

GRADO EN INGENIERÍA EN ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE GRADO

GESTIÓN DE LA INSTALACIÓN DE POTABILIZACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA EN UN MUNICIPIO DE REPÚBLICA DOMINICANA

Alumno: Gómez, López, Iñigo

Director: Cuadrado, Rojo, Jesús

Curso: <2018-2019 >

Fecha: 26 de Junio 2019

Gracias a Álvaro Paz gran amigo y presidente de la Asociación Nuevi intercambiando sonrisas por la gran ayuda, la motivación y la idea de sacar adelante el proyecto y a Jesús Cuadrado por la ayuda en la realización

ÍNDICE

1. RESUMEN	4
2. LISTA DE TABLAS, ILUSTRACIONES Y ACRÓNIMOS	5
3. INTRODUCCIÓN	7
3.1. Enfoque global y local	8
3.2. El servicio municipal de abastecimiento de agua	10
4. CONTEXTO.....	12
4.1. Estudios de las necesidades de consumo	15
4.2. Principales fuentes de abastecimiento y recursos hídricos.....	16
4.3. Normativa abastecimiento agua	21
4.4. Estudio topográfico	23
4.5. Calidad del agua	23
4.5.1. Análisis cuantitativo y cualitativo	24
5. OBJETIVOS.....	26
6. BENEFICIOS DEL PROYECTO	28
6.1. Mejora del municipio	28
6.2. Plan de difusión y explotación	28
7. ESTADO DEL ARTE.....	29
7.1. Principios dinámica de fluidos.....	29
7.1.1. Hidrostática	30
7.1.2. Línea piezométrica	31
7.1.3. Ecuación de continuidad.....	32
7.1.4. Teorema de Bernoulli	32
7.1.5. Pérdidas de carga.....	33
7.1.6. Carga residual.....	35
7.1.7. Bloqueos de aire	36
7.1.8. Golpe de ariete.....	36
7.2. Almacenamiento	39

7.3. Red de distribución	41
7.3.1. Tuberías	42
7.3.2. Válvulas.	44
7.4. Fuente central de suministro	45
8. METODOLOGÍA	47
8.1. Definición de requisitos y solución constructiva.	47
8.1.1. Necesidades de consumo	47
8.1.2. Tanque de almacenamiento	48
8.1.3. Potabilización	49
8.1.4. Red de suministro	52
8.1.5. Fuentes	70
8.2. Datos municipio y planos	72
8.3. Plan de actuación	74
9. TAREAS Y DIAGRAMA GANTT	75
10. PRESUPUESTO	76
11. ANALISIS DE RIESGOS Y AMENAZAS	78
12. CONCLUSIONES	79
13. LÍNEAS FUTURAS	80
14. BIBLIOGRAFÍA	81

1. RESUMEN

El agua un recurso tan escaso y tan valioso para la vida y en algunas zonas del planeta como en RD no es de fácil acceso ni de calidad para beber. La red de suministro actual que aporta agua a 4 municipios el Alto, Bellaco, Camino Real y los Polancos fue construida en 1998 con el paso del tiempo se ha ido deteriorando y estropeando, la fundación Mama Malta junto a la asociación Nuevi intercambiando sonrisas se ha desarrollado la mejora y restauración de la antigua red de suministro, de esta manera se integran nuevas técnicas de potabilización y una nueva red de tuberías que abastecerán de agua de calidad a los habitantes de estos municipios, evitando enfermedades y dotándolos de una mejora en su nivel de vida. El poder optar a agua potable les permitirá desarrollarse. Este proyecto crea las bases para futuros proyectos de potabilización.

Ura bizitzarako baliabide baliotsua bezain urria da; hala ere, Dominikar Errepublikan bezalako Lurreko hainbat lekutan baliabide honetara heltzea ez da erraza, are zailagoa da edangarria den ura lortzea.

Gaur egun El Alto, Bellaco, Camino Real eta Los Polancos herrietan dagoen ur-hornikuntza sarea 1998an eraiki zen eta urteak aurrera egin ahala narriatzen joan da. _Mama Malta_ asoziazioak _Nuevi intercambiando sonrisas_ erakundearekin elkarlanean, ur-hornikuntza sare honen hobekuntza eta zaharberritzea egin dituzte. Honi esker, uraren arazketa-teknika eta biztanle hauek guztiak hornituko dituzten hoditeri sare berria integratzeaz gain, gaixotasunak ekiditea lortzen da eta biztanleen bizi-kalitatea hobetzen da. Ur edangarria izateko aukera hutsak garatze bidera jotzea ahalbidetuko diete biztanle hauei. Proiektu hau etorkizun batean egingo diren uraren arazketaren inguruko proiektuen oinarritzat hartu ahal izango da.

Water is such a little and valuable resource for life, in some areas of the planet as in the DR it's not easily accessible or has a good quality to drink. The current supply network that provides water to 4 municipalities El Alto, Bellaco, Camino Real and Polancos was built in 1998 with the passage of time has been deteriorating and spoiling, the Mama Malta Foundation together with the association Nuevi "exchanging smiles" has been developed the improvement and restoration of the old supply network, this way new potabilization techniques are

integrated and a new network of pipes that will provide quality water to the inhabitants of these municipalities, avoiding diseases and providing them with an improvement in their level of life. The power to choose drinking water will allow them to develop. This project creates the basis for future potabilization projects

2. LISTA DE TABLAS, ILUSTRACIONES Y ACRÓNIMOS

- TABLA DE ILUSTRACIONES:

