el pozo.

La determinación de si una formación es acuífera o no, así como de su permeabilidad, se hace con base en las muestras que el perforador obtiene durante el transcurso de la perforación; de aquí la gran importancia que tiene realizar un buen muestreo. Existen métodos mecanizados y manuales para perforar pozos, pero todos se basan en dos modalidades: percusión y rotación (Organización Panamericana de la salud, 2014; p.24).

### ✓ **Perforación rotatoria.**

Las técnicas de rotación usando circulación de fluidos para la eliminación de los materiales sueltos de la perforación son efectivas para pequeños o moderados diámetros a cualquier profundidad, dentro de la capacidad de la máquina. En rotación convencional (Circulación Directa), el fluido de perforación es bombeado por el interior del varillaje al fondo del pozo, retornando a la superficie por el espacio anular resultante entre este varillaje y la perforación. En el barrido desde el fondo este fluido transporta el material suelto a la superficie permitiendo el avance de la perforación. No son habituales diámetros mayores de 450 mm (18 pulgadas). Utiliza como principio aplicar energía a la roca/suelo, haciendo rotar una herramienta al tiempo que la somete a la acción de empuje, lo que depende de la capacidad

de la máquina. Otro factor limitante es la capacidad de bombeo de lodo, ya que en función del diámetro perforado, precisará de suficiente velocidad de elevación para eliminar el material suelto. (Ferrer, 1995)



**Figura N° 10: Perforación rotatorio**  
Fuente: IGLESIAS MARTIN J.A. 2015-2016  
(PARIMANGO, RODRIGUEZ 2018)

✓ **Perforación a rotopercusión.**

Perforación rotopercutiva: corresponde al sistema más clásico de perforación de rocas, utilizado desde el siglo XIX. En este tipo de perforación se emplea la acción combinada de percusión, rotación, empuje y barrido, ya sea en equipos manuales para labores menores (pequeña minería y obras civiles de poca envergadura) o mecanizados (principalmente en minería subterránea de gran escala; ej: minas subterráneas de Codelco) y en obras civiles de gran envergadura, como la construcción de una caverna o túnel carretero (Métodos de perforación, 2014; p. 05).



**Figura N° 11: Perforación rotatorio**  
**Fuente: IGLESIAS MARTIN J.A. 2015-2016**  
**(PARIMANGO, RODRIGUEZ 2018, p.10)**

### **2.2.17. Entubación.**

El entubado de un pozo desempeña en general dos misiones fundamentales: sostener las paredes de la perforación y constituir la conducción hidráulica que pone en comunicación al acuífero con la superficie del terreno y/o con los elementos de extracción.

Cuando una misma perforación atraviesa varios niveles acuíferos, el entubado participa en la función de sellar aquellos que no se desee explotar sea para evitar una mezcla de aguas o para dar estabilidad a la perforación.

Durante la construcción de un pozo puede ser necesario, sobre todo en perforaciones a percusión, recurrir a un entubado provisorio para sostener los horizontes ya perforados, por ejemplo en terrenos incoherentes. Los métodos a rotación en general buscan evitar entubados provisorios utilizando lodos de inyección ya que los

mismos dan una mayor estabilidad a las paredes de las perforaciones mediante la formación de depósito de arcilla en estos y/o para la mejor presión ejercida por el peso de la columna de lodo. Las tuberías en general son metálicas y no es conveniente la utilización de metales distintos, pues las uniones de los tramos favorecen la corrosión electrolítica. Actualmente suelen utilizarse con frecuencia las tuberías de plástico reforzado (PVC aditivado), un material resistente, sin problemas corrosivos y de bajo peso. La utilización de uno u otro dependerá de la disponibilidad de materiales, de las características del terreno y del agua subterránea, de los costos y del criterio constructivo del responsable (ENOHSA Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento, 1995; p.90).

#### **2.2.18. Engravillado**

En un pozo perforado en un acuífero detrítico no consolidado, después de la entubación del mismo, se rellena de grava el espacio anular que queda entre la pared del sondeo y la cara exterior de la tubería de revestimiento. La dimensión de la grava a utilizar viene determinada por la granulometría del acuífero interceptado. En los acuíferos con porosidad secundaria no es imprescindible el engravillado, aunque también se realiza en algunas ocasiones.

Las funciones fundamentales del macizo de grava son:

- Estabilizar el terreno.
- Evitar el bombeo de arenas.
- Aumentar la permeabilidad en el entorno de las rejillas.

La grava que se utiliza para el empaque debe ser de naturaleza silíceas con clastos subredondeados, con la granulometría que se determine y coeficiente de uniformidad inferior a 2,5.

El espacio anular entre la pared del sondeo y la tubería de revestimiento debe quedar completamente relleno de grava, para evitar que durante la explotación del pozo se puedan producir

asientos bruscos de la misma, que generasen el colapso de dicha tubería.

El engravillado en un pozo se usa para estabilizar el suelo, para no extraer arena al momento del bombeo y tener mejor permeabilidad alrededor de las rejillas (Iglesias, 2015 – 2016; p.46 – 47).

### **2.2.19. Equipamiento de un pozo**

Con la información obtenida de la fase de perforación y aforo del sondeo se realiza el diseño del equipamiento del pozo. El proyecto de equipamiento electromecánico del pozo debe definir las siguientes instalaciones:

- Instalaciones hidráulicas: grupo de bombeo, tubería de impulsión, tuberías auxiliares y piezas especiales, válvulas, caudalímetro.
- Instalaciones eléctricas: transformadores, cables de alimentación, variadores de frecuencia, condensadores.
- Instalaciones de control y protección: cuadro de control, analizador de redes, autómatas programables (Iglesias, 2015 – 2016; p. 58).

#### **2.2.19.1. Instalaciones Hidráulicas.**

El elemento más importante de las instalaciones hidráulicas es el grupo de bombeo, que extrae el agua del interior del pozo hasta el punto de entrega. Hay varios tipos de bombas: de eje horizontal, de eje vertical y grupo electrobomba sumergible; estas últimas son las más empleadas en el equipamiento de pozos de captación de agua subterránea, ya que permiten extraer agua desde elevadas profundidades (Iglesias, 2015 – 2016; p. 59).

##### **❖ Grupo Electrobomba.**

Grupo electrobomba sumergible es un conjunto compuesto por un cuerpo de bomba centrífuga vertical

de una o varias etapas, accionada por un motor eléctrico construido especialmente para funcionar totalmente sumergido en agua. (Iglesias, 2015 – 2016; p. 59).

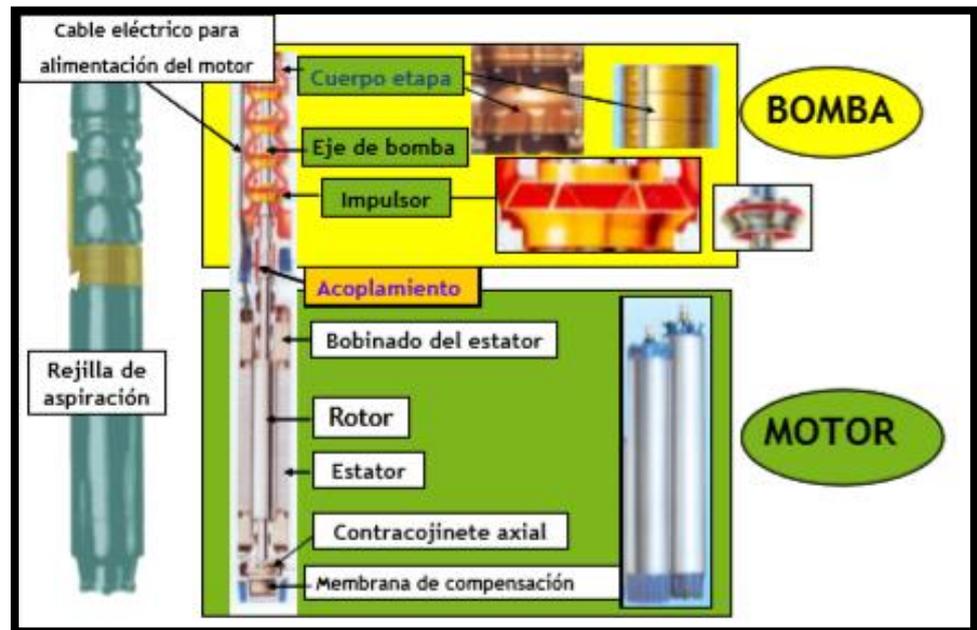


Figura Nº 12. Principales elementos de un grupo electrobomba sumergible (Pérez Martínez, 2001).

Los aspectos a considerar en la selección del equipo de bombeo son:

❖ **Ubicación.**

Se debe situar dentro de un tramo de tubería de revestimiento ciega, para evitar que la posible entrada de arena desde un filtro desgaste los impulsores. La zona en la que se coloca, denominada cámara de bombeo, debe de tener algún filtro por debajo de ella que aporte agua, para garantizar que haya un flujo de agua ascendente circulando a lo largo del motor de la bomba para refrigerarlo.

Si estos filtros inferiores no aportasen agua, habría que revestir el grupo de bombeo con una camisa de aspiración que fuerce a que el agua, que viene de los tramos filtrantes situados por encima del grupo de

bombeo, entre por la parte inferior de la campana y refrigere el motor. En este caso, hay que tener en cuenta que quede suficiente espacio anular entre la campana y la tubería de revestimiento para que pueda circular el caudal de agua adecuadamente (Iglesias, 2015 – 2016; p. 60).

#### ❖ **Caudal de explotación.**

La Hidráulica de Captaciones permite calcular el descenso total del nivel piezométrico creado por todos los pozos existentes dentro del radio de influencia de un pozo; así como el descenso real que se crea en el pozo para un determinado caudal de bombeo (sumatorio del descenso necesario para que se mueva el agua dentro del acuífero en función de sus características y de las pérdidas de carga causadas por la entrada del agua al pozo en función de lo mejor o construido que esté), que se puede calcular por medio de la ecuación del pozo.

Sin embargo, no siempre se tiene conocimiento de todos los datos necesarios para hacer estos cálculos, (principalmente pozos existentes en su área de influencia y los caudales de explotación de los mismos), por lo que para calcular el caudal de explotación se parte del caudal máximo de aforo, aplicándole un coeficiente corrector (Iglesias, 2015 – 2016; p. 61).

#### ❖ **Tubería de Impulsión.**

La tubería de impulsión comienza a la salida del grupo de bombeo y llega hasta la boca del pozo, finalizando en el punto de entrega del agua.

Esta tubería debe soportar una presión nominal suficiente para aguantar las posibles puntas de presión previstas en la instalación, al igual que las juntas intercaladas entre las bridas.

Las bridas de unión serán macho-hembra para embutir la junta entre ambas y los tramos de tubería se ensamblan con tornillería cincada. Estas bridas llevan muescas por las que pasan los cables de alimentación del grupo de bombeo y la tubería piezométrica.

La tubería de impulsión debe de tener un diámetro suficiente para dentro de la tubería de revestimiento del pozo, teniendo en cuenta el diámetro máximo de la brida, incluyendo el cable de alimentación del grupo electrobomba y las tuberías piezométricas (que se colocan alrededor de ella en las muescas que tienen las bridas de unión de los distintos tubos), y, a su vez, debe reducir al máximo las pérdidas de carga. La velocidad del agua en esta tubería debe de ser inferior a 3,5 m/s para que el flujo sea laminar (Iglesias, 2015 – 2016; p. 63).

#### **2.2.19.2. Instalaciones Eléctricas.**

Las Conexiones Eléctricas son cubiertas por las respectivas Normas DGE. NTP 370.252, ANSI/ICEA S-80-576, N-106-4019, N-106-4030.

“Las bombas sumergibles de pozo profundo instaladas en pozos, deben cumplir con los siguientes requerimientos:

(a) Los conductores de alimentación o tendidos de cables desde la boca del pozo deben ser:

(i) Conductores individuales o trenzados de los tipos RW90, TW y TW75, adecuados para ser manipulados a  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; o

(ii) Cables flexibles de los tipos G o W, o los cables de fuerza portátiles equivalentes; y

(b) Los cables o conductores de suministro deben ser soportados adecuadamente, a intervalos no mayores de 3 m dentro del tubo de descarga; y

(c) Los conductores o cables de alimentación deben ser tendidos entre la boca del pozo y el tablero general de distribución, de acuerdo con los requerimientos de la Sección 070; y (d) Las bombas deben ser enlazadas equipotencialmente a tierra, de acuerdo con los requerimientos de la Sección 060, con excepción de que cuando la tubería de descarga es metálica y continua, entre la bomba y la boca del pozo, se permite que el conductor para enlace equipotencial a tierra termine en una conexión a la tubería de descarga ubicada en la boca del pozo". (Código Nacional de Electricidad, 2006, p.150).

#### **2.2.20. Estación de bombeo de aguas subterráneas.**

Las Estaciones de Bombeo son estructuras destinadas a elevar el fluido desde un nivel energético inicial a un nivel energético mayor. Su uso es muy extendido en los varios campos de la ingeniería. Siendo el agua muy importante para la vida y para el desarrollo de las comunidades y ciudades en general, la ausencia del agua potable, provoca el retraso, y afecta en el diario vivir de las personas que viven en estos lugares donde por problemas, no porque no tengan agua, sino por la dificultad de transportarla desde un nivel bajo a otro de mayor altura. A manera de solventar esta problemática, se presenta la alternativa de las Estaciones de Bombeo, que son un sistema que se utiliza cuando la fuente de captación del agua potable, se encuentra en un nivel más bajo que la comunidad, por lo tanto se hace necesario elevar el agua a un nivel más alto, donde se ubican los tanques de almacenamiento y distribución para que, luego el agua llegue por gravedad a los distintos sectores de la comunidad (Padron, 2016)



Figura N° 13. Estación de bombeo pozo vertical subterráneo  
Fuente: (Dye P. 2014)

#### 2.2.21. Almacenamiento de agua para consumo.

##### ✓ **Reservorio de almacenamiento.**

La importancia del reservorio radica en garantizar el funcionamiento hidráulico del sistema y el mantenimiento de un servicio eficiente, en función a las necesidades de agua proyectadas y el rendimiento admisible de la fuente.

En algunos proyectos resulta más económico usar tuberías de menor diámetro en línea de conducción y construir un reservorio de almacenamiento. En el desarrollo del capítulo se presentan las consideraciones básicas que permiten definir metodológicamente el diseño hidráulico (Lara, 2016; p. 77).

##### ✓ **Consideraciones básicas.**

Los aspectos más importantes a considerarse para el diseño son la capacidad, ubicación y tipo de reservorio.

Para determinar la capacidad del reservorio, es necesario considerar la compensación de las variaciones horarias, emergencia para incendios, previsión de reservas para cubrir

daños e interrupciones en la línea de conducción y que el reservorio funcione como parte del sistema (Lara, 2016; p. 77).

✓ **Ubicación de reservorio de almacenamiento.**

La ubicación y nivel del reservorio de almacenamiento deben ser fijados para garantizar que las presiones dinámicas en la red de distribución se encuentren dentro de los límites de servicio. El nivel mínimo de ubicación viene fijado por la necesidad de que se obtengan las presiones mínimas y el nivel máximo viene impuesto por la resistencia de las tuberías de la red de distribución. La presión dinámica en la red debe estar referida al nivel de agua mínimo del reservorio, mientras que la presión estática al nivel de agua máximo. Por razones económicas, sería recomendable ubicar el reservorio próximo a la fuente de abastecimiento o de la planta de tratamiento y dentro o en la cercanía de la zona de mayores consumos. El área para el emplazamiento del reservorio no debe situarse en lugares que constituyan escurrimiento natural de aguas de lluvia (Organización Panamericana de la Salud, 2005; p. 11).

✓ **Capacidad del reservorio.**

Para el cálculo de la capacidad del reservorio, se considera la compensación de variaciones horarias de consumo y los eventuales desperfectos en la línea de conducción.

El reservorio debe permitir que la demanda máxima que se produce en el consumo sea satisfecha a cabalidad, al igual que cualquier variación en el consumo registrada en las 24 horas del día.

Ante la eventualidad de que en la línea de conducción puedan ocurrir daños que mantengan una situación de déficit en el suministro de agua mientras se hagan las reparaciones pertinentes, es aconsejable un volumen adicional que de oportunidad de restablecer la conducción de agua hasta el reservorio (Lara, 2016; p. 77).

✓ **Tipos de reservorio.**

Pueden construirse de concreto armado y acero. Su forma puede ser esférico, rectangular y cilíndrico. Según su posición en el terreno son enterrados, superficiales o elevados.

❖ **Enterrados.**

Son aquellos que tienen el depósito de agua totalmente enterrados o semi enterrados, se les conoce también como CISTERNAS. Las formas más empleadas son las rectangulares y circulares, esta última presenta ventajas para la resistencia de las presiones interiores (Medina, 2016; p. 06).



Figura N° 14. Reservorio enterrado Fuente: (Universidad Peruana Los Andes, Facultad de Ingeniería Civil, 2011)

❖ **Superficiales o apoyados.**

Estos reservorios son aquellos cuya cimentación y piso están directamente colocados sobre la superficie del terreno. Las formas más empleadas son las rectangulares y circulares, esta última presenta ventajas para la resistencia de las presiones interiores. Los materiales empleados en su construcción pueden ser de albañilería de

piedra, ladrillo, concreto armado y metálicos según su capacidad de abastecimiento (Medina, 2016; p. 07).



**Figura Nº 15. Reservorio apoyado**  
**Fuente: (Universidad Peruana Los Andes, Facultad de Ingeniera Civil, 2011)**

#### ❖ **Elevados.**

Los reservorios elevados son estanques de almacenamiento de agua que se encuentran por encima del terreno natural y son soportados por columnas y pilotes o por paredes.

Desempeñan un papel importante en los sistemas de distribución de agua, tanto del punto de vista económico, así como del funcionamiento hidráulico del sistema y del mantenimiento de un servicio eficiente (Aguilar,2019).



**Figura Nº 16. Reservorio elevado**  
Fuente:(Universidad Nacional de Ingeniería,  
Facultad de Ingeniería Civil, 2016)

✓ **Volumen de Reservorio de Almacenamiento.**

Para determinar la capacidad del reservorio se tiene que tener en cuenta los siguientes factores:

- Compensación de las variaciones de consumo,
- Reserva para incendio en caso lo amerite,
- Reserva para daños o interrupciones del sistema,
- Funcionamiento como parte del sistema.

Es así como el volumen total de almacenamiento estará conformado por el volumen de regulación, volumen contra incendio y volumen de reserva.

❖ **Volumen de Regulación.**

Para determinar el volumen de regulación se determina en

forma analítica y por medio de histogramas de las variaciones horarias de demanda, para formar una curva masa, pero el caso de no disponer de estos datos se tiene en cuenta las recomendaciones del RNC (Reglamento Nacional de Construcciones) en lo que se refiere al volumen de regulación como el 25% del promedio anual de la demanda siempre en cuando que el requerimiento de la fuente de abastecimiento sea calculado para 24 horas de funcionamiento (Narvaez, 2017;p.96).

❖ **Volumen Contra Incendio.**

Es aquel volumen que debe mantenerse para atender eventualidades tales como daños en le línea de aducción que mantendrían una situación en el suministro de agua mientras se realizan las reparaciones pertinentes, por ese motivo que es aconsejable mantener el volumen adicional que de la oportunidad de restablecer la conducción de agua hasta el reservorio. Para determinar este volumen se debe tener en cuenta el Reglamento Nacional de Construcciones (RNC) (Narvaez, 2017;p.97).

❖ **Volumen de reserva.**

Ante la eventualidad de que en la línea de aducción puedan ocurrir daños que mantendrían una situación de déficit en el suministro de agua, ya sea mientras se hacen las reparaciones de los sistemas de toma, conducción, tratamiento y/o casos de falla de un sistema de bombeo, es aconsejable un volumen adicional que de oportunidad a restablecer la conducción de agua hasta el estanque (Facultad de ciencias y Tecnológicas, 2015).

✓ **Partes de un de reservorio de almacenamiento.**

Consta de dos partes principales: el tanque de almacenamiento o cuba y la estructura de soporte. La estructura portante puede estar constituida por un fuste cilíndrico o tronco cónico, el cual es empleado para reservorios de gran capacidad o por una serie de columnas arriostradas, usadas en reservorios medianos y pequeños la conducción de agua hasta el reservorio (Aguilar, 2012; p. 05).

Los elementos estructurales que conforman el tanque elevado de concreto armado son:

❖ **Cúpula esférica superior.**

Es el elemento estructural que está ubicada en la parte superior del tanque elevado de concreto armado, este elemento tiene la forma de un casquete esférico. En este elemento se analizan los esfuerzos que producen el peso propio de la cúpula, este elemento no tiene contacto con el agua ni soporta grandes cargas (Chacaltana, Franco, Reyes 2011).

❖ **Cúpula esférica inferior.**

A diferencia de la cúpula anterior, este elemento está en la base de la estructura contenedora de agua, por lo que está en interacción con el líquido (Chacaltana, Franco, Reyes 2011).