ILUSTRACIÓN 1: MAPA RD, FUENTE: GOOGLE EARTH.....	9
ILUSTRACIÓN 2: MAPA BAJABONICO ARRIBA, FUENTE: GOOGLE EARTH	10
ILUSTRACIÓN 3: FUENTE CENTRAL DE LOS MUNICIPIOS, FUENTE: NUEVI	12
ILUSTRACIÓN 4: RÍO BAJABONICO, FUENTE: NUEVI	13
ILUSTRACIÓN 5: TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y TUBERÍA, FUENTE: NUEVI	14
ILUSTRACIÓN 6: FUENTE CENTRAL Y GRIFO DE VÁLVULA, FUENTE: NUEVI	14
ILUSTRACIÓN 7: PORCENTAJE NACIONAL Y REGIONAL DE HOGARES CON ABASTECIMIENTO DE AGUA DESDE ACUEDUCTOS Y OTROS MEDIOS, FUENTE: CENSO NACIONAL 2010 RD.....	15
ILUSTRACIÓN 8: PORCENTAJE NACIONAL Y REGIONAL DE HOGARES CON ACOMETIDA INTRADOMICILIARIA EN ZONAS URBANAS Y RURALES, FUENTE: CENSO NACIONAL 2010 RD	16
ILUSTRACIÓN 9: REGIONES HIDROGRÁFICAS PRESENTADAS EN EL PLAN HIDROLÓGICO NACIONAL, FUENTE: INDRHI	17
ILUSTRACIÓN 10: MEDIA DE PRECIPITACIÓN MENSUAL DESDE 1901-2016, FUENTE CLIMATEKNOWLEDGEPORTAL.COM	18
ILUSTRACIÓN 11: CAUDALES DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL POR REGIÓN, FUENTE INDRHI.....	18
ILUSTRACIÓN 12: PRESA DE HATILLO, FUENTE: GOOGLE IMAGES.....	19
ILUSTRACIÓN 13: POZO EXTRACCIÓN AGUA, FUENTE: DIARIOLIBRE.COM.....	20
ILUSTRACIÓN 14: CUEVA TRES OJOS SANTO DOMINGO, FUENTE: GOOGLE IMAGES.....	20
ILUSTRACIÓN 15: TABLA DE PH, FUENTE: GOOGLE IMAGES.....	25
ILUSTRACIÓN 16: NIVELES DE TUBOS PIEZOMÉTRICOS, FUENTE: LIBRO DE MECÁNICA DE FLUIDOS DE E.I.B	30
ILUSTRACIÓN 17: LÍNEAS PIEZOMÉTRICAS, FUENTE: LIBRO MECÁNICA DE FLUIDOS E.I.B	31
ILUSTRACIÓN 18: VARIACIÓN DE SECCIÓN EN TUBERÍA, FUENTE: GOOGLE	32
ILUSTRACIÓN 19: ABACO DE MOODY, FUENTE: ESACADEMIC.COM	34
ILUSTRACIÓN 20: GOLPE DE ARIETE DIRECTO, FUENTE: TUYPER.ES.....	37
ILUSTRACIÓN 21: GOLPE DE ARIETE INVERSO, FUENTE: TUYPER.ES	37
ILUSTRACIÓN 22: TABLA EN FUNCIÓN DEL MATERIAL, FUENTE: TUYPER.ES	39
ILUSTRACIÓN 23: MAPA TOPOGRÁFICO CON LA UBICACIÓN DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO, FUENTE: ES-EC.TOPOGRAPHIC-MAP.COM	39
ILUSTRACIÓN 24: TANQUE ACTUAL CON LA VALLA PERIMETRAL, FUENTE: NUEVI	40
ILUSTRACIÓN 25: TANQUE ACTUAL CON LA VALLA PERIMETRAL, FUENTE: NUEVI	40
ILUSTRACIÓN 26: MAPA GENERAL RED DE SUMINISTRO, FUENTE PROPIA.....	42
ILUSTRACIÓN 27: TUBERÍA DE SUMINISTRO ACTUAL, FUENTE: NUEVI	43
ILUSTRACIÓN 28: TUBERÍA DE SUMINISTRO ACTUAL, FUENTE: NUEVI	43

ILUSTRACIÓN 29: VÁLVULA DE COMPUERTA ENCARGADA DE ABRIR EL PASO DE AGUA A LA RED DE SUMINISTRO DESDE EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO, FUENTE: NUEVI	44
ILUSTRACIÓN 30: RECUBRIMIENTO DE LA CAJA DE VÁLVULAS, FUENTE: NUEVI	45
ILUSTRACIÓN 31: LOCALIZACIÓN FUENTES, FUENTE PROPIA	46
ILUSTRACIÓN 32: FUENTE ACTUAL CON GRIFO DE VÁLVULA, FUENTE: NUEVI	46
ILUSTRACIÓN 33: DETALLE GRIFO DE VÁLVULA, FUENTE: XAKATAKACIENCIA.COM.....	47
ILUSTRACIÓN 34: DETALLE TANQUE DE ALMACENAMIENTO, FUENTE: GOOGLE IMAGES.....	48
ILUSTRACIÓN 35: TUBERÍA CAPTACIÓN AGUA DEL POZO CON FILTRO, FUENTE: IAGUA.ES	49
ILUSTRACIÓN 36: DETALLE SEDIMENTACIÓN TANQUE EN FUNCIÓN HORAS, FUENTE PROPIA.....	50
ILUSTRACIÓN 37: DETALLE INSTALACIÓN DE SUMINISTRO DE CLORO PARA LA POTABILIZACIÓN, FUENTE: CONAMA 2012, CONGRESO DE MEDIO AMBIENTE	51
ILUSTRACIÓN 38: RED GENERAL DE SUMINISTRO, FUENTE PROPIA.....	52
ILUSTRACIÓN 39: VÁLVULA DE COMPUERTA D=75MM, FUENTE: DIRECTINDUSTRY.COM.....	56
ILUSTRACIÓN 40: VÁLVULA DE BOLA D= 75MM, FUENTE: SOLOSTOCKS.COM	56
ILUSTRACIÓN 41: VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN, FUENTE: CLIMAREPUESTOS.COM	57
ILUSTRACIÓN 42: PERFIL ELEVACIÓN DE ELEVACIÓN PRIMER TRAMO, FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA Y GOOGLE EARTH	57
ILUSTRACIÓN 43: BIFURCACIÓN TUBERÍA PVC, FUENTE: LEROYMERLÍN.ES.....	60
ILUSTRACIÓN 44: PERFIL ELEVACIÓN SEGUNDO TRAMO, FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA Y GOOGLE EARTH.....	61
ILUSTRACIÓN 45: PERFIL DE ELEVACIÓN TERCER TRAMO, FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA Y GOOGLE EARTH.....	62
ILUSTRACIÓN 46: PERFIL DE ELEVACIÓN CUARTO TRAMO, FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA Y GOOGLE EARTH.....	63
ILUSTRACIÓN 47: PERFIL DE ELEVACIÓN QUINTO TRAMO, FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA Y GOOGLE EARTH.....	65
ILUSTRACIÓN 48: PERFIL DE ELEVACIÓN SEXTO TRAMO, FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA Y GOOGLE EARTH	66
ILUSTRACIÓN 49: PERFIL DE ELEVACIÓN SÉPTIMO TRAMO, FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA Y GOOGLE EARTH.....	68
ILUSTRACIÓN 50: TUBO DE PVC USADO PARA LA RED DE SUMINISTRO, FUENTE: GARDENEA.COM	70
ILUSTRACIÓN 51: DETALLE GRIFO CON PULSADOR TEMPORIZADO, FUENTE: TAPASYREGISTROS.COM	71
ILUSTRACIÓN 52: DETALLE GRIFO CON PULSADOR TEMPORIZADO, FUENTE: TAPASYREGISTROS.COM	71
ILUSTRACIÓN 53: DISTRIBUCIÓN CASAS BELLACO, FUENTE: GOOGLE EARTH.....	72
ILUSTRACIÓN 54: DISTRIBUCIÓN CASAS EL ALTO, FUENTE: GOOGLE EARTH.....	73
ILUSTRACIÓN 55: DISTRIBUCIÓN CASAS CAMINO REAL, FUENTE: GOOGLE EARTH.....	73
ILUSTRACIÓN 56: DISTRIBUCIÓN CASAS LOS POLANCOS, FUENTE: GOOGLE EARTH	74
ILUSTRACIÓN 57: DIAGRAMA GANTT, FUENTE PROPIA.....	76

- **TABLA DE TABLAS:**

TABLA 1: RELACIÓN DEL CAUDAL CON LA VELOCIDAD Y EL DIÁMETRO, FUENTE: RED DE ABASTECIMIENTO EXTERIOR JESÚS CUADRADO.....	53
TABLA 2: DIÁMETRO TUBERÍA EN FUNCIÓN DE LA PRESIÓN, FUENTE: DESATRANCOSDNP.COM	54
TABLA 3: ABACO UNIVERSAL DEL AGUA PARA CALCULAR LAS PÉRDIDAS DE CARGA, FUENTE: RED DE ABASTECIMIENTO EXTERIOR JESÚS CUADRADO	55
TABLA 4: PÉRDIDA DE CARGA EN FUNCIÓN DEL ELEMENTO, FUENTE: GENEBRE.COM	56
TABLA 5: TABLA RESUMEN DE LOS DATOS DE LOS TRAMOS DE LA RED DE SUMINISTRO, FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	69
TABLA 6: DIAGRAMA GANTT TAREAS, FUENTE PROPIA.....	75

TABLA 7: HORAS INTERNAS, ELABORACIÓN PROPIA	76
TABLA 8: AMORTIZACIONES, ELABORACIÓN PROPIA	77
TABLA 9: GASTOS, ELABORACIÓN PROPIA	77
TABLA 10: PRESUPUESTO TOTAL, ELABORACIÓN PROPIA	77

- LISTA DE ACRÓNIMOS:

1. INDHR: Instituto nacional de recursos hidráulicos.
2. RD: República Dominicana
3. ST: Sólidos totales
4. CAASD: Corporación del alcantarillado y acueducto de Santo Domingo

3. INTRODUCCIÓN

Este proyecto es llevado a cabo por la pequeña asociación Nuevi intercambiando sonrisas fundada en 2017, que cruzo el charco por primera vez como asociación el año pasado de la mano de su presidente Álvaro Paz para llevar a cabo la reforma de una escuela en la provincia de Puerto Plata en RD, una vez allí se movió por las zonas más rurales conociendo de primera mano las necesidades y problemas que tenían para ver como poder ayudar a través de Nuevi. En la zona de Bajabonico conoció al Profesor Afrodisio Vargas responsable de la fundación Mama Malta, inc. Estaban trabajando en un proyecto de potabilización y salud integral en las comunidades más rurales de la zona. Nuevi decidió aportar su granito de arena en este proyecto ayudando a través de su equipo técnico en el diseño y renovación del actual sistema de distribución de agua. De esta manera se podrá abastecer de agua potable y de calidad a los habitantes de esas comunidades.

En el mundo, el 96.5% del agua total es agua salada y se distribuye en los mares y océanos, mientras que el restante 3.5% es agua dulce que se encuentra a nivel superficial en forma de ríos y arroyos, a nivel subterráneo como acuíferos naturales y manantiales y por último de una manera inaccesible como hielo en los polos y en las cimas de las montañas. Solo un 13% de ese 3.5% del agua total del planeta es accesible el resto el 87% es inaccesible al consumo humano.

A pesar de la absoluta necesidad de respirar aire puro, nada es más importante para el desarrollo humano que la calidad del agua que se bebe, aunque también es necesaria agua limpia para otros usos. Todas las poblaciones más importantes del mundo moderno se construyeron y evolucionaron a orillas de ríos, el agua como centro de vida. En Estados Unidos la industria usa 100 millones de m³/año agua para enfriar, lavar y

distribuir sus materiales, cantidad que equivale al 30% del agua de los ríos de todo el mundo. Sólo una pequeña parte del agua que se usa permanece limpia ya que, a medida que fluye por los caminos fluviales, va reflejando la historia de dónde ha estado y para qué ha sido usada.

Hoy en día la idea de poder beber agua potable a diario y de calidad es algo que en algunas partes del mundo todavía no se concibe, esta es una situación en la que se ven afectadas alrededor de 2100 millones de personas repartidas en más de 40 países las cuales tienen una carencia o deficiencia de agua potable. Los habitantes de los países desarrollados a pesar de tener acceso a agua potable están carece de una óptima condición debido a que está contaminada, se calcula y se prevé que para él 2025 la mitad de la población vivirá en zonas con escasez de agua.

El agua este recurso tan escaso y necesario para la vida su carencia, debido a las inundaciones, sequías o por un sistema de saneamiento inadecuado causa una desnutrición evitable o padecer enfermedades como la diarrea que mata al año a 506.000 personas.

Uno de los grandes problemas es la falta de fondos, instituciones que se impliquen o soluciones y conocimientos para resolver los problemas de potabilización y distribución del agua.

3.1. Enfoque global y local

El agua un recurso muy escaso a nivel mundial y a la vez el recurso más necesario para la vida. Aunque hay en zonas del mundo en las que el acceso a ella es muy complejo todavía, este el caso de la comunidad de Bajabonico Arriba, (Imagen 1). La localización geográfica del sistema de agua estará ubicada en el Paraje de Bellaco, perteneciente a la comunidad de Bajabonico Arriba, sección del Palmar Grande, Altamira Puerto Plata es en donde se va a centrar y desarrollar el proyecto de gestión de la instalación de potabilización y red de distribución.



Ilustración 1: Mapa RD, Fuente: Google earth

Actualmente hay un sistema de suministro de agua ya instalado pero que carece de unos mínimos necesarios para poder suministrar agua de forma segura. La red de suministro existente en la actualidad es por gravedad, pero los agentes contaminantes (heces fecales de los animales) están provocando que el preciado líquido llegue contaminado a las casas. La capacidad del tanque de almacenamiento es de 60,566 m³ aproximadamente. Este agua sacado del pozo y almacenada no es potable por lo tanto no soluciona el problema mostrado.

La comunidad de Bajabonico Arriba situada al norte de Republica Dominicana cuenta con una población de 23.110 personas, esta comunidad está situada a la linde del río Bajabonico de ahí su nombre. El río Bajabonico es uno de los principales ríos de Republica Dominicana, siendo este una fuente de sustento para la población, la cual se aprovecha de la cercanía del río para poder adquirir de él tanto agua como comida, al igual que recursos materiales como por ejemplo la construcción. Este proyecto se centra sobre todo en poder suministrar agua a una serie de fuentes centrales que abastecen a un total de 560 familias, una población de 2.764 personas. Repartidas en 4 comunidades las cuales son Bellaco, El Alto, Los Polanco y Camino Real, los cuales pertenecen a Bajabonico Arriba.