❖ **Cuba.**

La cuba o recipiente que contiene el agua, tiene que estar diseñado para soportar las fuerzas de interacción con el agua (hidrostáticas e hidrodinámicas), sirve también para proteger al agua de la contaminación del ambiente externo. La cuba debe ser diseñada para resistir las fuerzas axiales, cortantes y momentos que se determinarán del análisis basado en la combinación de cargas (Chacaltana, Franco, Reyes 2011).

❖ **Fuste Cilíndrico.**

Es la estructura de soporte de la cuba, el líquido y las cúpulas. El fuste está sometido a flexo compresión, el fuste tiene poca ductilidad ante un evento sísmico por ser un elemento esbelto y hueco. El fuste debe ser diseñado para proporcionar una resistencia suficiente, la conexión del fuste y la cuba (fondo troncocónico) se debe diseñar para resistir las fuerzas axiales, cortantes y momentos, los cuales serán hallados con el análisis de cargas (Chacaltana, Franco, Reyes 2011).

❖ **Chimenea de Acceso.**

Es una pared cilíndrica interna con el diámetro necesario para la salida y llegada de tuberías, también para el acceso de una persona (Chacaltana, Franco, Reyes 2011).

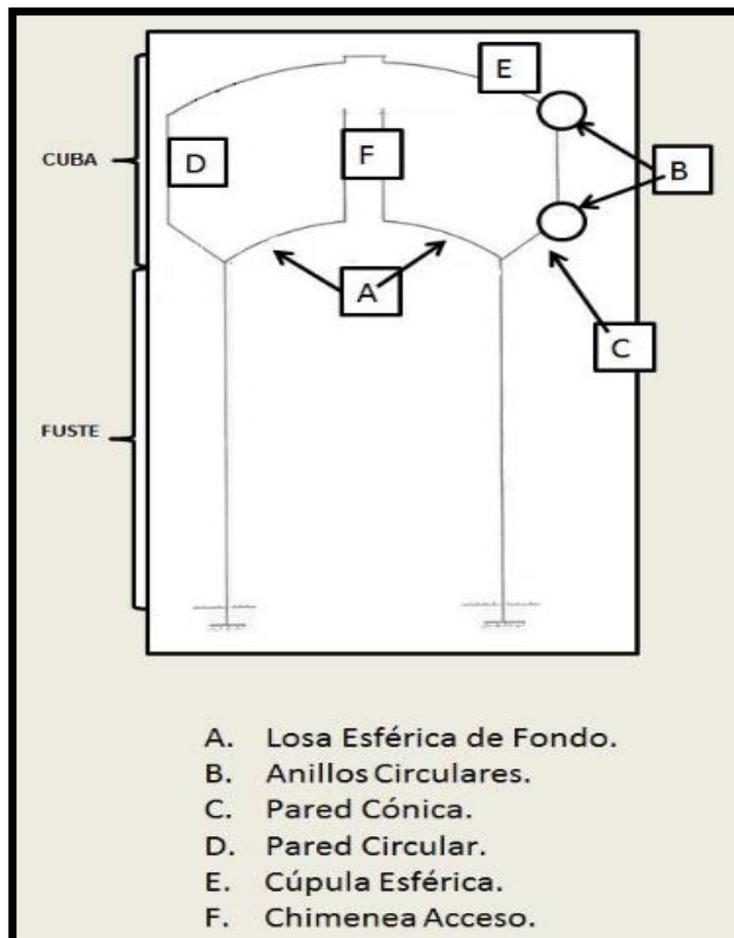


Figura N° 17. Partes de un reservorio elevado  
Fuente: (Organización Panamericana de la Salud, 2005)

## 2.2.22. Plan de contingencia desabastecimiento de agua potable.

El concepto básico de un plan de contingencia es la definición previa de la forma como se previenen y mitigan riesgos y se dispone la atención de un evento específico, por parte de las instituciones y los sectores comunitarios. El Plan está orientado a la reducción de riesgo de desabastecimiento de agua potable y al control de las situaciones que puedan presentarse y que tengan capacidad de afectar personas, infraestructura o medio ambiente (Emsercota S.A. 2016).

### 2.2.22.1. Contingencia: Desabastecimiento de agua por el fenómeno del niño.

CAUSA	NOMBRE DEL CONTROL	DESCRIPCION	TIPO	CLASE	RESPONSABLE
FENÓMENO DEL NIÑO	Campañas de educación ambiental de ahorro del agua a los usuarios	Generar en la población conciencia en del uso racional y eficiente del agua	Preventivo	Manual	Gerente Profesional Universitario del Área Operativa Técnico de acueducto y alcantarillado Almacenista
	Campañas de reforestación	Siembra de árboles en las recargas del acuífero			
	Detección de fugas en redes y usuarios	Adquisición de geófono y realizar inspección a las redes de acueducto	Preventivo	Manual	Profesional Universitario del Área Operativa
	Verificar los boletines del IDEAM	Monitorear de manera periódica los boletines emitidos por el Instituto de Hidrología, Metrología y Estudios Ambientales IDEAM sobre las alertas del fenómeno del niño o sequía	Detectivo	Manual	Profesional Universitario del Área Operativa
	Actos administrativos que regulen el uso del agua	Expedir actos administrativos que regulen el uso de agua en residencias, fincas, centros de producción, locales comerciales y de servicios	Detectivo	Manual	Alcaldía Municipal /Concejo Municipal
	Brigadas de control	Conformar y realizar brigadas de control y vigilancia del uso del agua en residencias, fincas centros de producción, locales comerciales y de servicios	Detectivo	Manual	Consejo Municipal de Gestión de riesgos y desastres -CMGRD-
	Campañas de educación ambiental	Intensificar las campañas de concientización a la ciudadanía ante las consecuencias del fenómeno de sequía	Detectivo	Manual	Profesional Universitario del Área Operativa Técnico de acueducto y alcantarillado Almacenista Gerencia CMGRD
	Medición de caudales	Reportes semanales de los niveles freáticos dinámicos y estáticos	Detectivo	Manual	Profesional Universitario del área operativa

Fuente: EMSERCOTA S.A. 2016; p.11.

### 2.2.22.2. Contingencia: Desabastecimiento de agua por sismo.

CAUSA	NOMBRE DEL CONTROL	DESCRIPCIÓN	TIPO	CLASE	RESPONSABLE
SISMIOS	Capacitación al personal	Capacitar al personal que labora al interior de la Empresa sobre formas de accionar frente a los movimientos telúricos	Preventivo	Manual	Talento humano
	Brigadas de emergencia	Conformar y realizar brigadas de emergencia para enfrentar accidentes producto del evento.	Preventivo	Manual	Talento humano
	Ruta de Evacuación	Establecer las rutas de evacuación de las instalaciones administrativas y plantas de la empresa	Preventivo	Manual	Talento humano COPASO
	Boletín del SGC	Seguimiento a boletines emitidos por el Servicio Geológico Colombiano de sismos presentados en el área del municipio	Detectivo	Manual	Profesional Universitario del Área Operativa
	Suministro de agua en carrotanques	*Compra y suministro de agua potable a la población del municipio de Cota-Cundinamarca *Suministro de agua a puntos críticos como instituciones educativas, centro de salud hogares infantiles, establecimiento de servicios sociales y administrativos	Correctivo	Manual	Gerente Almacenista Técnico de Acueducto y Alcantarillado

Fuente: EMSERCOTA S.A. 2016; p.13

### 2.2.22.3. Contingencia: Desabastecimiento de agua por corte de energía eléctrica.

CAUSA	NOMBRE DEL CONTROL	DESCRIPCION	TIPO	CLASE	RESPONSABLE
CORTE DEL SERVICIO DE ENERGIA ELECTRICA	Tablero de Control	Verificación del estado de los elementos control energía eléctrica al interior de los armarios en plantas PTAP y pozos.	Preventivo	Manual	Contratista Técnico de Acueducto y Alcantarillado
	Generador de electricidad	Gestionar la adquisición e instalación plantas generadoras de electricidad en plantas PTAP y Pozos profundos	Preventivo	Manual	Gerente Profesional Universitario Financiero Técnico de acueducto y alcantarillado Almacenista
	Adquirir motores nuevos para pozo profundo	Gestionar la adquisición tres motores para los tres pozos profundos para tener en stock y así agilizar un mantenimiento correctivo debido a posible daño por pico de voltaje.	Preventivo	Manual	Gerente Profesional Universitario Financiero Técnico de acueducto y alcantarillado Almacenista
	Aviso de operarios plantas	Contactar y solicitar a CODENSA SA ESP reinicio suministro de energía eléctrica	Detectivo	Manual	Profesional Universitario del Área Operativa
	Suministro de agua en carrotaques	*Compra y suministro de agua potable a la población del municipio de Cota- Cundinamarca *Suministro de agua a puntos críticos como instituciones educativas, centro de salud hogares infantiles, establecimiento de servicios sociales y administrativos	Correctivo	Manual	Gerente Almacenista Técnico de Acueducto y Alcantarillado

Fuente: EMSERCOTA S.A. 2016; p.14

**2.2.22.4. Contingencia: Desabastecimiento de agua por acción humana.**

CAUSA	NOMBRE DEL CONTROL	DESCRIPCION	TIPO	CLASE	RESPONSABLE
<b>ACCION HUMANA</b>	Plan de Inducción y Reinducción a personal operativo	Capacitar al personal operativo novato en el adecuado manejo de la operación del sistema hidráulico.	Preventivo	Manual	Profesional Universitario del Área Operativa
	Auditar mantenimiento a pozos profundos	Verificar que el cronograma de mantenimiento a pozos se realice exactamente en los tiempos previstos sin retrasos	Preventivo	Manual	Profesional Universitario Operativo Técnico de acueducto y alcantarillado
	Verificar llegada de agua a torres de aireación	Monitorear continuidad del proceso de tratamiento para evitar retraso en el envío de agua cruda a la PTAP	Detectivo	Manual	Operario de planta
	Suministro de agua en carrotaques	*Compra y suministro de agua potable a la población del municipio de Cota-Cundinamarca *Suministro de agua a puntos críticos como instituciones educativas, centro de salud hogares infantiles, establecimiento de servicios sociales y administrativos	Correctivo	Manual	Gerente Almacenista Técnico de Acueducto y Alcantarillado

Fuente: EMSERCOTA S.A. 2016;p.15

### **2.2.23. Sistema de abastecimiento de agua potable.**

El sistema de abastecimiento por bombeo sin tratamiento es un conjunto de estructuras que llevan agua del subsuelo hasta las viviendas, pasando a través de una red de conexiones. Se requiere un sistema de bombeo mecanizado que extraiga e impulse el agua desde el subsuelo hacia un reservorio para, posteriormente, ser distribuida a las viviendas. Debido a que son fuentes de agua subterránea, tienden a tener buena calidad y no suelen requerir de un tratamiento previo a su abastecimiento; sin embargo, según el tipo de subsuelo y a la práctica de actividades inadecuadas (vertidos industriales, aguas negras no tratadas, etc.), se pueden variar las características físicas y químicas del agua, por lo que se recomienda realizar un análisis de calidad (Reyna, 2017).

#### **❖ La captación.**

Es la parte inicial del sistema hidráulico y consiste en las obras donde se capta el agua para poder abastecer a la población. Pueden ser una o varias, el requisito es que en conjunto se obtenga la cantidad de agua que la comunidad requiere. (Jiménez, 2013; p.17).

#### **❖ Línea de Conducción.**

La línea de conducción en un sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad es el conjunto de tuberías, válvulas, accesorios, estructuras y obras de arte encargados de la conducción del agua desde la captación hasta el reservorio, aprovechando la carga estática existente (Seguil, 2015; p.01).

#### **❖ Reservorio o Almacenamiento.**

El reservorio o almacenamiento es una estructura con dos funciones: almacenar la cantidad suficiente de agua para satisfacer la demanda de una población y regular la presión adecuada en el sistema de distribución dando así un servicio eficiente (Pérez, 2018).

### ❖ Líneas de Aducción.

La definición de líneas de aducción se considera como el tramo de tubería que sale del sitio de reservorio o abastecimiento hacia las viviendas y que conduce la cantidad de agua que se consume en ese momento. (Educativo informativo, 2012)

### ❖ Red de Distribución.

Una red de distribución es aquella en la que se transporta el agua desde la planta de tratamiento o del tanque de almacenamiento hasta la conexión del servicio, es decir, el punto en el que el usuario puede hacer uso de ella, ya sea una toma de agua comunitaria o conexiones domiciliarias.

Con estos sistemas se pretende preservar la calidad y la cantidad de agua, así como mantener las presiones suficientes en la distribución de esta (Gur y Spuhler 2018)

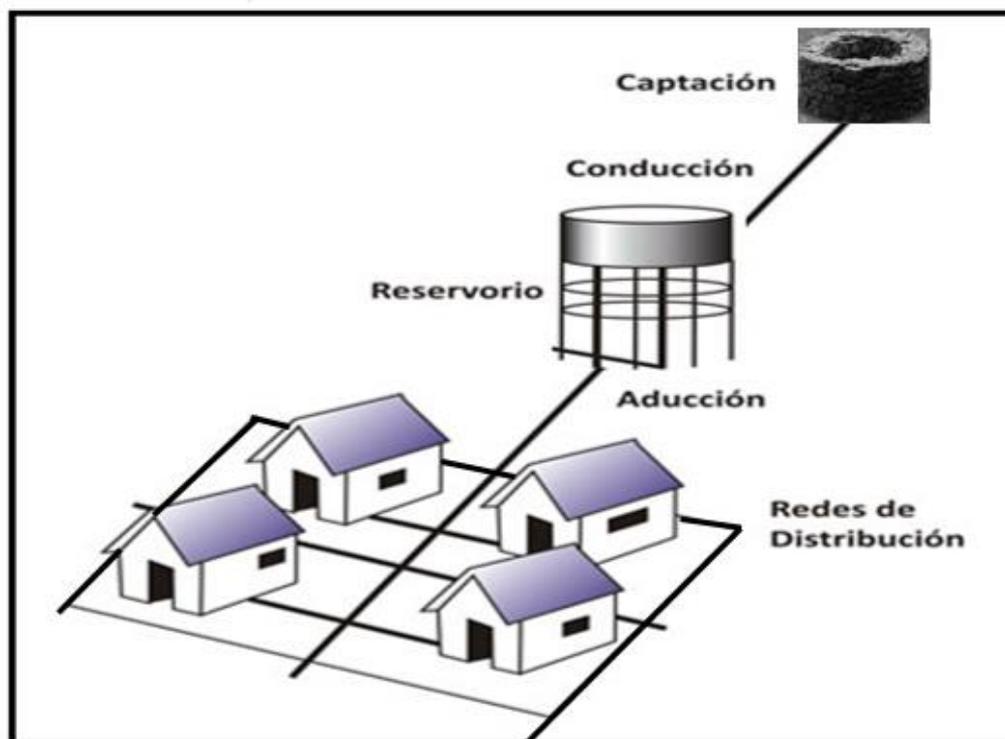


Figura N° 18. Sistema de abastecimiento de agua potable  
Fuente: (Guías de orientación en saneamiento básico para alcaldías de municipios rurales y pequeñas comunidades, 2015)

#### **2.2.24. Centro cívico de Trujillo.**

El centro histórico de Trujillo o centro monumental es la zona urbana principal y el centro más importante del desarrollo y desenvolvimiento de la ciudad peruana de Trujillo en el departamento de La Libertad. El conjunto de vías de su trama urbana inicial se encuentra circundado en forma elíptica por la avenida España, la cual fue construida sobre el trazo de la antigua Muralla de Trujillo. Alberga la sede de gobierno de la ciudad así como otras importantes entidades establecidas en la localidad. En la parte central de esta área urbana se encuentra la Plaza de Armas, donde se produjo la fundación española la ciudad en 1534 y también de la proclamación de la Independencia de Trujillo el 29 de diciembre de 1820.

El centro histórico contiene numerosos monumentos que datan de la época virreinal y republicana. Fue declarado Ciudad Monumental por decreto municipal del 23 de abril de 1971 y Zona Monumental por resolución suprema N° 2900-72-ED del 26 de diciembre de 1972. Constituye también el núcleo urbano más importante y característico de la ciudad al mantener su doble condición de centro histórico y centro activo del conglomerado metropolitano de Trujillo, según el rol que le otorga el Plan de Desarrollo Metropolitano de Trujillo. El cuidado y mantenimiento de la zona monumental de Trujillo es realizado por la Municipalidad Provincial de Trujillo; la Ley N° 23853 de la ley orgánica de municipalidades le faculta para regular, promover y asegurar la conservación del patrimonio cultural inmueble de la ciudad.

Actualmente centro histórico de Trujillo cuenta con una población aproximada de 21,000 habitantes y se encuentra circundado por la Avenida España; en el pueden encontrarse numerosas construcciones que datan de los periodos virreinal y republicano; pero ha sido afectado por el cono urbanismo incidiendo en el aspecto urbano ambiental, dependiendo mucho este aspecto de la

Municipalidad de Trujillo y Gobierno Regional (Centro histórico de Trujillo (Perú) – Wikipedia, la enciclopedia libre, 2017).

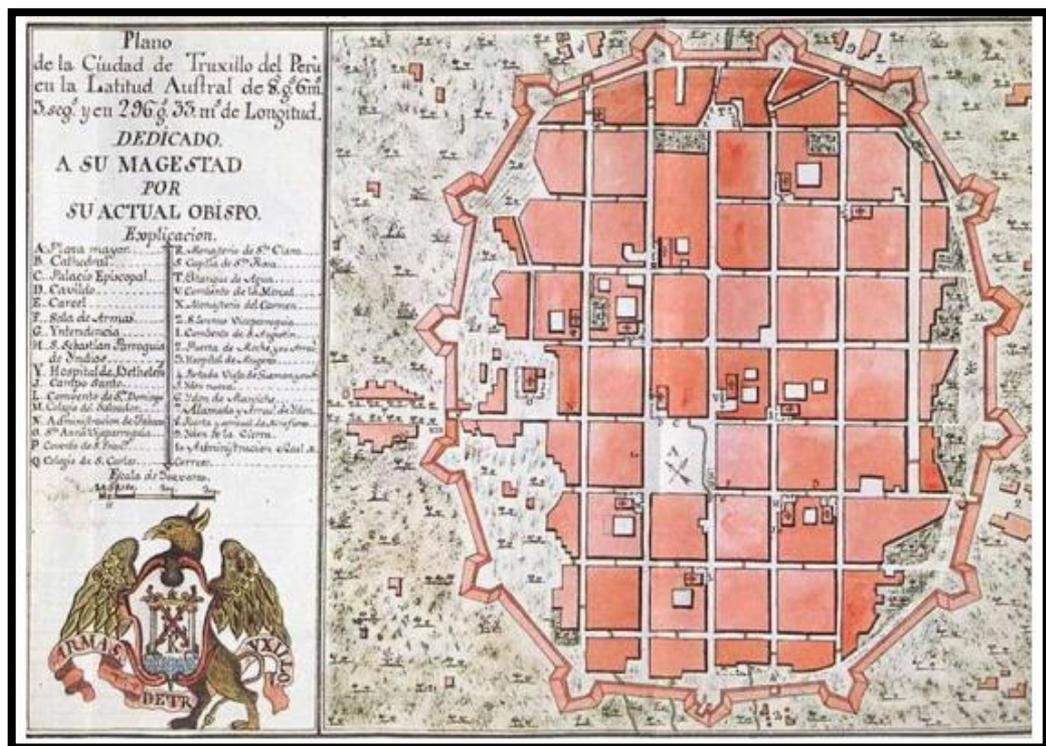


Figura Nº 19. Plano del Centro de Trujillo siglo XVIII.

Fuente: (Wikipedia, la enciclopedia libre, 2017)

### 2.3. Marco conceptual

#### ✓ Pozo

Un pozo es un agujero, excavación o túnel vertical que perfora la tierra, hasta una profundidad suficiente para alcanzar lo que se busca, sea una reserva de agua subterránea del nivel freático o fluidos como el petróleo. Generalmente de forma cilíndrica, se suele tomar la precaución de asegurar sus paredes con ladrillo, piedra, cemento o madera, para evitar su deterioro y derrumbe (Pozo – Wikipedia, la enciclopedia libre, 2015).