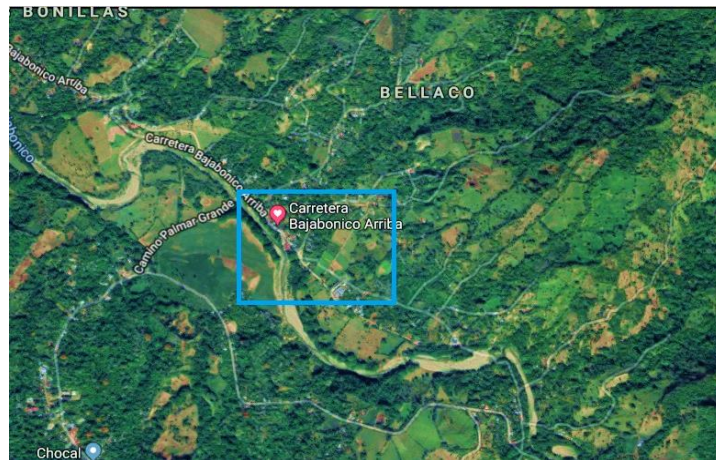


Ilustración 2: Mapa Bajabonico Arriba, Fuente: Google earth

En la isla de República Dominicana a pesar de tener 34 presas destinadas a diversos usos, todavía hay zonas a las que no llega el agua potable como hemos podido ver antes. La cobertura a nivel nacional es escasa y deficitaria sobre todo en las ciudades y pueblos pertenecientes a municipios con escasos recursos económicos.

El agua y el saneamiento no llega a estar regulada al 100% por lo tanto, sin una regulación clara es muy complicado dar un agua de calidad a toda la población. Menos del 60% de la población cuenta con una fuente mejorada de abastecimiento. Aún en las ciudades la población cuenta con un escaso servicio de agua continuada, ya que esta sufre parones. Algo muy alejado de la realidad y respecto a otros países desarrollados. A pesar de tener una red de abastecimiento en las ciudades solo un 60% de este líquido preciado cuenta con unas condiciones mínimas para ser potable y apta para el consumo humano sin que pueda causar un riesgo para la salud.

3.2. El servicio municipal de abastecimiento de agua

En RD lo que respecta a todo el tema del sector del agua y saneamiento, su normativa y formulación política está altamente fragmentada. Esta fragmentación es causada debido a que no hay definida una estrategia a nivel nacional para tratar de solucionar el problema de abastecimiento de agua. Al haber una gran separación de funciones se generan una superposición de responsabilidades y se generan conflictos, todo derivado de no tener una clara estrategia.

Las empresas participes en la suministración de agua y saneamiento, en lo que respecta a las ciudades más grandes son llevadas a cabo por empresas regionales, mientras que en municipios y pueblos se lleva a cabo por el Instituto Nacional de Aguas Potables y Alcantarillados (INAPA), en las zonas más rurales las juntas comunitarias también proporcionan este servicio.

Entre los años 1990-1998 cuando se realizaron la gran mayoría de inversiones para abastecer a la población de agua potable, solo un 16 % se invierte en zonas rurales mientras que el 84% se centró en invertirlo en las urbes. Este déficit de inversión ha provocado un escaso crecimiento en la capacidad de inversión en saneamiento y potabilización de agua de las zonas rurales. A comienzos de 2001 la inversión gubernamental en recursos hídricos e infraestructura de riego fue alrededor de 26 millones de US\$ este presupuesto se destinó principalmente a obras de regadío, dejando de lado de lado las necesidades básicas de agua de calidad para la población y una red de saneamiento.

Hoy en día menos del 70% de la población cuenta con acceso a una fuente mejorada de abastecimiento, el nivel de acceso a estos servicios en las zonas rurales es bajo lo que causa que solo el 20% de los hogares rurales cuenten con acceso a un alcantarillado y que el 56% de los hogares rurales tengan conexión de agua directamente en el domicilio. A pesar de tener conexión a una red de suministro de agua solo un 10,5% de los hogares reciben agua de manera continuada.

En lo que respecta a la calidad del agua potable hay diversos factores que afectan a esta situación como: la deficiente condición de los sistemas de purificación o la escasez de ellos en zonas rurales, los mínimos controles de operación, los bajos niveles de mantenimiento de las plantas de tratamiento o la ausencia de estas plantas y principalmente el sistema intermitente de agua.

Solo un 40% de los sistemas de abastecimiento de agua cuentan con un sistema de cloración, en zonas rurales estos sistemas son pequeños o escasos. A pesar de contar con algún sistema de cloración estos no aseguran que se desinfecte adecuadamente el agua, por lo tanto, no son del todo fiables. Lo que puede causar un riesgo para la población generando enfermedades, etc.



Ilustración 3: Fuente central de los municipios, Fuente: NUEVI

Las aguas residuales es otro problema la escasez e ineficiencia de los sistemas de saneamiento debido a su mínima supervisión o malas condiciones causan que solo un 49% del total de aguas residuales se tratan correctamente.

4.CONTEXTO

Este proyecto tendrá su centro de ejecución en 4 comunidades rurales Bellaco, El Alto, Los Polanco y Camino Real de Bajabonico Arriba, sección Palmar Grande, Municipio de Altamira, Provincia Puerto Plata.

La implementación del proyecto de agua potable en la actualidad es sin lugar a duda una salida de la pobreza para la población rural. Viene a resolver un problema relacionado con la necesidad de dotar de agua potable a una amplia población de este preciado líquido. En ese mismo sentido, incidirá dicho proyecto en la mejora de la calidad de vida y la salud de la población residente en las comunidades de Bajabonico Arriba, sección Palmar Grande, Altamira.

Altamira, es uno de los municipios de la provincia de Puerto Plata, que concentra un alto porcentaje de hogares pobres asociado al bajo nivel de formación/educación, deterioro progresivo del medio ambiente y bajos niveles de producción. El número de habitantes

asciende a más de 20 mil personas de las cuales se estima que el 44% de hogares sobreviven en la pobreza crítica y la pobreza extrema con ingresos promedios mensuales de 6 mil pesos.

A día de hoy hay 560 familias, esto es una población de 2.764 personas que necesitan de este recurso. Por estas comunidades circula el río Bajabonico, este río no tiene la capacidad para poder abastecer de agua ya que dispone de un caudal inconstante. Cuando llueve aumenta el caudal, pero cuando no hay lluvias, el caudal que posee es muy bajo para poder obtener de él agua para el consumo humano.



Ilustración 4: Río Bajabonico, Fuente: NUEVI

En el año 1998 se instaló un tanque de almacenamiento, una bomba de extracción y una red de suministro, actualmente todos esos equipos están en mal estado debido a la falta de mantenimiento.

- El tanque de almacenamiento está dañado y necesita una limpieza y una reparación
- La sustitución de unas 370 tuberías de un total de 560.
- Limpieza de la obra de toma y la instalación de una bomba con mayor potencia.
- Limpieza y soterramiento de las tuberías y la zona perimetral del tanque de almacenamiento para evitar contaminación.



Ilustración 5: Tanque de almacenamiento y tubería, Fuente: NUEVI

El tanque de almacenamiento (ilustración 5) almacena el agua que se ha captado en un pozo de extracción situado en la parte alta del Paraje de Bellaco y que a través de las tuberías (ilustración 5) distribuye el agua a 4 fuentes centrales (ilustración 6) situadas en las 4 comunidades rurales anteriormente mencionadas.