#### ✓ Aguas subterráneas.

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

ser los ríos, arroyos, lagos y lagunas. El agua subterránea se sitúa por debajo del nivel freático y está saturando completamente los poros y/o fisuras del terreno y fluye a la superficie de forma natural a través de vertientes o manantiales o cauces fluviales. Su movimiento en los acuíferos es desde zonas de recarga a zonas de descarga, con velocidades que van desde metro/año a cientos de m/día, con tiempos de residencia largos resultando grandes volúmenes de almacenamiento, aspectos característicos del agua subterránea. (Collazo y Montaña, 2012; p.16)

✓ **Acuífero.**

Se llama formación acuífera a cualquier estrato geológico capaz de almacenar y transmitir agua. Por consiguiente, para que un pozo produzca agua se necesita que esté en contacto con una formación acuífera. (Bellido, 2004; p.19)

✓ **Cuenca Hidrográfica.**

La cuenca hidrográfica es el espacio de territorio delimitado por la línea divisoria de las aguas, conformado por un sistema hídrico que conducen sus aguas hacia un mismo punto de salida. En la cuenca hidrográfica se encuentran los recursos naturales y la infraestructura creada por las personas, en las cuales desarrollan sus actividades económicas y sociales que generan diferentes efectos favorables y no favorables para el bienestar humana. Las cuencas hidrográficas son consideradas sistemas hidrológicos, por lo cual existen entradas y salidas que pueden ser cuantificables. En ellas se producen interacciones entre sus distintos elementos y existe una alta interdependencia entre usos y usuarios (García 2017; p.09 – 10).

✓ **Ciclo Hidrológico.**

El ciclo hidrológico es la sucesión de etapas que atraviesa el agua al pasar de la atmósfera a la tierra y volver a la atmósfera: evaporación

desde el suelo, mar o aguas continentales, condensación de nubes, precipitación, acumulación en el suelo o masas de agua y reevaporación.

El ciclo hidrológico involucra un proceso de transporte recirculatorio e indefinido o permanente, este movimiento permanente del ciclo se debe fundamentalmente a dos causas: la primera, el sol que proporciona la energía para elevar el agua (evaporación); la segunda, la gravedad terrestre, que hace que el agua condensada descienda (precipitación y escurrimiento).

Chereque, 1989, se entiende como el conjunto de cambios que experimenta el agua en la naturaleza, tanto en su estado (sólido, líquido y gaseoso) como en su forma (agua superficial, subsuperficial, subterránea, etc.).(Ordoñez, 2011; p. 10).

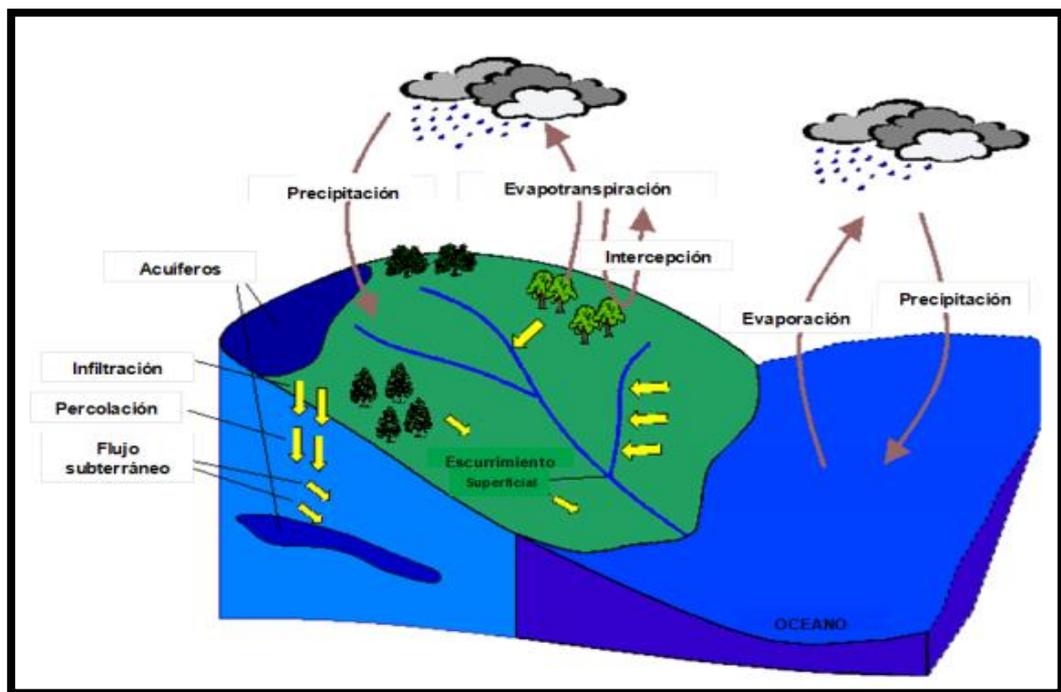


Figura Nº 20. Ciclo hidrológico. Fuente: Musy, André, 2001

#### ✓ Sistema Hidrológico.

Los fenómenos hidrológicos son muy complejos, por lo que nunca pueden ser totalmente conocidos. Sin embargo, a falta de una concepción perfecta, se pueden representar de una manera simplificada mediante el concepto de sistema. Un sistema viene a ser un conjunto de

partes diferenciadas que interactúan como un todo. El ciclo hidrológico podría considerarse como un sistema, cuyos componentes son: precipitación, evaporación, escorrentía, y las otras fases del ciclo, tal como se muestra en la figura N° 21. (Ordoñez, 2011; p. 10 – 11).

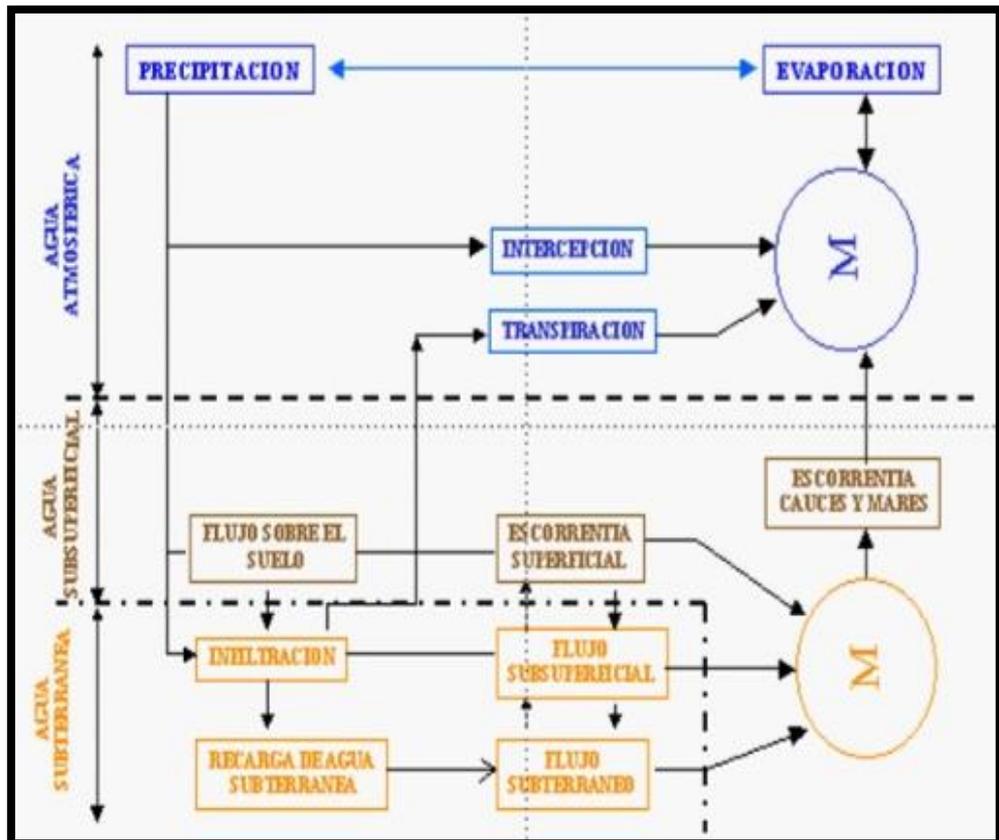


Figura N° 21 : Representación del sistema hidrológico Fuente : CEPEDA, L. 1998.

✓ **Bomba sumergible.**

Se trata de una bomba de tipo centrífuga que acoplada a un motor sumergible, se constituye en un conjunto donde el eje de unión de una parte (Bomba) y la otra (motor) es de pequeña extensión, reduciendo con esto las pérdidas de carga, demanda de energía, riesgos de daños, etc. Este equipamiento presenta la ventaja de que una vez definido el nivel de bombeo (nivel dinámico) para un determinado caudal de explotación, puede trabajar posteriormente debajo de este punto. El motor sumergible es alimentado por un cable eléctrico blindado y que puede operar a

grandes profundidades sin riesgo de infiltración de agua y reducción de su aislamiento (salvo daños físicos al mismo). Estos conjuntos motobombas pueden trabajar con caudales pequeños (1 m<sup>3</sup>/h) hasta caudales de centenas de metros cúbicos 24 por hora, durante miles de horas, sin requerir su remoción (siempre que sean operados convenientemente). (Escobar, 2017; p. 23).

✓ **Pozo tubular.**

Es una perforación vertical que se hace en el terreno de forma cilíndrica y de diámetro mucho menor que su profundidad. Una vez hecha la perforación se instala un tubo vertical dentro de ella, el cual tiene unas secciones de tubería llamadas filtros que se instalan en frente de los acuíferos para que el agua penetre y pueda ser bombeada a la superficie del terreno.(Arbeláez, Baena, 2012; p.56).

✓ **Columna tubular.**

Columna de tubos lisos y filtros, la inyección del pre filtro y requiere limpieza del pozo, mediante el cambio del fluido de perforación por agua. (Escobar, 2017; p. 25)

✓ **Cono de depresión.**

Disminución del nivel de agua causado por el movimiento convergente desde el acuífero hacia el pozo durante el bombeo, semejante a un embudo con eje en la perforación. La forma y dimensión dependerán de las características hidráulicas del acuífero y puede ser determinado a partir de los datos obtenidos en el test de caudal. (Escobar, 2017; p. 25)

✓ **Pre Filtro.**

Material sedimentario, granulométricamente seleccionado, predominantemente de cuarzo, aplicado en el espacio anular entre la perforación y la columna de revestimiento (tubos y filtros), que tiene como objetivo retener las partículas del área productora del acuífero. (Escobar, 2017; p. 26)

✓ **Filtros.**

Tubería especialmente construida con el objetivo de permitir el flujo de agua proveniente del acuífero hacia el pozo. Tales tubos pueden ser de acero o de PVC, provistos de aberturas, perforadas, estampadas, ranuradas o espiraladas, establecidas de modo de retener partículas sólidas de la formación, natural o artificialmente, a través del pre filtro. (Escobar, 2017; p. 26).

✓ **Nivel Dinámico (ND)**

Medida del nivel de agua de un pozo en producción, relativa a la superficie del terreno en el lugar. (Escobar, 2017; p. 27).

✓ **Nivel Estático (NE)**

Medida de nivel de agua en un pozo, en reposo o estancamiento, relativo a la superficie del terreno en el lugar. (Escobar, 2017; p. 27)

✓ **Nivel Piezométrico (NP)**

El nivel piezométrico corresponde a la carga hidráulica que tiene el agua dentro del acuífero. En un acuífero libre coincide con el nivel del agua a presión atmosférica. (Escobar, 2017; p. 27)

✓ **Exploración hidrogeológica.**

Conjunto de estudios, trabajos y operaciones, llevados a cabo tanto por técnicas directas como indirectas, encaminados a la localización de acuíferos, para captación de aguas subterráneas, en cantidad y con calidad adecuadas para el fin pretendido y definición en las condiciones óptimas de explotación (Mansilla, 2015; p. 01).

✓ **Evaporación.**

Se define como el proceso mediante el cual se convierte el agua líquida en un estado gaseoso. La evaporación puede ocurrir solamente cuando el agua está disponible. También se requiere que la humedad de la

atmósfera ser menor que la superficie de evaporación (a 100% de humedad relativa no hay evaporación más). (Ordoñez, 2011; p.12).

✓ **Precipitación.**

La precipitación es el origen de todas las corrientes superficiales y profundas, por lo cual su cuantificación y el conocimiento de su distribución, en el tiempo y en el espacio, se constituyen en problemas básicos para la hidrología.

Dentro del término de precipitación se refiere a todas las aguas meteóricas que caen en la superficie de la tierra, tanto en forma líquida (llovizna, lluvia) y sólida (nieve, granizo) y las precipitaciones ocultas (rocío, la helada blanca, etc) (Segeberer, Villodas, 2006; p.51).

✓ **Infiltración.**

Se entiende por infiltración el volumen de agua procedente de las precipitaciones, que en un determinado tiempo, atraviesa la superficie del terreno y ocupa total o parcialmente los poros del suelo o de las formaciones geológicas subyacentes. No toda la infiltración alcanza la zona saturada, pues en mayor o menor proporción, una parte queda en la zona superior y vuelve a la atmósfera por el proceso de evapotranspiración. (Universidad de Piura, 2015).

✓ **Hidrograma.**

Gráfica que muestra las variaciones de caudal de un río o del nivel del agua subterránea en una perforación respecto a un nivel de referencia frente al tiempo. El Hidrograma unitario es el nombre con el que se conoce un método de cálculo que permite transformar la precipitación en escorrentía superficial; sirve para facilitar la predicción de cómo responderán cuencas fluviales concretas ante diferentes supuestos de precipitación. En el Hidrograma de caudales se representan las variaciones de caudal respecto al tiempo. (Quijano, 2012; p. 28).

✓ **Aforo.**

El aforo del agua consiste en medir el caudal de agua de un curso o río. Del mismo modo, se habla de aforo en referencia a la medición de la cantidad de agua que de un pozo se puede extraer en un periodo de tiempo determinado (Significados.com 2016).

✓ **Balance hídrico.**

Es la herramienta más importante para determinar el volumen de aguas subterráneas disponible y aprovechable de manera sostenible. Permite calcular el volumen de recarga que reciben los acuíferos en un tiempo dado y se considera como el volumen máximo a extraer para mantener el equilibrio en el sistema de aguas subterráneas (Arbeláez, Baena, 2012; p.32).

✓ **Hidrología.**

Ciencia que estudia las aguas superficiales y subterráneas de la Tierra, y su aparición, circulación y distribución, tanto en el tiempo como en el espacio, sus propiedades biológicas, químicas y físicas, sus reacciones con el entorno, incluyendo su relación con los seres vivos. (Miranda, 2008; p. 84).

✓ **Año hidrológico.**

Período continuo de doce meses seleccionados de manera que los cambios globales en el almacenamiento sean mínimos, por lo que la cantidad sobrante de un año al siguiente, se reduce al mínimo. (Miranda, 2008; p. 81).

✓ **Caudal.**

El caudal se define como el volumen del líquido que pasa por una sección normal de una corriente de agua en una unidad de tiempo se mide en m<sup>3</sup>/s, l/s, etc.(Tecsup virtual, 2015; p.01).

✓ **Recarga del Acuífero.**

En términos generales se denomina recarga al proceso por el cual se incorpora a un acuífero agua procedente del exterior del contorno que lo limita. Asimismo, al volumen de agua que se infiltra o al flujo descendente en un intervalo de tiempo que alcanza el nivel freático formando o aumentando las reservas de agua (Chamorro, 2009; p.04)

✓ **Sequías amenaza de disminución de agua potable.**

Son períodos secos prolongados en ciclos climáticos naturales, originados por un conjunto complejo de elementos hidrometeorológicos que actúan en el suelo y en la atmósfera. La sequía no se inicia necesariamente cuando deja de llover, puesto que en ese caso podría disponerse de agua almacenada en presas o en el subsuelo para mantener el balance hídrico durante algún tiempo.

En general, entre los efectos de la sequía se pueden citar:

- Disminución de la lluvia, con la consiguiente reducción de aguas superficiales en los cursos y el riesgo de pérdidas para la agricultura y ganadería que esto conlleva.
- Alteración de la fauna en las zonas influidas por los cursos de agua afectados.
- Alteraciones en el nivel de vida de poblaciones, consecuencia del perjuicio sufrido en su actividad económica.
- Los efectos posibles en los sistemas de abastecimiento de agua potable y alcantarillado son:
- Pérdida o disminución de caudal de agua superficial o subterránea.
- Disminución de los niveles de agua en las zonas de captación.
- Necesidad de suministro de agua mediante camiones cisterna, con la consiguiente pérdida de calidad y aumento de costos.
- Abandono del sistema.

- Acumulación de materia sólida en los sistemas de alcantarillado. (CEPEDA, L. 1998 ; p.28 ).

Efectos sobre los sistemas de agua potable y agua residual	Terremoto	Erupción Volcánica	Deslizamiento	Huracán	Inundación	Sequía
Fallos estructurales en la infraestructura de los sistemas	●	○	●	●	●	○
Ruptura de tuberías	●	○	●	◐	●	○
Obstrucciones en captaciones, desarenadores, plantas de tratamiento y tuberías de conducción.	○	●	◐	◐	●	○
Contaminación biológica y química de las aguas para abastecimiento	◐	●	○	●	●	○
Reducción cuantitativa de la producción de las fuentes de agua para abastecimiento	◐	◐	○	○	○	●
Interrupción del servicio eléctrico, comunicación y vías de acceso	●	○	◐	●	◐	◐
Escasez de personal	●	◐	◐	◐	◐	○
Escasez de equipo, repuestos y materiales	●	○	◐	●	●	○

**Simbología:** ● Afectación alta    ◐ Afectación moderada    ○ Afectación mínima

**Cuadro N° 02: Matriz de los efectos e intensidades provocados por los eventos adversos. Fuente: OMS/OPS. 2014**

## 2.4. HIPÓTESIS.

El Sistema de abastecimiento de agua subterránea, será una solución para consumo en casos de contingencia para el Centro Cívico de Trujillo.

## 2.5. VARIABLES

Dependiente [Y(J)]:  $j=1$

Sistema de Abastecimiento de agua en caso de contingencia.

Independiente [X(i)]  $i=1,2,3$

Centro Cívico de Trujillo.

- **Operacionalización de las variables.**

Variable	Indicador	Medición	Unidad	Instrumentos
Y11	Sistema de Abastecimiento de agua subterránea, como prevención para consumo.	Altura Área Volumen Caudal	m M2 m3 m <sup>3</sup> /seg	Excel Formulas Hidraulica
Y12	Sistema de Abastecimiento de agua subterránea, para consumo en casos de contingencia o emergencia en el Centro Cívico de Trujillo.	Altura Área Volumen Caudal	m M2 m3 m <sup>3</sup> /seg	Métodos y Softwares de Ingeniería Hidráulica
Y13	Sistema de Abastecimiento de agua subterránea, al Centro Cívico de Trujillo en caso de Contingencia	Altura Área Volumen Caudal	m M2 m3 m <sup>3</sup> /seg	Excel Autocad S10 MOF ROF

# CAPITULO III

## METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

### 3.1. Tipo y nivel de investigación

✓ **Tipo de Investigación.**

Por el propósito: Investigación Aplicada

Por el nivel de conocimientos que se adquieren: Investigación Descriptiva

Por la clase de medios utilizados para obtener los datos: Investigación de Campo

✓ **Nivel de Investigación.**

De acuerdo a la naturaleza del estudio de investigación reúne por su nivel las características de un estudio descriptivo, explicativo y correlacionado.

### 3.2. Población y muestra.

#### 3.2.1. Población.

Sistema de Abastecimiento de agua subterránea en el Centro Cívico de Trujillo.

#### 3.2.2. Muestra.

Sistema de Abastecimiento de agua subterránea en el reservorio Las Quintanas.

### 3.3. Técnicas e instrumentos de investigación.

#### 3.3.1. Etapa de Campo.

Esta etapa comprende de varias acciones que son desarrolladas a lo largo del tiempo de duración del estudio, entre las que podemos citar en orden cronológico son:

- ❖ Evaluar y realizar el Inventario de los pozos perforados que están

operativos y los que no están operativos mediante la observación visual y toma de imágenes, en la zona de estudio del Centro Cívico de Trujillo.

- ❖ Evaluar y realizar el Inventario de los reservorios construidos y su ubicación relacionándolos con los pozos profundos existentes.
- ❖ Proponer la construcción de Reservorio elevado típico muy cercano a los pozos profundos y su equipamiento para el bombeo del agua subterráneo a cada reservorio que se construya.
- ❖ Calcular el volumen disponible en los reservorios construidos y adicionales a construirse, para que abastezcan a la población en caso de contingencia o emergencia.