Ilustración 6: Fuente central y grifo de válvula, Fuente: NUEVI

Estas fuentes el agua que suministran además de ser un suministro discontinuo no es agua apta para el consumo humano ya que viene contaminada por heces de animales, esto puede traer graves problemas de salud para las comunidades

La asociación Nuevi intercambiando sonrisas junto con la fundación Mama Malta y la alcaldía municipal se pretende plantear y llevar una solución al problema existente de suministro de agua de calidad para la población de estas comunidades.

4.1. Estudios de las necesidades de consumo

El consumo medio de una persona es de 132 l/día en España, al contrario, pasa en RD donde en las grandes urbes han llegado a consumir hasta 400 l/día por persona, este dato es una exageración. El problema está en la gran desigualdad entre urbes y zonas rurales las cuales muchas no llegan a 20-30 l/día.

La población dominicana está asentada en diez regiones, las cuales están agrupadas en varias cuencas hidrográficas. Según los resultados del Censo Nacional 2010(knoema website, 2019⁽⁵⁷⁾), el 84% de los hogares reciben agua de los acueductos del país y el restante 16% desde otras vías (pozos, ríos, etc.), aunque las regiones Ozama, Cibao Norte, Cibao Noroeste, Valdesia, Enriquillo, y El Valle igualan o superan la media porcentual nacional (ilustración 7). Al contrario, pasa con las regiones Cibao Sur, Cibao Nordeste, Yuma e Higuamo que se encuentran por debajo de la media.

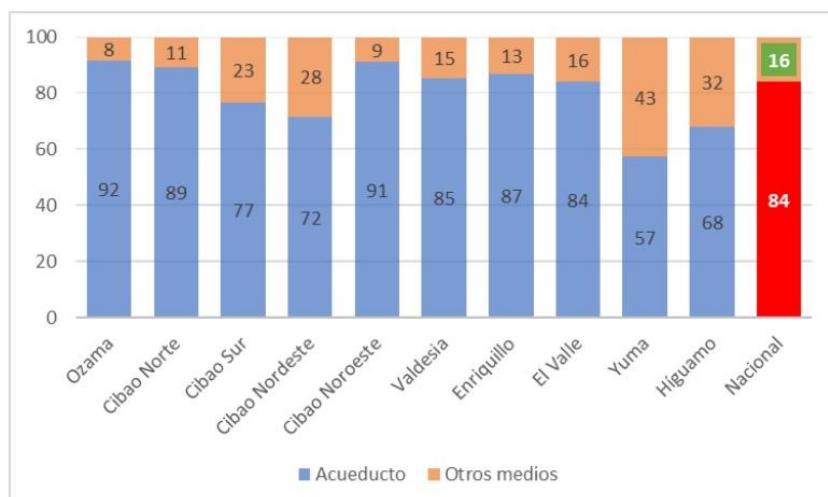


Ilustración 7: Porcentaje nacional y regional de hogares con abastecimiento de agua desde acueductos y otros medios, Fuente: Censo Nacional 2010 RD

A nivel nacional, el 46% de los hogares dispone de suministro de agua en el propio domicilio, destacan las zonas urbanas con un 86%, en las zonas rurales esta red de suministro solo alcanza el 14% (ilustración 8).

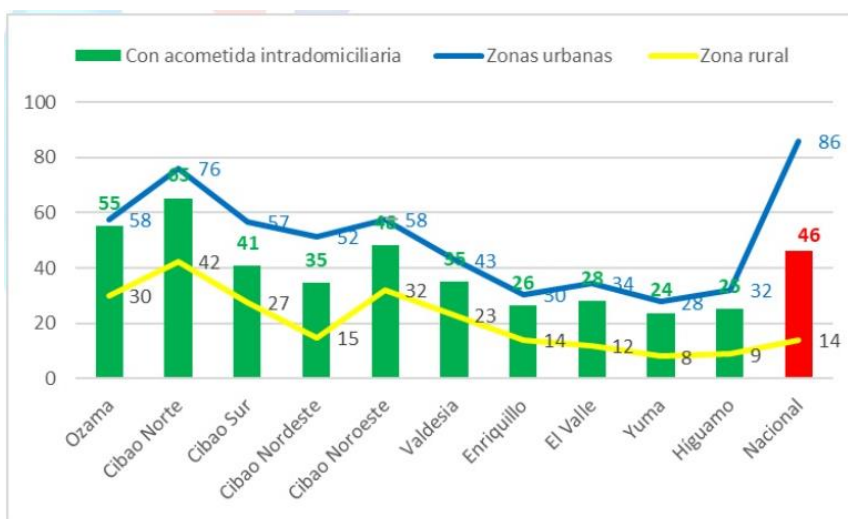


Ilustración 8: Porcentaje nacional y regional de hogares con acometida intradomiciliaria en zonas urbanas y rurales, Fuente: Censo Nacional 2010 RD

Se estima que en el país se produce agua potable entre un rango de 45 – 62.3 m³/s y que esta llega a los hogares mediante una red de distribución de una longitud de aproximadamente 16.000 km.

Del total del agua potable usada, aproximadamente un 20% (8.8 m³/s) se convierte en aguas residual que se capta mediante una red de alcantarillado con una longitud aproximada de 3,900 km. El restante 80% (27.2 m³/s) descarga a sépticos y filtrantes, o sigue libremente.

En los gráficos anteriores se aprecia la diferencia entre las zonas urbanas y las zonas rurales, las cuales tienen graves dificultades para poder adquirir el líquido tan preciado.

4.2. Principales fuentes de abastecimiento y recursos hídricos.

El agua ese preciado líquido para la vida y el desarrollo humano, es un bien necesario pero muchas veces no es tan fácil acceder a él, se puede encontrar tanto en ríos, arroyos,

etc. (recursos hídricos superficiales) como en manantiales, acuíferos, pozos, etc. (recursos hídricos subterráneos).



Ilustración 9: Regiones hidrográficas presentadas en el plan hidrológico nacional, Fuente: INDRHI

Los recursos hídricos superficiales son de aproximadamente de 20.000 millones de $m^3/año$, lo que se considera abundantes, pero tienen una distribución irregular en cuencas hidrográficas. Debido a esta irregularidad en la distribución, esta abundancia de agua se convierte en escasez en muchas zonas geográficas, unido también a una mala gestión en zonas rurales y al uso abundante para cultivos y el abastecimiento de las urbes, por lo tanto, de ese total de 20.000 millones de $m^3/año$ solo se usan 2.200 millones de $m^3/año$ para el consumo humano un 11% del total de los recursos hídricos superficiales. Esta agua de los recursos hídricos superficiales en gran medida viene de las precipitaciones, al año en RD llueve unos 100 días de media (ilustración 10).