**Fotografía N° 01.**  
**Tesista junto al pozo**  
**subterráneo**  
**inoperativo ubicado**  
**en el museo central**  
**Banco Central de**  
**Reserva del Perú en el**  
**centro cívico de**  
**Trujillo.**

**Fotografía N° 02**  
**Tesista**  
**junto al pozo**  
**subterráneo inoperativo**  
**ubicado en la Casona**  
**del Mayorazgo de**  
**Facalá en el centro**  
**cívico de**  
**Trujillo.**



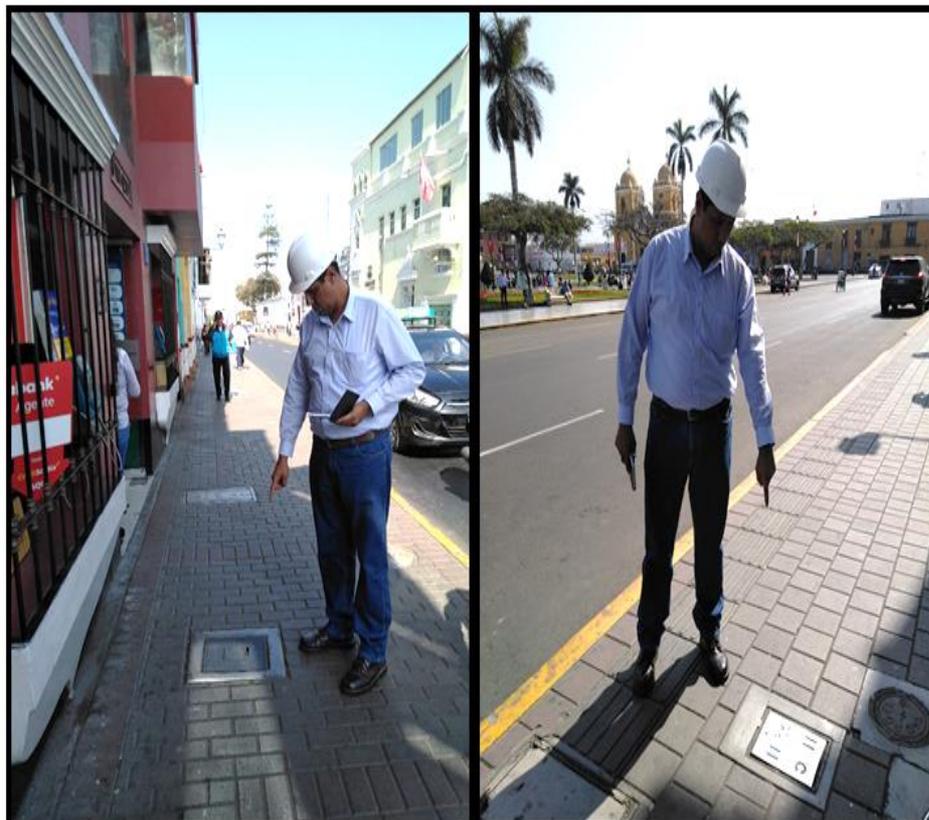
Fotografías N° 03 y 04 Tesista verificando la existencia de los pozos operativos subterráneos de Santa Ines2, San Salvador, Esperanza 4 y Pesqueda Provincia Trujillo.



Fotografías N° 05 y 06 Tesista verificación de los reservorios de abastecimiento de agua potable Las Quintanas, Universidad Nacional de Trujillo (UNT) Monserrate y San Andrés Provincia Trujillo.



Fotografías N° 07 y 08 Tesista observando la red de distribución de agua potable en los diferentes puntos del centro cívico de Trujillo.



### **3.3.2. Trabajos de gabinete.**

En este punto el trabajo de gabinete se realizó las siguientes actividades:

- ❖ Recopilar información sobre el sistema de abastecimiento de agua potable mediante de pozos subterráneos en caso de contingencia.
- ❖ Información de mediciones hidráulicas y eléctricas del pozo subterráneo operativo que se va a investigar.
- ❖ Información de mediciones hidráulicas y eléctricas del reservorio de abastecimiento operativo que se va investigar.
- ❖ Información sobre datos de la densidad de la población del centro cívico de Trujillo.
- ❖ Información de la contingencia frente a un movimiento de la naturaleza o artificial en el abastecimiento del agua al centro cívico de Trujillo.

### **3.3.3. Información cartográfica, hidrogeológica.**

Se adquirió información sobre la ubicación del pozo subterráneo y el reservorio de abastecimiento en investigación mediante las coordenadas geográficas, planos topográficos, mapas, etc. Igual forma el origen y la información técnica del pozo subterráneo y el reservorio de abastecimiento en investigación.

### **3.3.4. Propuesta de Reservorios a construirse.**

Se propone a la construcción de reservorios de abastecimiento de agua potable cerca de una urbanización o centro poblado evitando el sufrimiento de la población a falta del líquido elemento.

### **3.3.5. Propuesta de Pozos profundos a construirse.**

Se propone a la construcción de pozos profundos mediante de estudios cartográficos e hidrogeológicos para su aprovechamiento de sus aguas subterráneas para una urbanización o centro poblado.

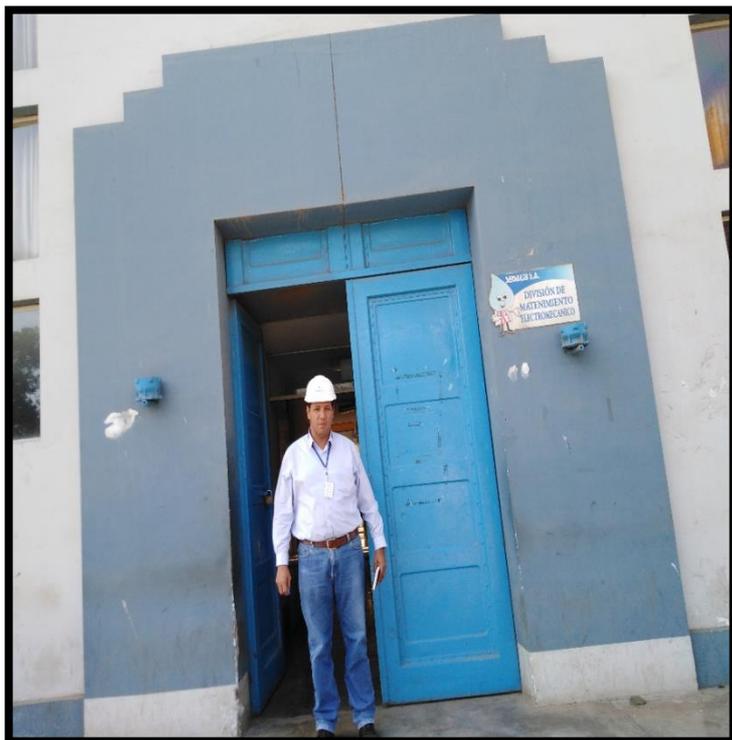
### 3.3.6. Propuesta de equipos de bombeo.

Se propone a implementar en equipos de bombeo para los pozos profundos y los reservorios de abastecimiento de agua potable para obtener mejores resultados en el servicio del sistema de abastecimiento de agua potable.



**Fotografía N° 09**  
Tesista en trabajo  
de gabinete en la  
oficina de Gestión  
de Riesgo de  
Desastre y  
Cooperación  
Técnica Empresa  
SEDALIB S.A.

**Fotografía N° 10**  
Tesista en trabajo  
de gabinete en la  
oficina de  
la Gerencia de  
Operaciones y  
Mantenimiento  
Empresa SEDALIB  
S.A.



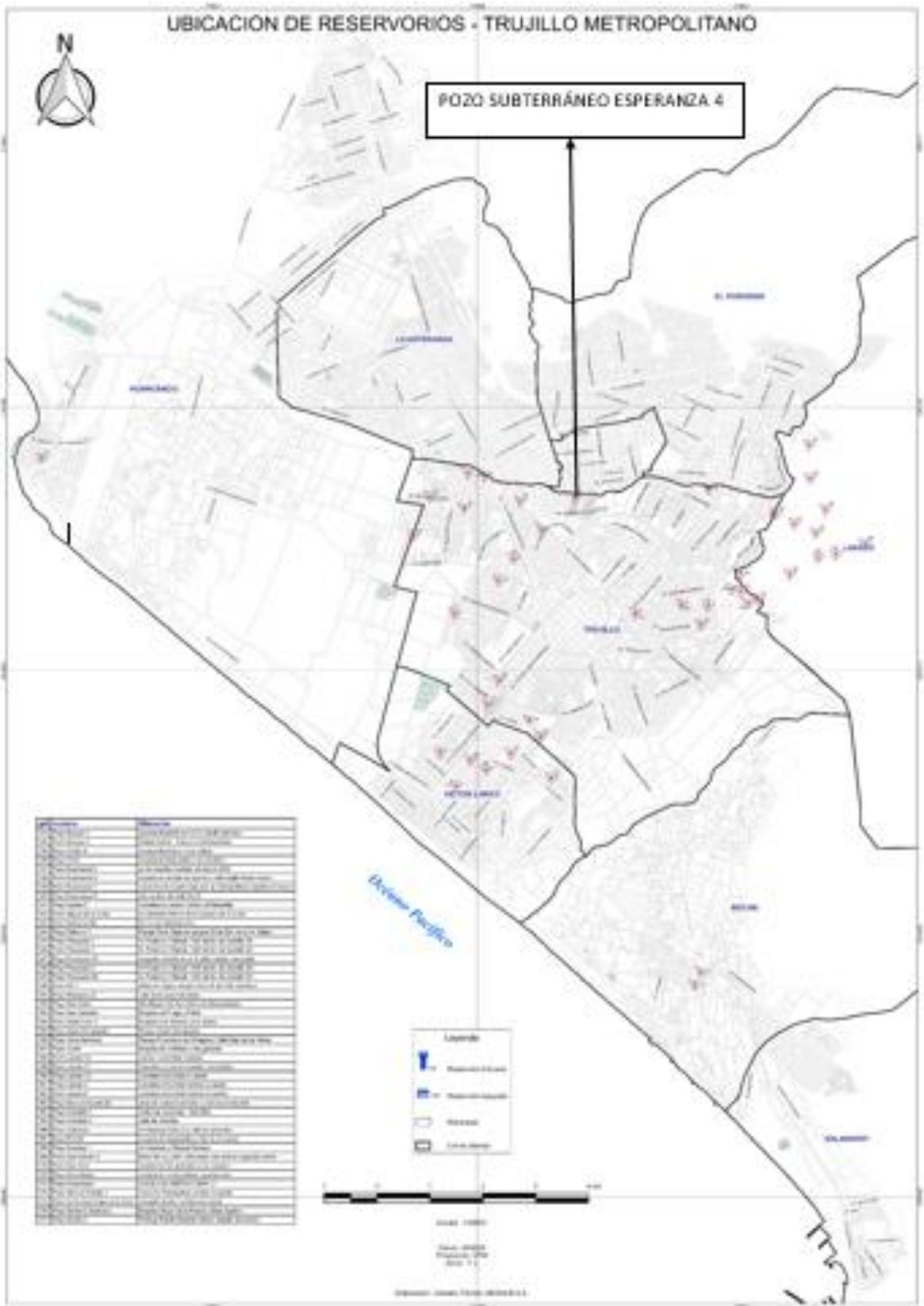


Figura N° 22: Inventario de Pozos Subterráneos Provincia de Trujillo Fuente: SEDALIB S. A.

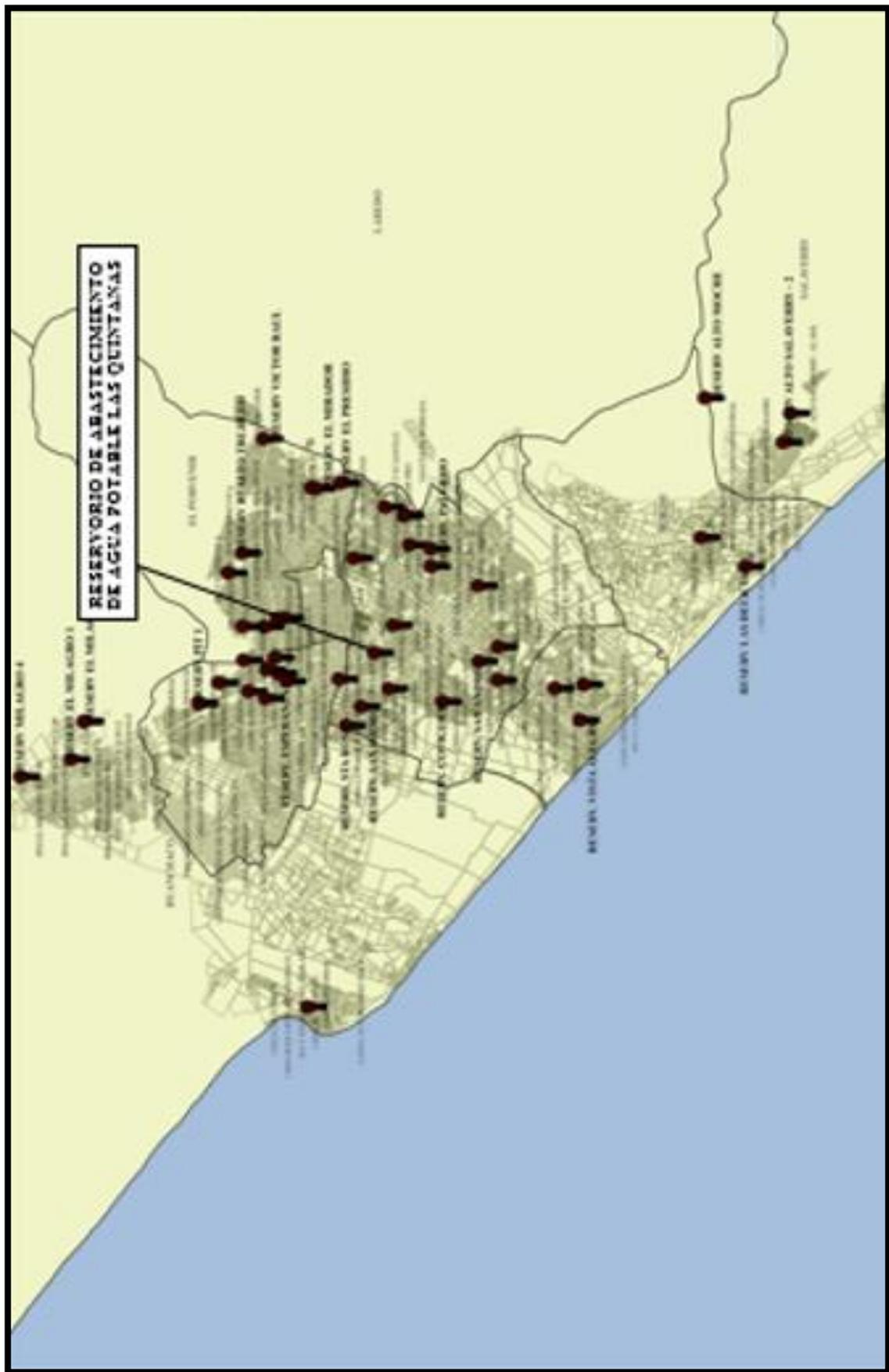


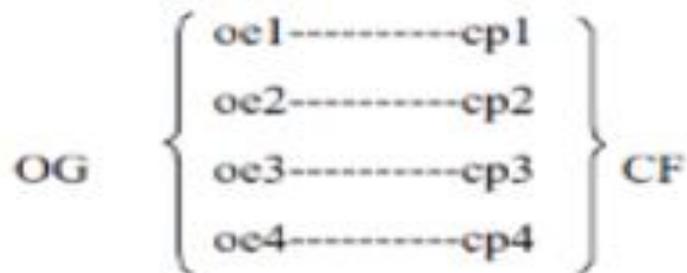
Figura N° 23: Plano de ubicación Reservoirs de Almacenamiento de Agua Potable Provincia de Trujillo Fuente: SEDALIB S.A.

### Técnicas para el procesamiento y análisis de la información.

- Software Autocad, SAP 2000 ; S10
- El software a utilizar programa HIDROESTA
- El programa HMS
- Estadística aplicada (SPSS).

### 3.4. Diseño de investigación.

Para el diseño de la investigación, emplearemos el de una investigación por objetivos conforme al esquema siguiente:



**DONDE:**

- **OG= Objetivo General**
- **oe= Objetivo específico**
- **cp= Conclusión Parcial**
- **CF= Conclusión Final**
- **HG= Hipótesis General**

### **3.5. Procesamiento y análisis de datos.**

El Tratamiento de la información en una investigación es fundamental, cuando hablamos de tratamiento de datos, se refiere al conjunto de medios aplicados para llegar a la esencia de una información, bien porque ésta no se conozca o porque se encuentra alterada o desorganizada por otros elementos.

Los pasos que se ha seguido para el procesamiento de los datos son:

- ✓ Validación
- ✓ Edición
- ✓ Codificación
- ✓ Introducción de Datos
- ✓ Tabulación
- ✓ Análisis estadístico

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS**

Los resultados, del sistema de abastecimiento de agua subterránea al centro cívico de Trujillo, en caso de contingencia, se ha recurrido en la utilización de las siguientes herramientas como:

- Microsoft Excel
- AutoCAD

#### **4.1. Análisis e interpretación de resultados.**

##### **4.1.1. Caracterización del Centro Cívico de Trujillo.**

- **Ubicación.**

El centro cívico de Trujillo se encuentra en el distrito de Trujillo provincia de Trujillo departamento La Libertad.

El centro cívico de Trujillo se encuentra a una Altitud de 31.115 msnm con una extensión superficial de 110. 516 ha (1.1 Km<sup>2</sup>) y limita con las siguientes urbanizaciones:

- Norte: Urb. Huerta Grande 2da. Etapa, Urb. Los Olivos, referencia La Av. Miraflores.
- Sur: Urb. La Merced 1ra. Etapa, Las Terrazas de Larco y 1ra. Etapa Urb. El Recreo.
- Oeste: Complejo Mansiche hasta Universidad Nacional de Trujillo.
- Este: Urb. Palermo y Chicago.

- **Historia del Centro Cívico de Trujillo.**

Trujillo fue una de las primeras ciudades fundadas por los conquistadores españoles en América. Fue Diego de Almagro quien el 6 de diciembre de 1534 fundó la Villa de Trujillo en homenaje a la

ciudad natal de Francisco Pizarro, Trujillo de Extremadura. (Pinillos, 1987; Castañeda, 1996, Zevallos, 2012).

Pizarro oficializó la fundación de la ciudad el 5 de marzo de 1535 y la llamó Ciudad de Trujillo de Nueva Castilla. En esa oportunidad, se realizó el trazo de la ciudad, el mismo que se mantiene hasta la actualidad, se repartieron los primeros 31 solares a los vecinos fundadores y se instaló el primer cabildo. En 1537, el 23 de noviembre, el rey Carlos I de España le confiere mediante Real Cédula el título de Ciudad y le entrega su escudo de armas que también se mantiene hasta la actualidad. (Pinillos, 1987; Castañeda, 1996, Zevallos, 2012).

El centro histórico de Trujillo o centro monumental es la zona urbana principal y el centro más importante del desarrollo y desenvolvimiento de la ciudad peruana de Trujillo en el departamento de La Libertad. El conjunto de vías de su trama urbana inicial se encuentra circundado en forma elíptica por la avenida España, la cual fue construida sobre el trazo de la antigua Muralla de Trujillo. Alberga la sede de gobierno de la ciudad así como otras importantes entidades establecidas en la localidad. En la parte central de esta área urbana se encuentra la Plaza de Armas, donde se produjo la fundación española la ciudad en 1534 y también de la proclamación de la Independencia de Trujillo el 29 de diciembre de 1820.

El centro histórico contiene numerosos monumentos que datan de la época virreinal y republicana. Fue declarado Ciudad Monumental por decreto municipal del 23 de abril de 1971 y Zona Monumental por resolución suprema N° 2900-72-ED del 26 de diciembre de 1972. Constituye también el núcleo urbano más importante y característico de la ciudad al mantener su doble condición de centro histórico y centro activo del conglomerado metropolitano de Trujillo, según el rol que le otorga el Plan de Desarrollo Metropolitano de Trujillo. El cuidado y mantenimiento de la zona monumental de Trujillo es realizado por la Municipalidad Provincial de Trujillo; la Ley

Nº 23853 de la ley orgánica de municipalidades le faculta para regular, promover y asegurar la conservación del patrimonio cultural inmueble de la ciudad.

El Centro Histórico constituye el núcleo urbano más importante y característico de la ciudad, tanto por el valioso patrimonio cultural, arquitectónico y urbanístico que conserva, como por las actividades rectoras y de carácter comunitario que se desarrollan en su ámbito desde la fundación de la ciudad: sede de gobierno y de las actividades cívicas, socioculturales y económicas de Trujillo, constituyendo la parte vital y representativa de la memoria histórica colectiva y de identidad local y regional. Constituye uno de los centros mejor conservados del país, y cuenta con importantes inmuebles monumentales de arquitectura religiosa y civil, con muebles y tesoros artísticos de gran valor, así como espacios y ambientes urbanos monumentales característicos.

El centro Histórico de Trujillo está ubicado dentro el perímetro de la zona amurallada durante la colonia, conserva algunas construcciones de esplendida arquitectura colonial entre las que destacan la catedral, el Palacio Arzobispal, el Monasterio El Carmen, la iglesia de San Agustín y numerosas casonas de portones y rejas primorosas. También construcciones de la época republicana y moderna que le dan un encanto prestancia señorial.



Figura N° 24: Vista y ubicación del centro cívico de Trujillo

Fuente: CEPEDA, L. 1998.

- **Suelo**

El perfil estratigráfico presenta un estrato superficial de relleno 0.10 m. a 0.30 m. de espesor. Continúa arena pobremente graduada (SP) o arena pobremente graduada con limos (SP-SM) con cierta presencia de grava de  $\frac{1}{2}$ " a  $\frac{3}{4}$ " cuya compactación varía de suelta a media, de poca a regular humedad.

- **Clima**

La ciudad de Trujillo se caracteriza por su clima árido y semi cálido, con una temperatura media máxima de 30°C, y una mínima de 14°C con presencia de lluvias. No obstante, cuando se presenta el fenómeno de El Niño, el clima varía, aumentando peligrosamente el nivel de precipitaciones y la temperatura se eleva sobrepasando en algunos casos la media máxima

Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Temp. máx. abs. (°C)	33.3	32	32	30	29	27	27	27	28	29	30	31	33.3
Temp. máx. media (°C)	25.3	26.4	26.3	24.4	22.8	21.8	21.2	20.6	20.6	21.1	22.2	23.7	23
Temp. media (°C)	21.65	22.65	22.7	21.0	19.6	18.85	18.3	17.8	17.7	18	18.85	18.8	19.7
Temp. mín. media (°C)	18.0	18.9	19.1	17.6	16.4	15.9	15.4	15.0	14.8	14.9	15.5	16.7	16.5
Temp. mín. abs. (°C)	15.3	15.5	16	15	13.1	12.5	11.9	11.7	10.7	10.8	12.0	13.9	10.7
Precipitación total (mm)	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Humedad relativa (%)	89	88	89	89	89	89	89	89	90	90	89	89	89

**Figura N° 25: Parámetros climáticos promedio de Trujillo**

**Fuente: SENAMIH 2018.**

- **Topografía**

El centro Histórico de la ciudad de Trujillo tiene un relieve plano.

- **Sistema Vial**

La estructura vial está determinada nivel metropolitano por las Avenidas: Mansiche, Miraflores, Víctor Larco, Nicolás de Piérola, Perú, entre otras, las que confluyen en la Avenida España, como primer anillo vial, dentro de la cual se encuentran las vías locales, con el nombre de Jirones.

El patrón de circulación en el Centro Histórico opera como un sistema de par vial, con 14 vías de acceso e igual cantidad de vías de salida, sin ninguna restricción de giros en sus intersecciones. Las calles al interior del centro histórico cuentan con las siguientes características:

- Estas están entre 9.88m a 11.69m. ancho aprox.
- Se tienen cuadras de 95 a 175 m.

El flujo vehicular en el Centro Histórico aproximadamente 3,900 vehículos / hora, de los cuales cerca del 67% son taxis, el 30 % vehículos privados y el 3% restante, camionetas. Las calles con mayor flujo vehicular son Orbegoso y Almagro (525 y 517 vehículos / hora) y la de menor flujo, Junín con 20 vehículos /hora.

La semaforización en el Centro Histórico cuenta con 25 semáforos instalados repartidos principalmente en 3 calles: Gamarra (06 semáforos), Orbegoso (05 semáforos) y Almagro (05 semáforos). Junín(03 semáforos). Bolognesi (04 semáforos) Se propone la ubicación de 7 semáforos en los Jirones Bolognesi, Junín y Colón.

- **Población**

Según datos del censo del año 2005 el centro histórico de Trujillo contaba para entonces con una población aproximada de 12.000 habitantes según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) en lo cual dicho instituto no cuenta hasta la actualidad la cantidad de población en el centro cívico de Trujillo según solicitado por el tesista para ello se recurrió a la Gerencia del Plan de Desarrollo Territorio de Trujillo (Plandet) Municipalidad Provincial de Trujillo.

**Cuadro N°03: Área Bruta, Densidad y Población Centro Cívico de Trujillo**

Cuenca	Área Bruta (m2)	Área Bruta (Ha)	Densidad	Población
CENTRO CÍVICO	1110667.68	111.07	250.00	27,767
FLOTANTE				30,000
<b>Población Total</b>	<b>1,110,667.68</b>	<b>111.07</b>		<b>57,767</b>

Fuente: Plandet

#### 4.1.2. Pozo profundo o tubular construido.

- ✓ **Estudio hidrogeológico.**

- ❖ **Ubicación del Pozo Subterráneo.**

La ubicación del área de estudio del pozo subterráneo Esperanza N° 04 políticamente se encuentra en el sector mercado el Progreso sección animales vivos urbanización El Progreso distrito Trujillo, Provincia Trujillo, región La Libertad.

Su ubicación geográfica del pozo subterráneo mediante las coordenadas UTM Datum WGS – 84 y se obtuvo lo siguiente: N

9105314 E 7105314 cuya cota es 77 m.s.n.m. dichos datos fueron registrados por el equipo GPS con estación total topográficamente.

✓ **Perforación Pozo Subterráneo La Esperanza N° 04.**

La perforación del pozo La Esperanza N° 04 es de 80m. de profundidad, con un diámetro tubular de 15 pulgadas, en forma vertical con un espesor de ¼ pulgadas y diámetro de perforación de 18 pulgadas. La perforación se realizó con el equipo de perforación del método rotación en el año 1973.

✓ **Entubación Pozo Subterráneo la Esperanza N° 04.**

La tubería de forro que es utilizada en el pozo La Esperanza N° 04 es de acero al carbono, con 0.154 de diámetro interno y de ¼ de pulgada de espesor.

✓ **Canto rodado.**

En el pozo subterráneo La Esperanza N° 04 utilizan canto rodado en el espacio anular entre la pared de sondeo y la tubería de revestimiento debe quedar completamente llena entre 100 a 150 m3 para evitar que durante la explotación del pozo se puedan producir asientos bruscos que generen colapso en las tuberías.

✓ **Sistema de bombeo del pozo subterráneo La Esperanza N° 04.**

❖ **Electrobomba Sumergible.**

La bomba sumergible turbina vertical para pozo profundo La esperanza N° 04 tiene caudal de 12 l/s por lo tanto cumple con las normas de calidad ISO 9001 y la altura dinámica total, la potencia de la electrobomba sumergible es de 2 – 3 bar.

❖ **Caudal de Bombeo.**

El resultado del caudal de bombeo máximo de explotación del pozo subterráneo La Esperanza N° 04 es 10.029 l/s.

❖ **Diámetro de la tubería de bombeo.**

El diámetro de tubería de bombeo del pozo subterráneo La esperanza N° 04 es 6 pulgadas.

**4.1.3. Pozo Tubular Esperanza N° 04 y sus mediciones.**

✓ **Mediciones Hidráulicas.**

❖ **Línea de Impulsión.**

La línea de impulsión tiene una longitud de 1,531.63 metros lineales y es de tubería acero de carbono Ø 6”.

❖ **Columna de Impulsión.**

La columna de impulsión para la bomba sumergible de pozo subterráneo la Esperanza N° 04 tiene una longitud de 66.00 metros, conformado por 13 tramos de tubos de 5 m. de longitud c/u, más uno tramo de 0.46 m., de acero A.S.T.M. A – 53 B, sin costura, Schedule 40, acabado en caliente. Todas las unidades con uniones roscadas.

❖ **Nivel dinámico.**

El nivel dinámico del pozo subterráneo La Esperanza N° 04 es 53.96 m y cota de 23.04 m.s.n.m.

❖ **Nivel estático.**

El nivel estático del pozo subterráneo La Esperanza N° 04 es 46.65 m y cota de 30.35 m.s.n.m.

❖ **Profundidad de la bomba.**

La profundidad de la bomba del pozo subterráneo La Esperanza N° 04 es 79.41 m.

❖ **Filtro tubular.**

Es de acero inoxidable de 14” de diámetro, con ranura de puente trapecoidal de luz = 1.5 mm.

La longitud total del filtro es de 14.64 metros, conformado por cinco tramos de 2.44 metros con espesor de tubo de 4.5 mm.

❖ **Eficiencia de la bomba ( $\eta$ ).**

La eficiencia de la bomba del pozo subterráneo La Esperanza N° 04 es 69,11%.

❖ **Longitud de tubería.**

La Longitud de tubería del pozo subterráneo La Esperanza N° 04 hasta el reservorio Las Quintanas es de 1.53163 Km. En tramos de 306 Tuberías de 5m.

❖ **Línea de conducción.**

La línea de conducción del pozo subterráneo La Esperanza N° 04 hasta el reservorio Las Quintanas es 1.53163 Km.

❖ **Dotación.**

La dotación según el Organismo Mundial de Salud (OMS) señala que 15 litros/día/persona el consumo diario mediante la cantidad de la población y el clima.

❖ **Nivel dinámico de succión.**

El nivel dinámico de succión del pozo subterráneo La Esperanza N° 04 es 54.20 m.

❖ **Longitud de columna de descarga.**

La longitud de descarga del pozo subterráneo La Esperanza N° 04 es 66.00 m.

❖ **Distancia descarga a manómetro.**

La distancia de descarga a manómetro del pozo subterráneo La Esperanza N° 04 es 1.20 m.

❖ **Altura manómetro de descarga.**

La altura de manómetro de descarga del pozo subterráneo La Esperanza N° 04 es 0.50 m.

❖ **Elevación sello sanitario sobre piso.**

La elevación sello sanitario sobre piso del pozo subterráneo La Esperanza N° 04 es 0.08 m.

❖ **Árbol de salida.**

El árbol de salida del pozo subterráneo La Esperanza N° 04 tiene 4 pulgadas de diámetro y largo 3.5 m.

❖ **Producción de Agua del pozo subterráneo Esperanza 4 Año 2017 - 2018.**

La producción de agua del pozo Esperanza 4 es de acuerdo al siguiente cuadro:

**Cuadro N° 04: Producción de agua pozo Esperanza 4 Año 2017 – 2018**

POZO	ENE. 2017 M3	FEB. 2017 M3	MAR. 2017 M3	ABR. 2017 M3	MAY. 2017 M3	JUN. 2017 M3	JUL. 2017 M3	AGO. 2017 M3	SET. 2017 M3	OCT. 2017 M3	NOV. 2017 M3	DIC. 2017 M3	TOTAL
ESPERANZA 4	-	-	18,662.40	18,662.40	60,264.00	58,320.00	46,000.90	44,764.00	35,910.00	37,107.00	35,910.00	23,436.00	379,036.70
POZO	ENE. 2018 M3	FEB. 2018 M3	MAR. 2018 M3	ABR. 2018 M3	MAY. 2018 M3	JUN. 2018 M3	JUL. 2018 M3	AGO. 2018 M3	SET. 2018 M3	OCT. 2018 M3	NOV. 2018 M3	DIC. 2018 M3	TOTAL
ESPERANZA 4	27,342.00	31,752.00	35,154.00	45,360.00	23,436.00	22,680.00	20,832.00	21,266.00	24,192.00	39,971.00	27,834.00	28,926.72	348,745.72

Fuente: Elaboración propia

✓ **Instalaciones Eléctricas.**

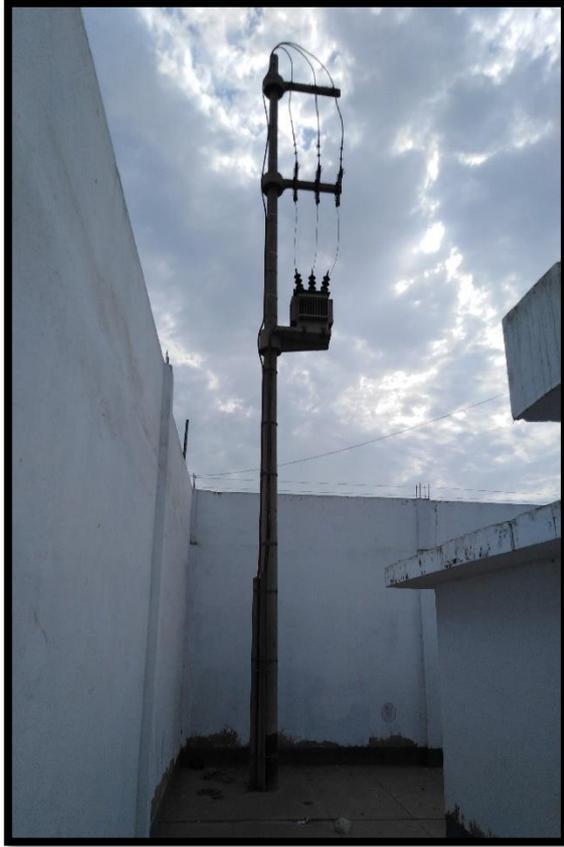
❖ **Caseta de bombeo**

- Poste eléctrico de 8.0 m
- Transformador de baja tensión.

- Fusibles de media tensión.
- Porta fusible de media tensión.
- Cable unipolar de 50 mm

❖ **Tablero de distribución (T6D).**

- Arrancador de estado sólido.
- Interruptores termo magnéticos.
- UPS Unidad de potencia estabilizadora.
- Borneras.
- Temporizador.
- Relay.
- Porta fusibles.
- Cable THW 12, THW10, THW 14
- Cable vulcanizado N° 12.
- Bobinas de medición.
- Ventiladores.
- Pulsadores de parada de arranque.
- Variador de velocidad.
- Selector.
- Analizador.
- Toma corriente monofásica 220 voltios.



**Fotografía N° 11 Poste Eléctrico con Transformador de baja Presión para la impulsión y conducción de agua potable pozo subterráneo Esperanza 4 hacia al reservorio Las Quintanas.**



**Fotografía N° 12 Tesista observando En el interior del tablero de Electricidad en el pozo subterráneo La Esperanza 4.**

✓ **Instalaciones Hidráulicas.**

- Manómetro.
- Válvula de cierre rápido.
- Codo de 6 pulgadas.
- Bridas (uniones)
- Empaquetadura.
- Tubo de 6 pulgadas.
- Valvulas de compuerta de 6 y 3 pulgadas.
- Purga (presión en sistema)
- Flujometro (flujo de agua).
- Pernos de ½ pulgadas con tuerca.
- Cable de alimentación.



**Fotografía N° 13 Tesista verificando las Instalaciones Hidráulicas del Pozo Subterráneo Esperanza 4.**



**Fotografía N° 14 Tesista  
en la parte exterior del  
Pozo Subterráneo  
Esperanza 4.**

**Fotografía N° 15 Instalaciones  
Hidráulicas Pozo Subterráneo  
Esperanza 4.**



✓ **Caseta de bombeo.**

La caseta de bombeo se encuentra construida de material noble mediante de muros de protección del árbol de salida del pozo profundo, la caseta tiene dimensiones de 12.00 m de ancho y 20.00 m de largo obteniendo una área de 240 m<sup>2</sup> también una puerta metálica, piso de cemento y techo aligerado de concreto, iluminación interna que consiste en fluorescentes.



**Fotografía N° 16 Tesista ubicado en la parte interior de la Caseta de Bombeo Pozo Subterráneo Esperanza 4**

ITEM	POZO	CAUDAL Q	ESTADO ACUAL	DISTRITO	PROVINCIA
1	Alto Moro	20.83 l/s	OPERATIVO	EL PORVENIR	TRUJILLO
2	Arboleda 1	14.3 l/s	OPERATIVO	TRUJILLO	TRUJILLO
3	Arboleda 2	26.2 l/s	OPERATIVO	TRUJILLO	TRUJILLO
4	Bosque 1	0	OPERATIVO	TRUJILLO	TRUJILLO
5	Bosque 2	13.1 l/s	OPERATIVO	TRUJILLO	TRUJILLO
6	California	21.32 l/s	OPERATIVO	TRUJILLO	TRUJILLO
7	Cortijo 4	18.5 l/s	OPERATIVO	TRUJILLO	TRUJILLO
8	Covirt	24.75 l/s	OPERATIVO	TRUJILLO	TRUJILLO
9	CV-4	30.2 l/s	OPERATIVO	EL PORVENIR	TRUJILLO
10	El Golf	35.53 l/s	OPERATIVO	TRUJILLO	TRUJILLO
11	Esperanza 4	14.17 l/s	OPERATIVO	TRUJILLO	TRUJILLO
12	Esperanza 6	35.13 l/s	OPERATIVO	LA ESPERANZA	TRUJILLO
13	Esperanza 7	0	STAND - BYE	LA ESPERANZA	TRUJILLO
14	Esperanza 8	25.76 l/s	OPERATIVO	LA ESPERANZA	TRUJILLO
15	Huamán 1	24.38 l/s	OPERATIVO	VICTOR LARCO	TRUJILLO
16	Huanchaco	36.41 l/s	OPERATIVO	HUANCHACO	TRUJILLO
17	Laredo 2	34 l/s	OPERATIVO	LAREDO	TRUJILLO
18	Laredo 6	54 l/s	OPERATIVO	LAREDO	TRUJILLO
19	Laredo 10	38.64 l/s	OPERATIVO	LAREDO	TRUJILLO
20	Laredo 11	37.54 l/s	OPERATIVO	LAREDO	TRUJILLO
21	Laredo 12	50.6 l/s	OPERATIVO	LAREDO	TRUJILLO
22	Laredo 5	18.79 l/s	OPERATIVO	LAREDO	TRUJILLO
23	Manuel Arévalo 1	0	OPERATIVO	EL PORVENIR	TRUJILLO
24	Manuel Arévalo 2A	26.08 l/s	OPERATIVO	EL PORVENIR	TRUJILLO
25	Miguel de la Cuba	23.05 l/s	OPERATIVO	EL PORVENIR	TRUJILLO
26	Moche 2 Salaverry	29.4 l/s	OPERATIVO	MOCHE	TRUJILLO
27	Moche 3	29.4 l/s	OPERATIVO	MOCHE	TRUJILLO
28	Natasha Alta	22 l/s	OPERATIVO	TRUJILLO	TRUJILLO
29	Palermo 1	0	STAND - BYE	TRUJILLO	TRUJILLO
30	Pesqueda 1	15 l/s	OPERATIVO	TRUJILLO	TRUJILLO
31	Pesqueda 3	18.8 l/s	OPERATIVO	TRUJILLO	TRUJILLO
32	Pesqueda 7	18.42 l/s	STAND - BYE	TRUJILLO	TRUJILLO
33	Pesqueda 8A	0	OPERATIVO	TRUJILLO	TRUJILLO
34	Pesqueda 15	0	STAND - BYE	TRUJILLO	TRUJILLO
35	PIT 1	34.26 l/s	OPERATIVO	LA ESPERANZA	TRUJILLO
36	Primavera 2	31.33 l/s	OPERATIVO	TRUJILLO	TRUJILLO
37	San Andrés 3	0	OPERATIVO	TRUJILLO	TRUJILLO
38	San Isidro	17.21 l/s	OPERATIVO	TRUJILLO	TRUJILLO
39	San José	16.27 l/s	OPERATIVO	VICTOR LARCO	TRUJILLO
40	San Salvador	11.5 l/s	OPERATIVO	TRUJILLO	TRUJILLO
41	Santa Inés 2	28.1 l/s	OPERATIVO	TRUJILLO	TRUJILLO
42	Santo Dominguito	0	OPERATIVO	TRUJILLO	TRUJILLO
43	Víctor Raúl Haya de la Torre	20.69 l/s	OPERATIVO	TRUJILLO	TRUJILLO
44	Vista Alegre	11.707 l/s	OPERATIVO	VICTOR LARCO	TRUJILLO
45	Vista Hermosa	43.62 l/s	OPERATIVO	TRUJILLO	TRUJILLO

**Cuadro N° 05: Inventario de Pozos Subterráneos de agua potable Provincia Trujillo Región La Libertad. Fuente: SEDALIB S.A.**

SITIO / LUGAR:  
 SISTEMA:

 Trujillo - La Libertad  
 Agua Potable

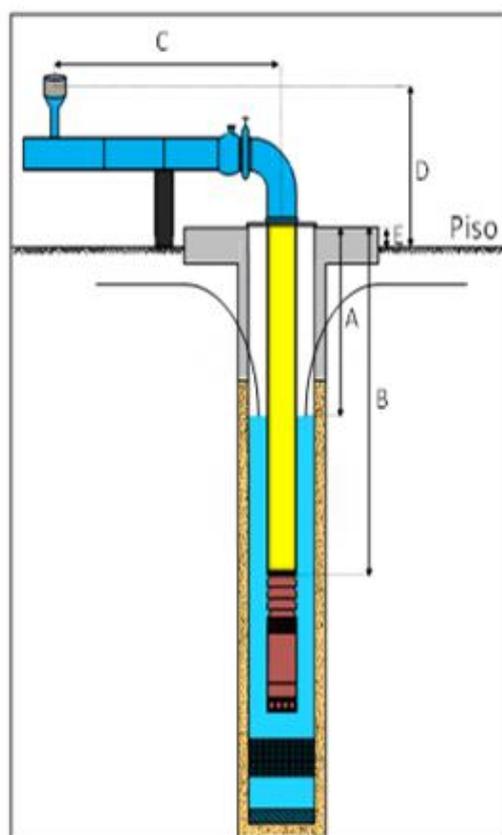
 FECHA: 27 de marzo de 2018  
 POZO: Esperanza 4  
 IRHS: 48

**1.1 UBICACIÓN DE LA CAPTACIÓN**

<b>POLÍTICA:</b>	
Dirección / Nombre del Sector:	Mercado El Progreso sección animales vivos
Urbanización:	El Progreso
Distrito:	Trujillo
Provincia:	Trujillo
Departamento:	La Libertad
<b>HIDROGRÁFICA:</b>	
Cuenca:	Moche
<b>GEOGRÁFICA:</b>	
Datum:	WGS 84
Coordenadas UTM:	
Zona:	17L
Este:	717345 m
Norte:	9105314 m
Altitud (Cota):	77 msnm
<b>OBSERVACIONES:</b>	



- Nivel Dinámico de succión (A)
- Longitud de columna de descarga (B)
- Distancia de descarga a manómetro (C)
- Altura de manómetro de descarga (D)
- Elevación sello sanitario sobre piso (E)



**Figura N° 26 y 27: Ubicación y partes Hidráulicas del Pozo Subterráneo Esperanza 4**  
 Fuente: SEDALIB S.A.

#### 4.1.4. Reservorio construido.

✓ **Estudio hidrogeológico.**

❖ **Ubicación del reservorio de abastecimiento.**

La ubicación del área de estudio del reservorio de agua de abastecimiento Las Quintanas políticamente se encuentra en la urbanización Las Quintanas distrito Trujillo, Provincia Trujillo, región La Libertad.