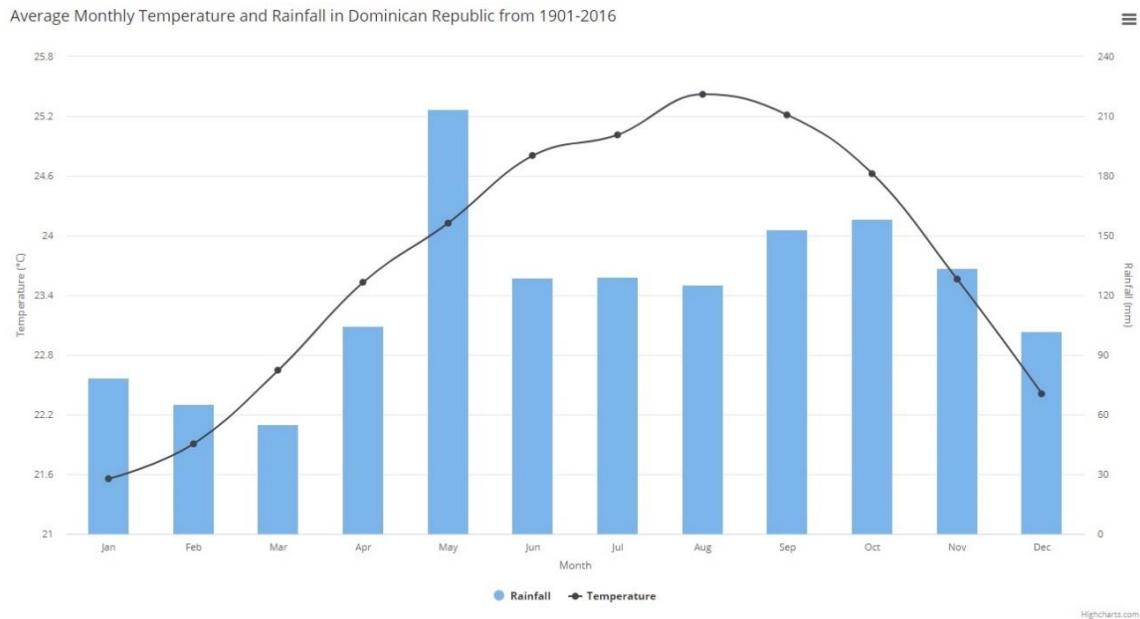


Ilustración 10: Media de precipitación mensual desde 1901-2016, Fuente climateknowledgeportal.com

Estas precipitaciones generan una cantidad de 66,825 millones de m³/año, de los cuales el 70% se evaporan y el 27% fluyen por las aguas superficiales generando un caudal medio de 615m³/s, cuya distribución geográfica es la siguiente:

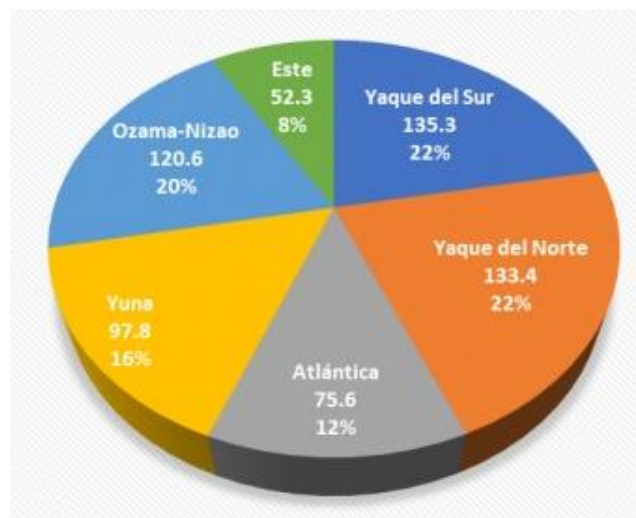


Ilustración 11: Caudales de escorrentía superficial por región, Fuente INDRHI

Las cuencas hidrográficas (ilustración 11) son la principal fuente de abastecimiento de agua en RD, se le llama cuenca hidrográfica al conjunto de aguas superficiales de una zona determinada, como se puede apreciar en la (ilustración 9) hay una serie de cuencas a lo largo de todo el país cada una con unas dimensiones determinadas.

La más grande es la de Yaque del Norte con una extensión de 7.044 km², el río principal que recorre esta cuenca es el río Yaque del Norte que tiene un curso de 296 km, este río es el principal río del país por sus características propias, su cantidad de afluentes y por la capacidad de poder aprovechar su potencial, este río ofrece agua para riego a unas 44.000 hectáreas, para poder aprovechar todo el potencial del río, se sitúa una presa, la presa de Tavera persigue ofrecer energía hidroeléctrica, riego y agua potable. Gracias al paso del río Yaque por sus turbinas esta presa ofrece unos 140-169 GWH de energía eléctrica.

Aunque la presa de Tavera esta alimentada por el río principal de Republica Dominicana esta no es la principal, La principal presa y la más importante es la presa del Hatillo una presa situada en la cuenca del Yuna con 5.498 km². La presa de Hatillo (ilustración 12) esta abastecida por el río Yuna con una longitud de 238.60 km y un caudal medio de 35.4 m³/s.

Esta presa crea un embalse con un volumen de agua de 710 millones de m³ de agua con una superficie de 22 km² formando así el lago más grande de agua dulce del Caribe. Sus aguas se usan para abastecer a los municipios cercanos y conseguir energía hidroeléctrica, al igual que para usar el agua como regadío sobre todo en cultivos de arroz.

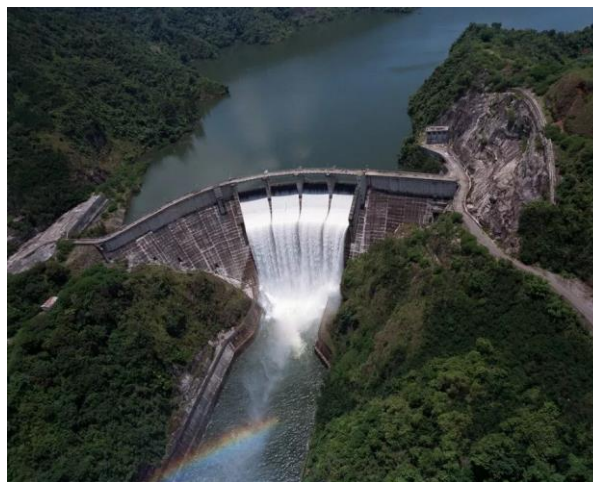


Ilustración 12: Presa de Hatillo, Fuente: Google Images

Hay hasta un total de 13 presas repartidas por todo el país cada una de ellas con funciones parecidas a las dos principales anteriormente mencionadas.

El INDRHI estima que en el país se cuenta con alrededor de 4,000 corrientes de aguas superficiales cuyo origen son las partes altas del sistema montañoso donde la cordillera Central es la más importante seguida de la cordillera Septentrional y la cordillera Oriental donde nacen 709, 243 y 193 cauces de ríos y arroyos, respectivamente.

En lo que respecta a los recursos hídricos subterráneos representan el 60% de la disponibilidad de recursos hídricos en el país, el potencial de agua que circula y se acumula bajo las tierras de Republica Dominicana es de aproximadamente 1.500 millones de m³ al año, el 77% del total de aguas subterráneas provienen de la recarga directa de las lluvias o de la filtración de agua de los cauces fluviales, pero actualmente solo es posible acceder y extraer un tercio de toda esa agua aproximadamente unos 500 millones de m³, esto es debido al difícil acceso de estas aguas o a la contaminación de las mismas.