Su ubicación geográfica del reservorio de abastecimiento mediante las coordenadas UTM Datum WGS – 84 y se obtuvo lo siguiente: N 91042043 E 7173917 cuya cota es 47 m.s.n.m. dichos datos fueron registrados por el equipo GPS con estación total topográficamente.



**Figura N° 28: Ubicación del Reservorio Las Quintanas**  
Fuente: Google Earth

❖ **Cota de terreno del reservorio de abastecimiento.**

Las cotas de terreno del reservorio de abastecimiento Las Quintanas es 43.3 m.s.n.m.

❖ **Cota de rebose del reservorio de abastecimiento.**

La cota de rebose del reservorio de abastecimiento Las Quintanas es 75.05 m.s.n.m.

❖ **Altura del reservorio de abastecimiento.**

La altura del reservorio de abastecimiento Las Quintanas es 31.75 m.

❖ **Capacidad del reservorio de abastecimiento.**

La capacidad del reservorio de abastecimiento Las Quintanas es 600 m<sup>3</sup>

❖ **Material de construcción del reservorio de abastecimiento.**

El material de construcción del reservorio de abastecimiento Las Quintanas es de concreto.

❖ **Caudal del reservorio de abastecimiento.**

El caudal del reservorio de abastecimiento Las Quintanas es 12 l/s.

❖ **Velocidad del agua que abastece al reservorio de abastecimiento.**

La velocidad del agua del pozo subterráneo Esperanza 4 que conduce al reservorio de abastecimiento Las Quintanas es 95.625 m/s y la aducción es de 66.25 m/s.

❖ **Tiempo en abastecer agua al reservorio de abastecimiento.**

El tiempo en abastecer al reservorio de abastecimiento Las Quintanas es de 16 horas.

❖ **Diámetro de tuberías del reservorio de abastecimiento.**

El diámetro de tuberías del reservorio de abastecimiento Las Quintanas es 6 pulgadas.

❖ **Línea de aducción.**

La línea de aducción del agua potable del reservorio de abastecimiento Las Quintanas a las redes de distribución es 1060.25 metros lineales.

❖ **Tiempo de distribución del agua al centro cívico de Trujillo.**

El tiempo de distribución del agua al centro cívico de Trujillo es 24 horas.

❖ **Longitud de tubería.**

La Longitud de tubería del reservorio Las Quintanas hasta la red de distribución es de 1.06025 Km. En tramos de 212 Tuberías de 5m.



**Fotografía N° 17 Tesista ubicado en la parte exterior del Reservorio de Almacenamiento de Agua Potable Las Quintanas.**



**Fotografía N° 18**  
Parte interior de  
un reservorio de  
almacenamiento  
de agua potable.



**Fotografía N° 19**  
Instalaciones  
hidráulicas en la  
parte interior de  
un reservorio de  
almacenamiento  
de agua potable.

N°	NOMBRE DEL RESERVORIO	TIPO	VOLUMEN M3	ESTADO FÍSICO	OPERATIVO E INOPERATIVO	DISTRITO	PROVINCIA
1	Rodolfo Agreda	apoyado	500	Bueno	Operativo	La Esperanza	Trujillo
2	Alto Moche	apoyado	19	Bueno	Operativo	Moche	Trujillo
3	Alto Mochica	elevado	500	Bueno	Operativo	Trujillo	Trujillo
4	Manuel Arévalo	apoyado	500	Bueno	Operativo	La Esperanza	Trujillo
5	Chicago	elevado	1500	Regular	Operativo	Trujillo	Trujillo
6	Chimú	elevado	500	Regular	Operativo	Trujillo	Trujillo
7	Cedros	elevado	1500	Regular	Operativo	Trujillo	Trujillo
8	Covicorti	elevado	1500	Bueno	Operativo	Trujillo	Trujillo
9	Covirt	elevado	500	Regular	Operativo	Trujillo	Trujillo
10	El Milagro 1	apoyado	250	Bueno	Operativo	Trujillo	Trujillo
11	El Milagro 2	apoyado	800	Bueno	Operativo	Trujillo	Trujillo
12	El Mirador	apoyado	200	Bueno	Operativo	Salaverry	Trujillo
13	Florencia de Mora	apoyado	1300	Regular	Operativo	Florencia de Mora	Trujillo
14	Florencia de Mora Nuevo	apoyado	2500	Bueno	Operativo	Florencia de Mora	Trujillo
15	Huamán	elevado	1000	Bueno	Operativo	Victor Larco	Trujillo
16	Huanchaco	apoyado	30	Regular	Operativo	Huanchaco	Trujillo
17	La Esperanza apoyado	apoyado	1300	Regular	Operativo	La Esperanza	Trujillo
18	La Esperanza elevado	elevado	500	Regular	Operativo	La Esperanza	Trujillo
19	La Noria	elevado	400	Regular	Operativo	Trujillo	Trujillo
20	Los Gemelos	apoyado	2500	Regular	Inoperativo	Trujillo	Trujillo
21	Miguel Grau	apoyado	3000	Regular	Operativo	El Porvenir	Trujillo
22	Moche	elevado	400	Regular	Operativo	Moche	Trujillo
23	Monserate	elevado	1500	Regular	Operativo	Trujillo	Trujillo
24	Palermo	elevado	1000	Regular	Inoperativo	Trujillo	Trujillo
25	Pesqueda Alto	apoyado	2500	Regular	Operativo	Trujillo	Trujillo
26	Pesqueda Nuevo	apoyado	3000	Regular	Operativo	Trujillo	Trujillo
27	Pit 1	apoyado	4000	Regular	Operativo	Trujillo	Trujillo
28	Pit 2	apoyado	4000	Regular	Operativo	Trujillo	Trujillo
29	Presidio	apoyado	600	Regular	Operativo	El Porvenir	Trujillo
30	Primavera	elevado	500	Regular	Operativo	Trujillo	Trujillo
31	Quintanas	elevado	600	Regular	Stand - bye	Trujillo	Trujillo
32	Salaverry	apoyado	1800	Bueno	Operativo	Salaverry	Trujillo
33	San Andrés	elevado	4500	Regular	Operativo	Trujillo	Trujillo
34	Santo Dominguito	elevado	500	Regular	Paralizado	Trujillo	Trujillo
35	Victor Raul 1	apoyado	60	Bueno	Operativo	Florencia de Mora	Trujillo
36	Victor Raul 2	apoyado	500	Bueno	Operativo	Trujillo	Trujillo
37	Vista Alegre	elevado	1500	Bueno	Operativo	Victor Larco	Trujillo
38	Cerveceria	elevado	500	Regular	Operativo	Trujillo	Trujillo
39	Laredo	elevado	500	Regular	Operativo	Laredo	Trujillo
40	UNT	elevado	500	Regular	Operativo	Trujillo	Trujillo

**Cuadro N°06: Inventario de Reservorios de Abastecimiento de Agua Potable Provincia de Trujillo Región La Libertad.**  
**Fuente: SEDALIB S.A.**



**FORMULA DE HAZEN Y WILLIAMS**

$$Q = 0.000426 C_H D^{2.63} S^{0.54}$$

<b>TRAMO I (POZO - RESERVORIO)</b>			<b>TRAMO II (RESERVORIO - RED CENTRO CIVICO)</b>		
Q=	10.029	L/s	Q=	10.029	L/s
C=	140	PVC	C=	140	PVC
Δh=	6	m	Δh=	3	m
L=	1.53	Km	L=	1.06	Km
<b>D=</b>	<b>5.301</b>	<b>pulg</b>	<b>D=</b>	<b>5.667</b>	<b>pulg</b>

**Cuadro N° 07: Diámetro de Tuberías para Agua Potable**

Diámetro nominal	Diámetro exterior (mm)	Clase 7,5 (105 Lbs) Espesor (mm)	Clase 10 (150 Lbs) Espesor (mm)	Clase 15 (200 Lbs) Espesor (mm)	Con Rosca Espesor (mm)	Longitud
½"	21.00		1.80	1.80	2.90	5m
¾"	26.50		1.80	1.80	2.90	5m
1"	33.00		1.80	2.30	3.40	5m
1¼"	42.00	1.80	2.00	2.90	3.60	5m
1½"	48.00	1.80	2.30	3.30	3.70	5m
2"	60.00	2.20	2.90	4.20	3.90	5m
2½"	73.00	2.60	3.50	5.10		5m
3"	88.50	3.20	4.20	6.20		5m
4"	114.00	4.10	5.40	8.00		5m
6"	168.00	6.10	8.00	11.70		5m

Fuente: Ficha Técnica – Pavco Perú

#### **4.1.5. Sistema de abastecimiento de agua subterránea para el centro cívico de Trujillo en caso de contingencia.**

Un sistema de abastecimiento de agua potable consiste en un conjunto de obras necesarias para captar, conducir, almacenar y distribuir el agua desde fuentes naturales ya sean subterráneas o superficiales hasta las viviendas de los habitantes que serán favorecidos con dicho sistema. Un correcto diseño del Sistema de abastecimiento de Agua Potable conlleva al mejoramiento de la calidad de vida, salud y desarrollo de la población. Por esta razón un sistema de abastecimiento de agua potable debe cumplir con normas y regulaciones vigentes para garantizar su correcto funcionamiento. Los “Estudios y Diseños definitivos del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable del centro cívico de Trujillo, comprenden varias etapas: levantamientos topográficos, encuestas socioeconómicas sanitarias de la población, proyecciones de población, estimación de dotación y caudales de diseño, adquirir agua de las vertientes captadas, diseño del sistema de tratamiento del agua, estudios de suelos, bases y criterios de diseño, diseños definitivos, informes de impacto ambiental y presupuesto de obra. Se plantearán alternativas para la zona de conducción del agua, determinando cuál de ellas será la más apropiada para el sistema de abastecimiento de la ciudad de Trujillo.

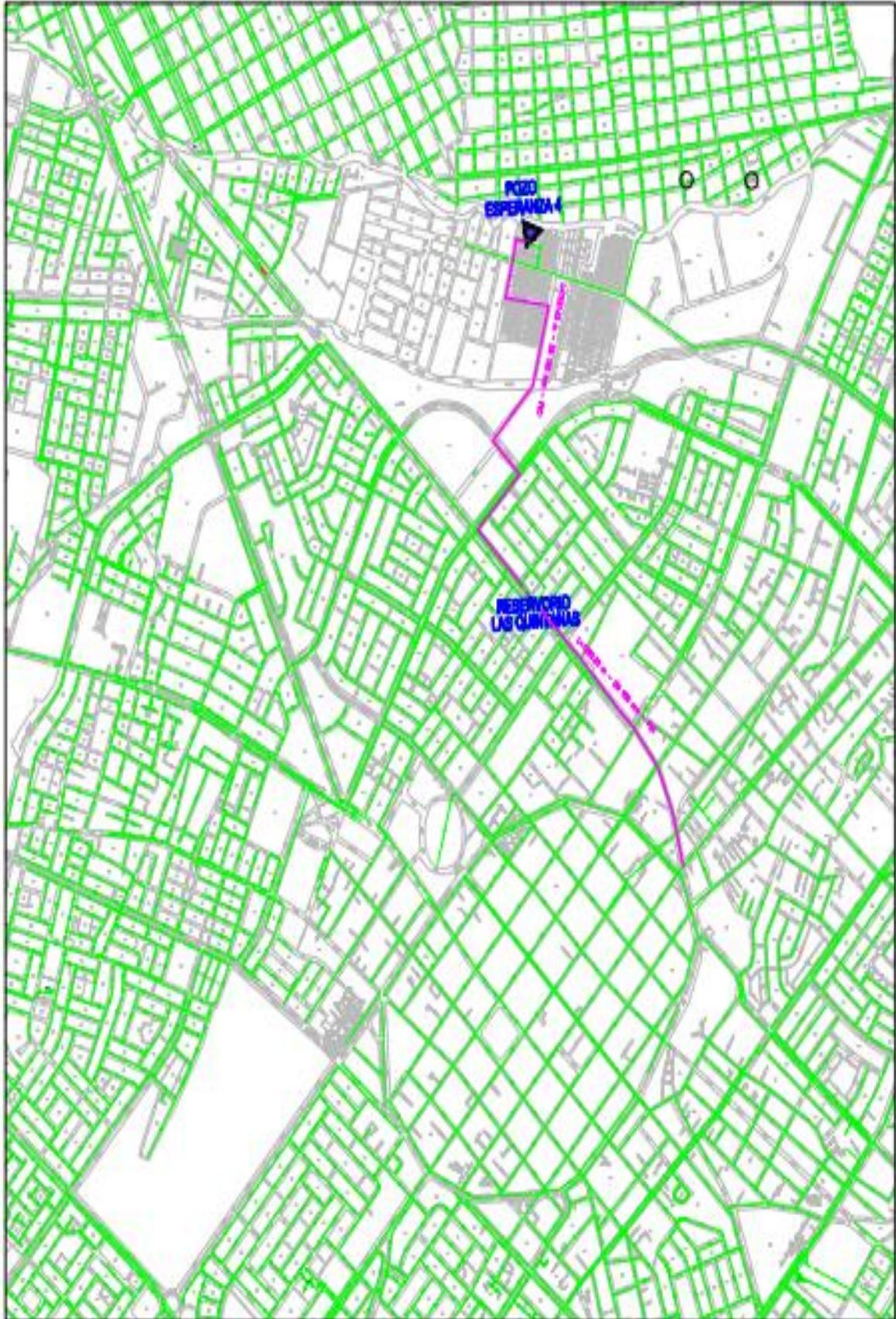


Figura N° 29: Sistema de Abastecimiento de Agua Subterránea al Centro Cívico de Trujillo en Caso de Contingencia.  
Fuente: Elaboración Propia

#### **4.1.6. Plan de contingencia del sistema de abastecimiento de agua en el centro cívico de Trujillo.**

Las emergencias que se afrontan día a día son de carácter natural o antrópico y cada vez más devastadoras. Cuando se presenta una emergencia en el centro de Trujillo suele detener el tránsito, el comercio y la circulación de la población, dañar maquinaria y equipos, perjudicar física y psicológicamente a las personas y entorpecer las labores normales de la empresa, esto también implica afectar desde leve a drásticamente al área de influencia directa de la empresa, comunidad, los recursos naturales lo cual muchas veces no es tenido en cuenta; es por esto que la gestión y conocimiento del presente Plan de Emergencia Ambiental y Contingencia Ambiental, amerita de un compromiso tan importante, como cualquier otro frente de acción en la empresa. La presente investigación servirá de guía, para el óptimo manejo de emergencias y contingencias ambientales y de seguridad y salud ocupacional dentro de la empresa acorde a los riesgos identificados. El aprendizaje, la interpretación y la puesta en marcha de cada una de las recomendaciones, indicaciones y responsabilidades logrará que los efectos negativos en los en el recurso humano, recursos naturales, desencadenados de la emergencia o contingencia, sean cada vez menos graves. El Plan de Contingencia de la empresa Sedalib S.A., tiene como objetivo fortalecer la capacidad de respuesta de los sistemas de saneamiento y alcantarillado, ante la ocurrencia sequias, inundaciones, derrames de agua potable, deslizamientos, cortes de energía eléctrica y eventos que afectan el servicio tanto de saneamiento como de alcantarillado.

“Por los lineamientos para la formulación de los planes de emergencia y contingencia para el manejo de desastres y emergencia asociados a la prestación de los servicios públicos domiciliarios de saneamiento, alcantarillado y aseo se dictan otras disposiciones”.

Las acciones descritas en este plan están orientadas a disminuir el impacto en la afectación del servicio, garantizando en la medida de lo posible el abastecimiento de agua potable y la normal evacuación de

las aguas residuales en el centro cívico de Trujillo. La investigación describe los logros que realiza la empresa frente a un hecho o incidente por ejemplo:

Por inundaciones la contingencia es la protección mediante una caseta de concreto o sacos de arena para el ingreso de agua con lodo.

Por sismo la contingencia es la resistencia que tiene la caseta evitando el derrumbe de la misma.

Por incendio la contingencia es obtener extintores para evitar que se propague a mayores destrozos en la caseta de bombeo.

Por error humano la contingencia es realizar capacitaciones al personal ante la manipulación o control de materiales eléctricos e hidráulicos dentro de la caseta de bombeo y reservorio de almacenamiento de agua potable.

Por deterioro hidráulico o eléctrico la contingencia es el mantenimiento a los materiales y equipos de caseta de bombeo y reservorio de almacenamiento de agua potable mediante la programación de las actividades evitando el corte del servicio.

Por el alto de consumo de la población la contingencia es visitar a la población e informar que el consumo de agua potable debe ser razonable y ahorrarla ante un accidente natural o artificial que pueda pasar en la ciudad de Trujillo.

El documento describe el funcionamiento y características de cada uno de los componentes del sistema de acueducto y alcantarillado, identificación de las amenazas, evaluación y valoración de los riesgos, acciones de repuestas, acciones para mitigación o eliminación del riesgo, mecanismos de comunicación, así como los comités responsables de la adecuada y oportuna ejecución del plan de contingencia.

Por falta de agua potable la contingencia es la repartición del agua potable mediante cisternas en convenio con los gobiernos municipales y regionales para la ciudad de Trujillo.

## **CAPITULO V**

### **DISCUSION**

Las extracciones de aguas subterráneas pueden ser evaluadas mediante métodos directos o mediante métodos indirectos que en general son mucho menos costosos y más viables. Una forma indirecta de evaluar las extracciones consiste en el planteamiento de balances hídricos en una porción o en la totalidad del acuífero. La ecuación del balance resulta de imponer el principio de conservación de la masa, por el cual el balance neto de entradas y salidas de agua entre dos fechas determinadas debe coincidir con la variación de masa almacenada en el acuífero. Las extracciones por bombeo constituyen un término de descarga que puede ser evaluado si se dispone de información suficiente del resto de los términos del balance: recarga por infiltración del agua de lluvia y por retornos de riego, recarga concentrada en cauces y piedemontes, recargas procedentes de otros acuíferos, descargas naturales en cauces, al mar en acuíferos costeros, en humedales y zonas de rezume, y descargas a otros acuíferos limítrofes. La evaluación de estas componentes, especialmente de la recarga, presenta dificultades y en general comporta incertidumbres considerables. Por ello, la estimación de las extracciones puede contener una elevada incertidumbre. Esta incertidumbre, no obstante, se puede reducir notablemente si se dispone de una adecuada caracterización hidrogeológica de la zona y de una buena base de datos históricos sobre la evolución hidrodinámica e hidroquímica del sistema durante la fase de explotación de sus recursos subterráneos. El método de balance tiene mayor fiabilidad en acuíferos en los que el régimen de explotación esté provocando de forma simultánea una disminución de las descargas comparable a la disminución de las reservas. La aplicación del método no requiere tecnologías especializadas y costosas ni precisa ser contrastado mediante campañas de campo. Puede ser llevado a cabo por hidrogeólogos con una sólida formación y experiencia. Su costo de ejecución es muy reducido. Por ello, puede ser útil para contrastar los resultados obtenidos con otros métodos directos o indirectos más costosos y laboriosos.

Toda explotación de aguas subterráneas tiene como consecuencia una serie de efectos tales como: (1) descenso de niveles en el entorno de la captación (niveles locales); (2) descenso generalizado de niveles (descensos regionales), especialmente si la explotación es intensa y prolongada; (3) cambios en el esquema de flujo subterráneo; (4) disminución, merma y desaparición de la descarga natural de los acuíferos afectados. Esta disminución de la descarga puede afectar a los caudales de base de ríos, los caudales de manantiales, las descargas al mar, necesarias para prevenir la penetración de cuñas salinas, y a la pervivencia de zonas húmedas. En casos extremos, no solo las descargas pueden desaparecer, sino incluso puede producirse una inversión en el sentido del flujo de forma que un cauce que en condiciones naturales recibe un flujo de base (río ganador) puede pasar a convertirse en un cauce perdedor por infiltración de parte de su caudal (en este caso se habla de recarga inducida o capturada); (5) afección a plantas freatofitas que dependen de la existencia de niveles freáticos someros; y (6) un aumento de la recarga en acuíferos cautivos en los que el descenso de la superficie freática en su zona de cabecera puede propiciarlo. La explotación intensiva de los recursos subterráneos puede conducir incluso a problemas de calidad química ya sea por procesos de intrusión marina en el caso de acuíferos costeros o por desplazamiento de aguas de pobre calidad química. CUSTODIO (1989) presenta un detallado análisis de los efectos de la sobreexplotación de acuíferos. La identificación y evaluación de las extracciones puede abordarse a partir del análisis de sus efectos.

## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES

- 1.- En el Centro Cívico de Trujillo en la actualidad consume agua superficial con un volumen de 866.5 m<sup>3</sup>. En condiciones normales, para condiciones de emergencia, el requerimiento es de 900 m<sup>3</sup>.
- 2.- El inventario de los pozos profundos operativos del Centro Cívico de Trujillo, se encontró que no hay pozos operativos en el centro de la ciudad de Trujillo.
- 3.- Se propone el reservorio construido Las Quintanas de 900 m<sup>3</sup> que se almacene agua subterránea, mediante el sistema de abastecimiento para el beneficio en el Centro Cívico de Trujillo en caso de contingencia.
- 4.- Se ha propuesto el reservorio construido Las Quintanas de 900 m<sup>3</sup> cerca del pozo profundo operativo La Esperanza 4 cuyo caudal es 10.029 l/s para el abastecimiento y almacenamiento de agua subterránea destinado al Centro Cívico de Trujillo en caso de contingencia.
- 5.- El volumen que se almacena en reservorios construidos de 1,500 metros cúbicos deberían estar cerca del centro cívico de Trujillo, que permitiría dar solución en casos de contingencia o desabastecimiento del agua potable en la Ciudad de Trujillo.
- 6.- La distribución del agua subterránea al Centro Cívico de Trujillo en caso de contingencia, el consumo del agua es racional y uniformemente previniendo que la población la desperdicie en lo cual se formaría los charcos de agua estancada en la ciudad originando la contaminación del medio ambiente a través de enfermedades (virus, hongos, etc.) para los seres humanos.

## **CAPITULO VII**

### **RECOMENDACIONES**

- 1.-** Contar con un plan de contingencia, que facilite el conocimiento, reducción y control permanente del riesgo de desastre hasta un límite aceptable en los sistemas de agua, para el desarrollo económico, social y ambiental sostenible de la población en esa instancia, por lo que este plan será actualizado y modificado de acuerdo a las necesidades que se presenten.
- 2.-** Socializar a la población, organizaciones de base y autoridades locales, los Planes de Mitigación y de Emergencia frente a los efectos del Fenómeno naturales y Antrópicos.
- 3.-** Se debe implementar estrategias de comunicación, a través del cual se genere información que permita a la población en general conocer acciones que minimicen el impacto que pueda ocasionar los fenómenos naturales y/o antrópicos de acuerdo a las condiciones de vulnerabilidad en que se desarrollan.
- 4.-** Se debe continuar con las coordinaciones permanentes con Defensa Nacional del GRLL, Defensa Civil Provincial y Distrital, INDECI, e instituciones locales, nacionales e internacionales con la finalidad de poder realizar acciones preventivas y de emergencia en caso de desastres naturales.

## CAPITULO VIII

### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AGUIRRE, C.D. LÓPEZ, R.L. (2017). Pozos tubulares. Abastecimiento de agua y alcantarillado. Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Católica Los Angeles de Chimbote – ULADECH. Ancash. Perú. Recuperado de:  
<https://es.scribd.com/document/369936950/Pozos-Tubulares>
- ARBELAEZ, G. T. BAENA, P. N. (2012). Operación y mantenimiento de pozos profundos para acueductos Primera Edición. Sistema Nacional de Capacitación Sectorial. Santa Fé. Bogotá. Colombia. Recuperado de:  
[https://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad\\_del\\_agua/operacion\\_pozos/index.html](https://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/operacion_pozos/index.html)
- BLANCO, M. (2003). Folleto de estaciones y equipos de bombeo. Curso de explotación y administración de recursos hídricos. Managua, Nicaragua: Facultad de Tecnología de la Construcción. UNI-RUPAP. Nicaragua.
- CASTILLO, V. (2006). Estudio de un modelado de diseño del sistema de bombeo de agua potable por pozos a un reservorio elevado. Puno: Editorial universitaria.
- CEPIS.(2010). Guías para la operación y mantenimiento de reservorios elevados y estaciones de bombeo. Lima: Organización Mundial de la Salud.
- COLLAZO, C.M.P., MONTAÑO, X. J, (2012). Manual de agua subterránea. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección General de Desarrollo Rural. Montevideo – Uruguay. Recuperado de:  
[aquabook.agua.gob.ar/files/upload/.../10.../Manual-de-agua-subterranea-Uruguay.pdf](http://aquabook.agua.gob.ar/files/upload/.../10.../Manual-de-agua-subterranea-Uruguay.pdf)
- CONAM. (2008). Análisis de la institucionalidad y de las capacidades para incluir medidas de adaptación de los recursos hídricos al cambio climático.
- CEPEDA, L. (1998). Procesos de hidrología: Método de Kirpich (1940) de tiempo de concentración. México, Editorial Armendaris. 368 p.
- CUSTODIO, E. Y LLAMAS, M.R. (ED.), (2016). Hidrología Subterránea. Ediciones Omega, Barcelona.

- CHACALTANA, U. F. G. FRANCO, A. A. L. REYES, S. E. O. (2011). Diseño de reservorio elevado tipo fuste parte 2. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima. Perú. Recuperado de:  
[https://www.academia.edu/.../DISEÑO\\_DE\\_RESERVORIO\\_ELEVADO\\_T\\_IPO\\_FUST...](https://www.academia.edu/.../DISEÑO_DE_RESERVORIO_ELEVADO_T_IPO_FUST...)
- CHAMORRO, B. C. (2009). Medidas para la adaptación al cambio climático, diagnostico situacional de recarga de acuíferos, Autoridad Nacional de Agua – ANA. Dirección de conservación y planeamiento de recursos hídricos, área de aguas subterráneas. Ministerio de Agricultura. Perú. Recuperado de:  
[https://www.ana.gob.pe/.../diagnostico\\_situacional\\_de\\_recarga\\_de\\_acuiferos\\_0.pdf](https://www.ana.gob.pe/.../diagnostico_situacional_de_recarga_de_acuiferos_0.pdf)
- CHEREQUE MORAN Wendor (1989), Hidrología para estudiantes de ingeniería civil, Pontificia Universidad Católica del Perú, obra auspiciada por CONCYTEC, Lima, Perú, 223 pp.
- ❖ DIARIO PERÚ 21. (2017). ¿Por qué el Perú no funciona la prevención de los desastres? Lima – Perú. Recuperado de:  
<https://peru21.pe/lima/peru-funciona-prevencion-desastres-infografia-70325>
- EDUCATIVO INFORMATIVO, (2012) Línea de aducción. Perú. Recuperado de: [ingcamilarojas.blogspot.com/2012/03/linea-de-aduccion.html](http://ingcamilarojas.blogspot.com/2012/03/linea-de-aduccion.html)
- EMSERCOTA S.A. ESP (2016). Plan de contingencia desabastecimiento de agua potable. Cota. Cundinamarca – Colombia. Recuperado de:  
[emsercota.gov.co/contratacion/plan%20de%20contingencia%202016.pdf](http://emsercota.gov.co/contratacion/plan%20de%20contingencia%202016.pdf)
- ENTE NACIONAL DE OBRAS HÍDRICAS DE SANEAMIENTO – ENOHSA. (1995). Capitulo V. Hidrogeología. Argentina. Recuperado de:  
<https://www.argentina.gob.ar/interior/infraestructura-y-politica-hidrica/enohsa>
- EPS SEDALIB S.A.(2014). Determinación de la Fórmula Tarifaria, Estructura Tarifaria y Metas de Gestión aplicable a la Empresa de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de la Libertad Sociedad Anónima 2014-2019.
- ESCOBAR, C. E. (2017). Metodología de montaje y desmontaje de equipos de bombeo para extracción continua desde acuíferos en

Huancayo. Facultad de Ingeniería mecánica. Universidad Nacional del Centro del Perú. Perú. Recuperado de: [repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1565/T10\\_42006275\\_T.pdf?...1...](http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1565/T10_42006275_T.pdf?...1...)

- FACULTAD DE CIENCIAS TECNOLÓGICAS, UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN, (2015). Almacenamiento Capítulo IV. Abastecimiento de agua potable. Cochabamba – Bolivia. Recuperado de: [www.ingenieroambiental.com/3007/almacenamiento.pdf](http://www.ingenieroambiental.com/3007/almacenamiento.pdf)
- FERRER, (1995). Perforación a rotación – rotopercusión. España. Recuperado de: <https://www.ferrersl.com/noticias/proyectos.../perforacion-a-rotacion-rotopercusion/>
- GARCÍA, S. (2017). Manual de manejo de cuencas hidrográficas. Perú. Recuperado de: <https://www.actswithscience.com/.../manual%20de%20manejo%20de%20cuencas.pdf>
- GUR, E. SPUHLER, D. (2018). Red de distribución comunitaria gestión de agua y saneamiento sostenible BID Agua y saneamiento. América Latina y El Caribe. Recuperado de: <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/...de.../red-de-distribución-comunitaria>
- IGLESIAS, M. J. A. (2015 – 2016). Captaciones subterráneas/ Perforación y equipamiento de sondeos para captación de aguas subterráneas. Escuela de Organización Industrial EOI. Sevilla. España. Recuperado de: <https://www.eoi.es/es/file/55146/download?token=t6KUri7l>
- ❖ INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA (INEI), OFICINA DEPARTAMENTAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA (ODEI). (2012), Compendio estadístico, Trujillo, Perú. Recuperado de: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitaless/t.../libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaless/t.../libro.pdf)
- INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL, MINISTERIO DE PONENTO GOBIERNO DE ESPAÑA. (2018). Explotación de los acuíferos. España. Recuperado de: [https://www.ign.es/espmap/mapas\\_agua\\_bach/pdf/Hidro\\_Mapas\\_10texto.pdf](https://www.ign.es/espmap/mapas_agua_bach/pdf/Hidro_Mapas_10texto.pdf)

- JIMENEZ, T.J.M. (2013). Manual para el diseño sistema de agua potable y alcantarillado sanitario. Facultad de Ingeniería Civil. Campus Xalapa. Universidad Veracruzana . México. Recuperado de:  
<https://www.uv.mx/.../files/2013/.../Manual-de-Diseno-para-Proyectos-de-Hidraulica.p...>
- JOHNSON INC., EDWARD E., (1975). El Agua Subterránea y los Pozos. Johnson División UOP, Inc., St. Paul, Minnesota, USA.
- LARA, P.C.A. (2005). Capítulo 6. Reservorio de almacenamiento. Perú. Recuperado de:  
<https://docplayer.es/21668884-Reservorio-de-almacenamiento.html>
- LÓPEZ, M. J. C. (2016). Formulación y diseño del proyecto de saneamiento unipampa zona – 9 almacenamiento y abastecimiento de agua potable. Ejemplo práctico de un reservorio elevado. Perú  
Recuperado de:  
[https://alicia.concytec.gob.pe/.../UUNI\\_e4c59abcc196ccc168cb21a24d35b...](https://alicia.concytec.gob.pe/.../UUNI_e4c59abcc196ccc168cb21a24d35b...)
- MANSILLA, J. (2015). Concepto de Hidrogeología. Perú. Recuperado de:  
<https://es.slideshare.net/javiermansilla75/la-exploracion-hidrogeologica>
- MANUAL DE AGUA POTABLE ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO – CAPTACIÓN EN POZOS PROFUNDOS. (2010). Concepto de coeficiente de almacenamiento. México D.F. Recuperado de:  
[www.frbb.utn.edu.ar/sysacad/archivos/74230-139202-Funda.V.pdf](http://www.frbb.utn.edu.ar/sysacad/archivos/74230-139202-Funda.V.pdf)
- MÉTODOS DE PERFORACIÓN – SLIDESHARE, (2014). Métodos de perforación. Recuperado de:  
<https://es.slideshare.net/gandaur/mtodos-de-perforacin>
- ❖ MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS DIRECCIÓN GENERAL DE ELECTRICIDAD (2006). Manual de sustentación del código nacional de electricidad utilización. Perú. Recuperado de:  
[www.minem.gob.pe/minem/.../file/Electricidad/.../ManualCNEUtilizacion.p...](http://www.minem.gob.pe/minem/.../file/Electricidad/.../ManualCNEUtilizacion.p...)
- MIRANDA, CH. E. (2008). Componente hídrico, Hidrología, Hidrográfica e Hidráulica. Departamento de Ecología. Universidad de Alicante. España. Recuperado de:  
[https://www.mendozaconicet.gob.ar/ladyot/publicaciones/glosario/PDF/com\\_p\\_31.pdf](https://www.mendozaconicet.gob.ar/ladyot/publicaciones/glosario/PDF/com_p_31.pdf)

- ❖ NARVAEZ, R. (2017). Introducción al sistema de abastecimiento. Capítulo 7. Perú. Recuperado de:  
<https://es.slideshare.net/.../250603337libroabastecimientodeaguaricardonarvaez>
  
- ORDOÑEZ, G. J. J. (2011). Cartilla técnica: ciclo hidrológico. Sociedad Geográfica de Lima. Foro Peruano para el agua. Lima. Perú. Recuperado de:  
[https://www.gwp.org/globalassets/global/gwpsam\\_files/.../ciclo\\_hidrologico.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwpsam_files/.../ciclo_hidrologico.pdf)
  
- ❖ OREJARENA, G.J. (2012). Concepto de porosidad. Lección 3 Hidrología. México D.F. Recuperado de:  
<https://es.scribd.com/document/66943246/Porosidad-Hidrogeologia>
  
- ❖ ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD (OPS), CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERIAS SANITARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES (CEPIS). (2004). Manual de perforación manual de pozos y equipamiento con bombas manuales. Lima – Perú. Recuperado de:  
<https://es.slideshare.net/jose7707/manual-de-perforacin-manual-de-pozos-y>  
<https://www.itacanet.org/.../Manual%20de%20perforación%20manual%20de%20pozo...>
  
- ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, (2005). Guías para el diseño de reservorios elevados de agua potable. Lima. Perú. Recuperado de:  
[www.bvsde.paho.org/tecapro/documentos/agua/160espdisenoreservorioselevados.pdf](http://www.bvsde.paho.org/tecapro/documentos/agua/160espdisenoreservorioselevados.pdf)
  
- ❖ OMS/OPS-. (2014). Emergencias y desastres en sistemas de agua potable y saneamiento: Guía para una respuesta eficaz
  
- ❖ PADRON, A. (2016). Estaciones de bombeo de agua potable. Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Portoviejo – EPMAPAP. Ecuador. Recuperado de:  
<https://slideplayer.es/slide/1019506/>
  
- ❖ PARIMANGO, T.A. RODRIGUEZ, O. E. A. (2018). Diseño de un sistema de ampliación del abastecimiento de agua subterránea por bombeo a reservorios en la ciudad de Paiján. Facultad de ingeniería Universidad Privada Antenor Orrego – UPAO. Perú

- PAVCO, (2015). Tuberías y conexiones de PVC, características técnicas de tuberías para agua fría presión. Perú. Recuperado de:  
[www.pavco.com.pe/wp-content/uploads/2016/05/AGUA-FRIA.pdf](http://www.pavco.com.pe/wp-content/uploads/2016/05/AGUA-FRIA.pdf)
- PÉREZ, D.C.F. (2012). Captación de aguas superficiales y subterráneas tema 2 abastecimientos de aguas. Grado de Ingeniería Civil, Universidad Politécnica de Cartagena – Colombia. Recuperado de :  
[ocw.bib.upct.es/.../Tema%2002%20CAPT%20AGUAS%20SUP%20Y%20SUB.pdf](http://ocw.bib.upct.es/.../Tema%2002%20CAPT%20AGUAS%20SUP%20Y%20SUB.pdf)
- PÉREZ, L. R. (2018). Tanque de almacenamiento gestión de agua y saneamiento sostenible BID agua saneamiento. América Latina y El Caribe. Recuperado de:  
<https://sswm.info/es/gass-perspective-es/...de-agua.../tanque-de-almacenamiento>
- PLAN DE DESARROLLO TERRITORIO DE TRUJILLO - PLANDET, MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE TRUJILLO (2018). Revista de imagen institucional. Área bruta, densidad y población de la ciudad de Trujillo. Perú.
- QUIJANO, G. J. P. (2012). Estudio hidráulico e hidrológico zona baja del río frío para estudio de inundaciones en Chía, propuesta y seguimiento de obras hidráulicas para protección de viviendas y vías. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Ambiental. Universidad Libre Colombia. Bogotá D.C. Colombia. Recuperado de:  
<https://repository.unilibre.edu.co/.../proyecto%20finalJerika%20Paola%20Quijano-co...>
- RADIO PROGRAMAS DEL PERÚ – NOTICIAS (RPP). (2018). Sin agua se queda el centro de Trujillo por frustrada conexión clandestina, Trujillo, Perú. Recuperado de:  
<https://rpp.pe/.../sin-agua-se-queda-el-centro-de-trujillo-por-frustrada-conexion-cland...>
- REGAL, A. (2012). Abastecimiento de Agua y Alcantarillado. Primera Edición. Lima.
- REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES – RNE (2006). Instituto de la Construcción y Gerencia ICG. Perú. Recuperado de:  
[www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm](http://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm)

- REYNA, M. (2017). Sistema de Abastecimiento de agua potable. Perú. Recuperado de:  
<https://es.scribd.com> › Documentos › Política y actualidad › Política
- ROYER, A. T. (2014). Reservorios. Perú. Recuperado de:  
<https://es.scribd.com> › Documentos › Estilo de vida › Hogares y jardines
- ROYER, A. T. (2019). Reservorios elevados y apoyados. Perú. Recuperado de: <https://es.scribd.com> › Documentos › Estilo de vida › Hogares y jardines
- SEGERER, C. D. VILLODAS, R. (2006). Hidrología I. Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina. Recuperado de: [www.conosur-rirh.net/ADVF/documentos/hidro1.pdf](http://www.conosur-rirh.net/ADVF/documentos/hidro1.pdf)
- SEGUIL, P. (2015). Línea de conducción. Perú. Recuperado de:  
<https://es.slideshare.net/pool2014/linea-de-conduccion>
- SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA – SENAMHI (2016). Parámetros climatológicos de la ciudad de Trujillo. Perú. Recuperado de:  
<https://www.senamhi.gob.pe/site/sea/www/?p=pronostico-detalle-turistico...0005>
- SIGNIFICADO DE CONCEPTOS, (2016). Significado o concepto de aforo. España. Recuperado de:  
<https://www.significados.com/aforo/>
- SOLANO, E. A. (2017). Abastecimiento de agua potable, Trujillo, Perú. Recuperado de:  
<https://es.scribd.com/document/289064237/Abastecimiento-de-Agua-en-Trujillo>
- SOLIS, M.I. FRAGA, O.D. KATTZ, L. L. CASTILLA, G. V. CARRILLO, V. S. (2015). Facultad de Ingeniería Civil: Benemérita. Universidad Autónoma de Puebla. México. Recuperado de:  
<https://es.slideshare.net/irinasolis/aguas-subterraneeas-ensayo-final>
- TECSUP VIRTUAL- CEPIS, (2015). Conceptos de Hidrometría. Fundamentos en el tratamiento del agua potable. Perú. Recuperado de:  
[www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan3/041225/041225-04.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan3/041225/041225-04.pdf)
- UNIVERSIDAD DE PIURA, (2015). Capítulo I. Ciclo hidrológico, cuenca hidrográfica. Perú. Recuperado de:

[www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1\\_136\\_147\\_89\\_1256.pdf](http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_136_147_89_1256.pdf)

- VALENCIA, J. (2014). Importancia de las aguas subterráneas, Apus del Agua, Sistema de Actualización Profesional Permanente en Gestión de Recursos Hídricos y Cambio Climático Macroregión Sur (SAPP – GIRHC/CC). Perú. Recuperado de:  
[apusdelagua.blogspot.com/2014/11/importancia-de-las-aguas-subterranas.html](http://apusdelagua.blogspot.com/2014/11/importancia-de-las-aguas-subterranas.html)
- VELARDE, C.A. (2010). Abastecimiento de agua y alcantarillado, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, Universidad Nacional del Antiplano, Puno – Perú. Recuperado de:  
[https://www.academia.edu/16430145/Abastecimiento\\_de\\_agua\\_y\\_alcantarillado](https://www.academia.edu/16430145/Abastecimiento_de_agua_y_alcantarillado)
- WIKIPEDIA LA ENCICLOPEDIA LIBRE, (2015). Concepto de pozo. España. Recuperado de:  
<https://es.wikipedia.org/wiki/Pozo>  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Centro\\_histórico\\_de\\_Trujillo\\_\(Perú\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Centro_hist%C3%B3rico_de_Trujillo_(Per%C3%BA))
- WIKIPEDIA LA ENCICLOPEDIA LIBRE, (2016). Concepto de ecuación de Hazen – Williams – Academic. España. Recuperado de:  
<https://esacademic.com/dic.nsf/eswiki/400233>

# **A N E X O S**

## Anexo N° 01 Cuadro de Línea de Impulsión del pozo Esperanza 4

<b>LÍNEA DE IMPULSION</b>									
<b>PROYECTO:</b>									
<b>UBICACIÓN:</b>		<b>LOCALIDAD: TRUJILLO</b>			<b>DISTRITO: TRUJILLO</b>				
		<b>PROVINCIA: TRUJILLO</b>			<b>DEPARTAMENT: LA LIBERTAD</b>				
ITEM	DESCRIPCIÓN	ELEMENTO	CANT	DIMENSIONES			PARCIAL	TOTAL	UND
				LARGO	ANCHO	ALTO			
<b>01.00.00</b>	<b><u>TRABAJOS PRELIMINARES</u></b>								
01.01.00	TRAZO Y REPLANTEO								
	TRAMO 1 : POZO ESPERANZA 4 -RESERVORIO LAS QUINTANAS		1	1531.63			1531.63	<b>1531.63</b>	ml
01.01.00	CINTAS SEÑALIZADORA		2	1531.63			3063.26	<b>3063.26</b>	ml
01.02.00	CERCO DE MALLA HDP DE 1 m DE ALTURA / ELEMENTOS DE SEGURIDAD		2	1531.63			3063.26	<b>3063.26</b>	ml
01.03.00	PUENTE DE MADERA PARA PASE PEATONAL SOBRE ZANJA		30				30	<b>30</b>	und
<b>02.00.00</b>	<b><u>MOVIMIENTO DE TIERRAS</u></b>								
<b>02.01.00</b>	<b>EXCAVACIÓN EN TERRENO NATURAL</b> ZANJA: ANCHO = 2 m, ALTO = 2.50 m		1	1531.63	2.00	2.50	7658.15	<b>7658.15</b>	m3
<b>03.00.00</b>	<b><u>REFINE Y NIVELACIÓN DE FONDO DE ZANJAS</u></b>								
<b>03.01.00</b>	<b>REFINE Y NIVELACIÓN P/TUBERÍA EN TERRENO NATURAL</b>		1	1531.63			1531.63	<b>1531.63</b>	ml
<b>04.00.00</b>	<b><u>CAMA DE APOYO PARA TUBERÍAS</u></b>								
04.01.00	CAMA DE APOYO PARA TUBERÍAS								
	TRAMO 1 : POZO ESPERANZA 4 -RESERVORIO LAS QUINTANAS		1	1531.63	2.50		1531.63	<b>1531.63</b>	ml
<b>05.00.00</b>	<b><u>RELLENO Y COMPACTACIÓN INICIAL PARA TUBERÍAS</u></b>								
05.01.00	RELLENO Y COMPACTACIÓN INICIAL SOBRE CLAVE DEL TUBO CON MATERIAL SELECCIONADO	Esp, 25%	1	1531.63	2.00	1.00	3829.08	<b>4786.34</b>	m3
<b>06.00.00</b>	<b><u>RELLENO Y COMPACTACIÓN FINAL PARA TUBERÍAS</u></b>								
06.01.00	RELLENO Y COMPACTACIÓN DE ZANJAS CON MATERIAL SELECCIONADO		1	1531.63	2.00	0.35	1072.14	<b>1072.14</b>	m3
06.02.00	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE, DP = 30 m	Esp, 30%	1				2339.56	<b>2339.56</b>	m3
<b>07.00.00</b>	<b><u>PAVIMENTACION</u></b>								
07.01.00	COLOCACION CARPETA ASFALTICA e=5cm		1	1531.63	2.50		3829.08	<b>3829.08</b>	m2
<b>08.00.00</b>	<b><u>SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERIAS NTP ISO 4435-1</u></b>								
08.01.00	SUMINISTRO E INST./TUBERIA PVC-SAP Ø=160 mm (6") CLASE 7.5 S.P								
	TRAMO 1 : POZO ESPERANZA 4 -RESERVORIO LAS QUINTANAS		1	1531.63			1531.63	<b>1531.63</b>	ml
<b>10.00.00</b>	<b><u>SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ACCESORIOS</u></b>								
10.01.00	<b>CODOS</b>								
	CODOS 90°x6"		8				8	<b>8</b>	und
	CODOS 22.5°x6"		1				1	<b>1</b>	und
10.02.00	<b>TEE</b>								
	TEE 6"		2				2	<b>2</b>	und
10.03.00	<b>VALVULA DE CONTROL</b>								
	VALVULA DE CONTROL CON MANOMETRO		1				1	<b>1</b>	und
<b>09.00.00</b>	<b><u>PRUEBAS HIDRÁULICAS</u></b>								
09.01.00	DOBLE PRUEBA HIDRÁULICA Y DESINFECCIÓN EN TUBERÍAS Ø=4"		1	1531.63			1531.63	<b>1531.63</b>	ml
<b>10.00.00</b>	<b><u>VARIOS</u></b>								
10.01.00	DADOS O ANCLAJE DE CONCRETO PARA FIJAR TUBERIAS D=6"		7				7	<b>7</b>	und

Anexo N° 02 Cuadro de Aducción del Reservorio de Abastecimiento Las Quintanas

LÍNEA DE ADUCCIÓN									
PROYECTO:									
UBICACIÓN:		LOCALIDAD: TRUJILLO			DISTRITO: TRUJILLO				
		PROVINCIA: TRUJILLO			DEPARTAMENT: LA LIBERTAD				
ITEM	DESCRIPCIÓN	ELEMENTO	CANT	DIMENSIONES			PARCIAL	TOTAL	UND
				LARGO	ANCHO	ALTO			
<b>01.00.00</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>								
01.01.00	TRAZO Y REPLANTEO								
	TRAMO 2 : RESERVORIO LAS QUINTANAS - REDES DE DISTRIBUCIÓN		1	1060.25			1060.25	1060.25	ml
01.01.00	CINTAS SEÑALIZADORA		2	1060.25			2120.50	2120.50	ml
01.02.00	CERCO DE MALLA HDP DE 1 m DE ALTURA / ELEMENTOS DE SEGURIDAD		2	1060.25			2120.50	2120.50	ml
01.03.00	PUENTE DE MADERA PARA PASE PEATONAL SOBRE ZANJA		30				30	30	und
<b>02.00.00</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>								
<b>02.01.00</b>	<b>EXCAVACIÓN EN TERRENO NATURAL</b>		1	1060.25	2.00	2.50	5301.25	5301.25	m3
	ZANJA: ANCHO = 2 m, ALTO = 2.50 m								
<b>03.00.00</b>	<b>REFINE Y NIVELACIÓN DE FONDO DE ZANJAS</b>								
<b>03.01.00</b>	<b>REFINE Y NIVELACIÓN P/TUBERÍA EN TERRENO NATURAL</b>		1	1060.25			1060.25	1060.25	ml
<b>04.00.00</b>	<b>CAMA DE APOYO PARA TUBERÍAS</b>								
04.01.00	CAMA DE APOYO PARA TUBERÍAS								
	TRAMO 1 : POZO ESPERANZA 4 -RESERVORIO LAS QUINTANAS		1	1060.25	2.00		1060.25	1060.25	ml
<b>05.00.00</b>	<b>RELLENO Y COMPACTACIÓN INICIAL PARA TUBERÍAS</b>								
05.01.00	RELLENO Y COMPACTACIÓN INICIAL SOBRE CLAVE DEL TUBO	Esp, 25%	1	1060.25	2.00	1.00	2650.63	3313.28	m3
<b>06.00.00</b>	<b>RELLENO Y COMPACTACIÓN FINAL PARA TUBERÍAS</b>								
06.01.00	RELLENO Y COMPACTACIÓN DE ZANJAS CON MATERIAL SELECCIONADO		1	1060.25	2.00	0.35	742.18	742.18	m3
06.02.00	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE, DP = 30 m	Esp, 30%	1				1619.53	1619.53	m3
<b>07.00.00</b>	<b>PAVIMENTACION</b>								
07.01.00	COLOCACION CARPETA ASFALTICA e=5cm		1	1060.25	2.50		2650.63	2650.63	m2
<b>08.00.00</b>	<b>SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERIAS NTP ISO 4435-1</b>								
08.01.00	SUMINISTRO E INST./TUBERIA PVC-SAP Ø=160 mm (6") CLASE 7.5 S.P								
	TRAMO 1 : POZO ESPERANZA 4 -RESERVORIO LAS QUINTANAS		1	1060.25			1060.25	1060.25	ml
<b>10.00.00</b>	<b>SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ACCESORIOS</b>								
10.01.00	<b>CODOS</b>								
	CODOS 90°x6"		1				1	1	und
	CODOS 22.5°x6"		1				1	1	und
10.02.00	<b>TEE</b>								
	TEE 6"		1				1	1	und
	TEE 6"X 4"		1				1	1	und
10.03.00	<b>VALVULA DE CONTROL</b>								
	VALVULA DE CONTROL CON MANOMETRO		1				1	1	und
<b>09.00.00</b>	<b>PRUEBAS HIDRÁULICAS</b>								
09.01.00	DOBLE PRUEBA HIDRÁULICA Y DESINFECCIÓN EN TUBERÍAS Ø=4"		1	1060.25			1060.25	1060.25	ml
<b>10.00.00</b>	<b>VARIOS</b>								
10.01.00	DADOS O ANCLAJE DE CONCRETO PARA FIJAR TUBERIAS D=6"		7				7	7	und





## Cantidad de agua necesaria para emergencias

### Prioridades para el agua

Las personas tienen necesidades por el agua que no siempre son previsible por el personal humanitario que llega apoyar la respuesta al desastre. En algunas culturas, la necesidad de lavar las toallas sanitarias o lavarse las manos y pies antes de la oración son más importante que otros usos habituales del agua. Por lo tanto, hable con las personas afectadas para entender sus prioridades. Algunas personas tienen necesidades muy específicas sobre el uso del agua para la limpieza anal.

Las mujeres y los hombres tienen diferentes prioridades sobre el uso del agua. Las mujeres por lo general están preocupadas por los usos básicos del agua en el hogar y agua para su higiene personal durante la menstruación, mientras que los hombres pueden tener preocupaciones sobre la disponibilidad de agua para el ganado, huerto, etc. En la evaluación, tome en consideración el desperdicio y pérdidas de agua.

Las Normas de Esfera sugieren una cantidad mínima de agua para la supervivencia, para que la misma sirva como punto de partida para el cálculo de la demanda según el contexto de emergencia. (Véase el cuadro 1.)

### Fuentes de agua y su calidad

Las personas no tienen por qué obtener toda el agua de una sola fuente de agua. Ellos pueden estar provistos de botellas



Cuadro 1. Tabla simplificada de requerimiento de agua para la supervivencia (por persona)

Tipo de necesidad	Cantidad	Comentarios
Supervivencia (bebida y alimentación)	2.5 a 3 lpd	Depende del clima y fisiología de las personas
Prácticas básicas de higiene	2 a 6 lpd	Depende de costumbres sociales y culturales
Necesidades básicas para cocinar	1 a 6 lpd	Depende del tipo de comida, costumbres sociales y culturales
Total	7.5 a 15 lpd	1pd: litro por persona al día

de agua potable para el consumo humano, pero usar el agua de un arroyo para lavar la ropa.

En situaciones de emergencia, a medida que aumenta la demanda de agua, en general, el uso puede reducir la calidad del agua dependiendo del uso que se le vaya a dar. Agua para la limpieza del piso no tiene que ser de la misma calidad que el agua potable, y agua para cultivos de subsistencia puede ser de una calidad aún más baja.

### Saneamiento y requerimientos de agua

El tipo de saneamiento (disposición de excretas) siempre tendrá un gran impacto en la demanda de agua. Sistemas de saneamiento con arrastre hidráulico, tales como inodoros, requieren un gran volumen de agua (hasta 7.5 l de agua por persona por cada uso).



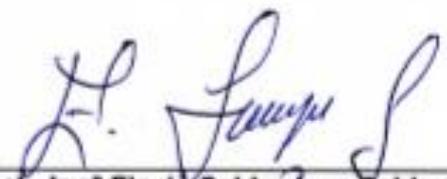
Los letrinas, o inodoros simples de sifón, tiene una necesidad de agua mucho menor.

### Accesibilidad

Puede ser que exista gran disponibilidad de agua, pero pueden existir otras barreras o limitaciones para que las personas accedan y hagan uso de la misma, tales como el tiempo de viaje y/o haciendo colas para acceder al agua. Si las personas se tardan más de 30 minutos para recoger el agua, la cantidad que se colecta se reduce (ver figura 2). Proporcionar instalaciones para el lavado y servicio de lavandería cerca de los puntos de agua reduce la necesidad de transportar agua.

### Proyecto Esfera

Esfera (2011) sugiere que la distancia mínima entre cualquier hogar y un punto de agua de 500 metros y el tiempo máximo de espera para recoger el agua de 30 minutos.

<p><b>UPAO</b> Ingeniería Civil <b>RECIBIDO</b> 14 FEB. 2019 Hora: 6:15 Doc. N°: Firma: </p>	<p><b>SOLICITO CARTA DE PRESENTACIÓN COMO TESISTA PARA LA EMPRESA DE SEDALIB S.A.</b></p>
<p><b>SEÑOR DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERIA UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO - UPAO S.D.</b></p>	
<p>YO, Flavio Saldarriaga Saldarriaga Peruano con DNI N° 00328190, Bachiller de Ingeniería Civil de la facultad de Ingeniería Universidad Privada Antenor Orrego – UPAO, ante usted me presento respetuosamente para exponer lo siguiente:</p>	
<p>Que por motivo de realizar mi tesis aprobada con la resolución N° 01364-2018-FI-UPAO denominado "SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA SUBTERRANEA AL CENTRO CIVICO DE TRUJILLO, EN CASO DE CONTINGENCIA" solicito tenga la amabilidad de otorgarme una <b>CARTA DE PRESENTACIÓN</b> como tesista a la empresa SEDALIB S.A. dirigida al Gerente General Ing° Eloy Díaz Ríos con copia a Abog. Myriam Cotrina Miñano Sub Gerente de Recursos Humanos, Ing° Carlos Aldujar Revoredo Jefe de Corporación Técnica y Mitigación de Desastres, Ing° Gustavo Aparicio García Asistente Técnico Gerencia Operaciones y Mantenimiento, motivo por el cual la empresa me apoye con información técnica como:</p>	
<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Planos de Ubicación y distribución de los pozos subterráneos en uso en el centro cívico de Trujillo Distrito de Trujillo.</li><li>✓ Datos de caudales, volúmenes, velocidades, tiempos de las aguas subterráneas que maneja la empresa SEDALIB S.A. a través de los pozos subterráneos y los reservorios.</li><li>✓ Mantenimiento y vida útil de los reservorios y los pozos subterráneos que maneja la empresa SEDALIB S.A.</li></ul>	
<p>POR LO EXPUESTO, señor Director, solicito acceder a mi pedido por ser de justicia.</p>	
<p>Trujillo, 14 de Febrero de 2019</p>	
<p>Atentamente,</p>	<p> Bach. Ing° Flavio Saldarriaga Saldarriaga DNI N° 00328190</p>

Anexo N° 07. Carta de Presentación como Tesista para la Empresa SEDALIB S.A.

 **UPAO** | Facultad de Ingeniería  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

**CARGO**

"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"

Trujillo, febrero 18 del 2019

SEDALIB S.A.  
DIRECCIÓN UPAO  
CALLE 1000 N° 1000  
TEL: 0522018000 FAX: 0522018000000000  
**\*000013050\***

Señor Ingeniero  
ELOY DIAZ RIOS  
Gerente General SEDALIB  
Presente.-

**Asunto: CARTA DE PRESENTACIÓN**

De mi mayor consideración:

A través del presente le expreso mi cordial saludo y, a la vez, hago de su conocimiento que nuestro tesista, Bachiller FLAVIO SALDARRIAGA SALDARRIAGA requiere obtener la siguiente información para el desarrollo de su tesis titulada "SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA SUBTERRANEA AL CENTRO CIVICO DE TRUJILLO, EN CASO DE CONTINGENCIA", inscrita mediante la Resolución de Decanato N° 01354-2018-FI-UPAO:

- Planos de ubicación y distribución de los pozos subterráneos en uso en el centro cívico de Trujillo Distrito de Trujillo.
- Datos de caudales, volúmenes, velocidades, tiempos de las aguas subterráneas a través de los pozos subterráneos y los reservorios.
- Mantenimiento y vida útil de los reservorios y los pozos subterráneos.

Por lo expuesto, solicito a su despacho tenga a bien disponer se brinde facilidades para la obtención de la información mencionada.

Agradeciéndole la atención brindada, quedo de Ud.

Atentamente,

  
**MSC. ENRIQUE F. LUJAN SILVA**  
Director Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Cc:  
Sub Gerencia de Recursos Humanos  
Corporación Técnica y Mitigación de Desastres  
Gerencia de Operaciones y Mantenimiento

EFLS/wms

PRIVADA ANTONIO ORREGO

Av. América Sur 3145 Monseñor Trujillo - Perú

Anexo N° 08. Solicitud Datos Estadísticos del Centro cívico de Trujillo Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI

**SOLICITUD COSTO DE INFORMACIÓN CENSO POBLACIONAL 2017**

Trujillo 01 de Marzo del 2019

Señor Licenciado  
**JUAN NUÑEZ MELENDEZ**  
Director Departamental INEI Trujillo  
Presente.



S.D.

FECHA: 01 MAR 2019  
REGISTRO: 196  
FOLIO: [signature]

YO, Flavio Saldarriaga Saldarriaga Peruano con DNI N° 00328190, Bachiller de Ingeniería Civil de la facultad de Ingeniería de la Universidad Privada Antenor Orrego – UPAO, ante usted me presento respetuosamente y le solicito el costo de la información técnica del censo población 2017 del Centro Cívico de Trujillo que a continuación se detalla:

- ✓ Número de habitantes en el Centro Cívico de Trujillo.
- ✓ Número de viviendas ocupadas en el Centro Cívico de Trujillo según régimen de tenencia.
- ✓ Número de viviendas desocupadas en el Centro Cívico de Trujillo según régimen de tenencia.

Dicha información lo solicito para mi tesis que estoy realizando cuyo nombre es **"SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA SUBTERRANEA AL CENTRO CIVICO DE TRUJILLO, EN CASO DE CONTINGENCIA"**.

Espero señor director su respuesta inmediata el costo de dicha información solicitada, para cumplir con la realización de la tesis y así obtener mi título profesional.

En espera de su autorización solicitada quedo de usted.

Atentamente,

**Bach. Ing° Flavio Saldarriaga Saldarriaga**  
DNI N° 00328190

NOTA: Adjunto croquis del centro cívico de Trujillo  
Ante cualquier comunicación Cel. 951493100, correo electrónico  
[flaviosaldarriaga33@hotmail.com](mailto:flaviosaldarriaga33@hotmail.com)

Anexo N° 09. Oficio del Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI sobre los Datos Estadísticos del Centro Cívico de Trujillo

	PERÚ	Presidencia del Consejo de Ministros	Instituto Nacional de Estadística e Informática
---	------	--------------------------------------	---

"Decenio de la Igualdad y Oportunidades para Mujeres y Hombres"  
"Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad"

Trujillo, 22 de febrero del 2019

**OFICIO N° 218 -2019-INEI/ODEI-LIB.**

Señor Bach. Ing°  
**FLAVIO SILDARRIAGA SILDARRIAGA**  
Trujillo.-

**Asunto :** Atención Datos Estadísticos, Centro Histórico de Trujillo

**Referencia :** - Solicitud S/N de fecha 19/02/2019

Tengo el agrado de dirigirme a Usted, para saludarle cordialmente y en atención al documento de la referencia, debo comunicarle que según los Resultados del Censo Nacional 2017: XII de Población y VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas, aún no se tiene datos a nivel del Centro Histórico de Trujillo, únicamente a nivel de Provincias, Distritos y Centros Poblados.

Se adjunta dos hojas anexas con información del Distrito de Trujillo.

Sin otro particular, es propicia la ocasión para renovarle las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,



Dr. Juan Alvarez Acostado  
DIRECTOR REGIONAL  
DIRECCIÓN REGIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA  
TRUJILLO

Av. Manuel Vera Enriquez N° 504 – Urb. Las Quintanas  
Trujillo - Perú  
Teléfonos: ☎ 249455 - ☎ 207400  
E-mail: [libertad@inei.gob.pe](mailto:libertad@inei.gob.pe)  
Web: <http://www.inei.gob.pe>

**EL PERÚ PRIMERO**

# **P L A N O S**