El gran problema es la contaminación del agua debido a la ausencia de un servicio adecuado de alcantarillado, la creación de vertederos improvisados y la falta de plantas de tratamiento. También hay que tener en cuenta la intrusión marina en la zona costera.



Ilustración 14: Cueva tres ojos Santo Domingo, Fuente: Google Images



Ilustración 13: Pozo extracción agua, Fuente: Diariolibre.com

Según el geólogo, Osiris de León, el 90% de las aguas residuales de Santo Domingo, principalmente las aguas descargadas de los inodoros, son vertidas de manera directa y sin tratamiento a las aguas subterráneas, un hecho del que advierte se ha constituido en “una bomba bacteriológica que podría estallar en forma de epidemia colectiva, fruto del consumo de aguas altamente contaminadas con bacterias” (El informador dominicano, 2018).

Para poder captar el agua de los acuíferos y aguas subterráneas se usan una serie de pozos, el agua que se extrae es el 24% del agua total que llega a los hogares. En total entre los pozos implantados por CAASD e INAPA hay una cantidad de 600 pozos.

Pero hay un problema y es la inversión en mantenimiento y creación de nuevos medios, la CAASD ha de invertir actualmente 1,194 millones US\$ en reparar una serie de bombas y componentes eléctricos como transformadores y motores en los campos de pozos que maneja, y que están fuera de operación. Esta despreocupación favorece a la discontinuidad del servicio de aguas.

A pesar de tener abundantes cantidades de agua un total de 21.500 millones de m³/año entre los recursos hídricos superficiales y subterráneos, del total solo el 13.5% o sea unos 2.700 millones de m³/año son usados para el consumo humano y abastecer a una población de 10.77 millones de habitantes. Las principales fuentes de abastecimiento son las presas y los ríos (Recursos hídricos superficiales) abundan en mayor cantidad y su aprovechamiento requiere de menos recursos.

4.3. Normativa abastecimiento agua

Actualmente en RD en lo que respecta a la política de estado en la materia de recursos hídricos es incierta, no hay definido ningún plan estratégico a largo plazo. En este momento está implantada la ley 64-00 “Ley general sobre medio ambiente y recursos naturales” promulgada por la secretaría de estado y medio ambiente, la cual expone lo siguiente *“En la utilización de los recursos hídricos, el consumo humano tendrá prioridad sobre cualquier otro uso. Es por eso, que la política nacional sobre medio ambiente y recursos naturales deberá fundamentarse y respetar los principios establecidos en la presente ley y conforme a los compromisos internacionales contraídos por el Estado Dominicano.”* (*senado.gov.do* [38])

Con la ley 64-00 como base en la normativa se espera un salto hacia un modelo de gestión en el cual se dé prioridad a la inversión no solo en infraestructura sino en educación, conservación y participación. La Ley 1-12 que actúa sobre la Estrategia Nacional de Desarrollo estipula que la población dominicana debe alcanzar el pleno derecho humano de acceso al agua y saneamiento a partir del año 2030.

EL reto más importante de esta ley es la de definir una política de gestión y un plan estratégico del agua a largo plazo, en el que se integren las necesidades presentes y futuras y sean integradas en un plan hidrológico nacional con un enfoque real de gestión de los recursos hídricos.

El INDHR ante esta situación de necesidades actuales y futuras ha elaborado un plan hidrológico nacional, en este plan se definen unas estrategias para aprovechar los recursos hídricos de la RD, en él se describe la situación actual del agua en el país y

ofrece una serie de alternativas y soluciones sobre políticas para poder ejercer un mejor aprovechamiento de los recursos hídricos.

“Este plan hidrológico en particular es de vital importancia no solo para la RD, sino también para el Caribe pues la realización del mismo enmarca un hito para el desarrollo de la visión de los recursos hídricos en esta zona”, dijo La Dra. María Concepción Donoso, directora del Programa de Sustentabilidad Global Hídrica (Global Water for Sustainability).

Hay una serie de indicadores existentes (objetivos planteados, metas alcanzadas), pero hay muy poca información sobre los resultados, al igual que la carencia de un método de seguimiento de las iniciativas planteadas. Lo que se tiene siempre en mente y como objetivo principal es que el agua constituye un bien público con valor económico y los principios de gestión deben estar orientados a una descentralización, participación e integración.

Sobre la base de estos principios se debe empezar a preparar un plan estratégico para la gestión del agua. Para lograr una correcta implantación y su consolidación se manejarán los siguientes instrumentos de gestión:

- Sistema de Licencias para vertidos, uso y reutilización del agua.
- Plan Hidrológico Nacional (INDHR)
- Gestión de Riegos
 - Educación del agua para los usuarios
- Investigación y Desarrollo
- Vigilancia e inspección
- Sistema de información sobre el recurso.

Para poder llevar a cabo estos principios e instrumentos es necesario establecer responsables en diferentes niveles:

- 1- A nivel Institucional, se deben incorporar normativas, políticas, planes indicativos.
- 2- A nivel organizacional, regulación de los operadores y adecuada gestión del recurso conforme a los principios de gestión integrada de recursos hídricos.

- 3- A nivel operacional, clarificar las funciones de los operadores y el uso de los usuarios.
- 4- A nivel del estado se deben incentivar políticas sostenibles que garanticen la disponibilidad futura del recurso para todos los usos y para todos los usuarios.

El estado dominicano debe tener un compromiso con la población de poder disponer y abastecer agua de calidad y en cantidad adecuada, a todas las zonas del país, algo que actualmente no ocurre. El congreso debe propiciar la promulgación de una ley general de aguas para que organice el sector y que trascienda de los enfoques tradicionales de gestión de oferta y demanda. La defensa del agua debe constituirse en un compromiso de todos y todas en el presente y futuro inmediato.

4.4. Estudio topográfico

En esta sección se pretende presentar los diferentes métodos para llevar a cabo un estudio topográfico a lo largo de una ruta propuesta para el paso de las tuberías del sistema de abastecimiento de agua, en el caso particular de este proyecto se realizará por la ruta de abastecimiento que lleva ya construida desde hace 21 años. Desde el punto más alto del paraje de Bellaco donde está instalado el tanque de almacenamiento a una altura de aproximadamente 432m sobre nivel del mar.

El estudio del terreno se realizó en persona toda la ruta de abastecimiento, viendo y anotando las diferentes cotas de altura y el tipo de terreno que en este caso es arcilloso. Para ver si hay mejores alternativas a la ruta ya existente.

4.5. Calidad del agua

Para determinar la calidad del agua se toman pequeñas muestras de agua en una serie de probetas adaptadas para posteriormente transportarlas y analizarlas en un laboratorio. Estas muestras se analizan según varios factores, y se comprueban que estén dentro de unos requisitos mínimos, si están dentro de los estándares de la calidad estas pasan la prueba y el agua es apta para el consumo humano. Uno de estos factores a analizar es el número de colonias de bacterias coliformes. Tradicionalmente se las ha

considerado como indicadores de contaminación fecal. Por tanto, su ausencia indica que el agua es bacteriológicamente segura.

Asimismo, su número en el agua es directamente proporcional al grado de contaminación fecal, cuantas más coliformes se encuentren en el agua, mayor es la contaminación por heces.

Otro factor es la concentración de ciertos contaminantes y de otras sustancias, tales como agentes de la eutrofización.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), establece unas directrices para la calidad del agua potable que son el punto de referencia internacional para el establecimiento de estándares y seguridad del agua potable. Las últimas directrices publicadas por la OMS son las acordadas en Génova, 1993.

4.5.1. Análisis cuantitativo y cualitativo

❖ Análisis cualitativo:

Para poder determinar que tratamiento es el correcto y en qué medida hay que realizarlo, hay que saber cuáles son los contaminantes identificándolos y midiéndolos de manera correcta. Los contaminantes del agua se pueden dividir en dos grupos:

- 1- Contaminantes disueltos
- 2- Sólidos suspendidos. Los sólidos suspendidos, tales como limo o arena, son generalmente responsables de impurezas visibles.

La materia suspendida consiste en partículas muy pequeñas, que no se pueden quitar por medio de deposición. Estas pequeñas partículas se pueden apreciar de diversas maneras con los 5 sentidos que posee el ser humano como se explica a continuación:

- La materia suspendida en el agua absorbe la luz, haciendo que el agua tenga un aspecto nublado. Esto se llama turbidez.
- El sentido del gusto puede detectar concentraciones de algunas décimas a varios centenares de PPM (partes por millón), el gusto indica que los contaminantes están presentes en el agua, pero no puede identificarlos.
- Por el color se puede saber si existen impurezas orgánicas. El color es medido por la comparación de diversas muestras visualmente o con un espectrómetro (dispositivo que mide la transmisión de luz en una sustancia, para calcular

concentraciones de ciertos contaminantes). Que el agua tenga un color inusual normalmente no significa un riesgo para la salud.

- con el olfato incluso se pueden detectar niveles bajos de contaminantes.
- La cantidad total de materia suspendida puede ser medida filtrando las muestras a través de una membrana. La materia suspendida se expresa en PPM (ppm = mg/L, mg/m³ o mg/Kg.).

La identificación y la cuantificación de contaminantes disueltos se hace por medio de métodos muy específicos en laboratorios, ya que a simple vista en la gran mayoría de los casos no se aprecian, se necesitan procesos avanzados. Estos son los contaminantes que se asocian a riesgos para la salud.

❖ Análisis cuantitativo:

La calidad del agua también se puede determinar por una serie de análisis cuantitativos en el laboratorio, tales como pH, sólidos totales (ST), la conductividad y la contaminación microbiana.

- 1- El pH es el valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, calculando el número de iones de hidrógeno presentes. Se mide en una escala de 0 a 14, en la cual el número 7 es el valor neutro, los valores de pH por debajo de 7 indican que es ácida y los valores de pH por encima de 7 indican que es básica. Cuando una sustancia es neutra tiene el mismo número de átomos de hidrógeno (H⁺) y de grupos hidroxilos (OH⁻). Cuando el número de átomos de hidrógeno supera el número de átomos de grupos hidroxilos, la sustancia es ácida. Esta es la escala de PH:

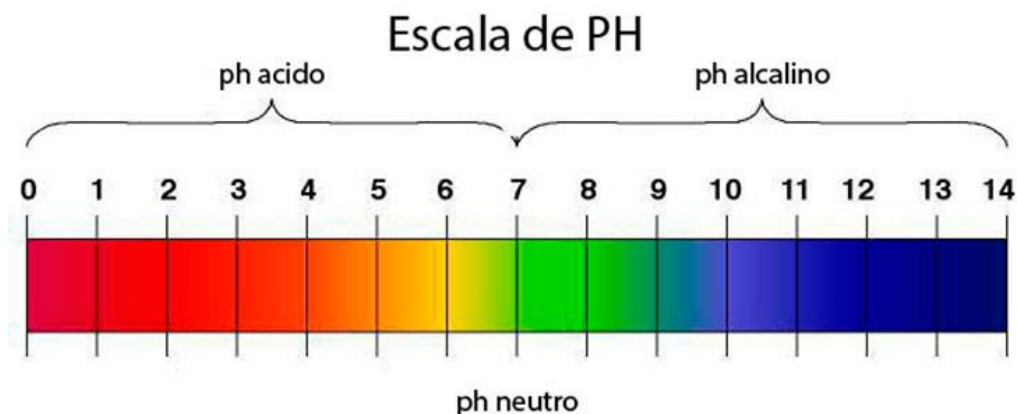


Ilustración 15: Tabla de PH, Fuente: Google images

El nivel de pH se puede determinar mediante diversos métodos de análisis, tales como indicadores del color, pH-papel o pH-metros.

- 2- Los sólidos totales (ST) son la suma de todos los sólidos disueltos y suspendidos en el agua. Cuando el agua se analiza para los ST se seca la muestra y el residuo se pesa después. Los ST pueden ser tanto las sustancias orgánicas como inorgánicas, los microorganismos y partículas más grandes como la arena y arcilla.
- 3- La conductividad es la conducción de la energía por los iones. La medida de la conductividad del agua puede proporcionar una visión clara de la concentración de iones en el agua, pues el agua es naturalmente resistente a la conducción de la energía. La conducción se expresa en Siemens y se mide con un conductímetro.
- 4- La contaminación microbiana se divide en la contaminación por los organismos que tienen la capacidad de reproducirse y de multiplicarse y los que no pueden hacerlo. La contaminación microbiana está provocada por las bacterias, y se expresa en Unidades Formadoras de Colonias (UFC), una medida de la población bacteriana.

5. OBJETIVOS

Las organizaciones comunitarias de la zona más la Fundación Mama Malta, la Alcaldía Municipal y la asociación Nuevi “intercambiando sonrisas” coinciden en señalar que los principales problemas identificados a modo de resumen son:

- a) Carencia de agua potable.
- b) Enfermedades asociadas a las malas condiciones ambientales, mal manejo de los desechos sólidos, problemas nutricionales, higiene y salud, etc.

La iniciativa que se propone ejecutar en este proyecto para solucionar los problemas anteriormente mencionados está orientada a impulsar e implantar un sistema de gestión, distribución y potabilización de agua en cuatro comunidades rurales en Bajabonico Arriba de la sección Palmar Grande, Altamira, mediante la limpieza y mejora de los elementos ya instalados para una correcta y óptima dotación de agua potable a los habitantes.

1. OBJETIVO GENERAL:

Mejorar las condiciones de vida y salud de la población que vive en situaciones de vulnerabilidad y pobreza en el Municipio de Altamira, Puerto Plata.

2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- 1- Impulsar un programa de agua potable en cuatro comunidades rurales de la sección Palmar Grande, Altamira, mediante la dotación de agua potable a la población.
- 2- Diseño y cálculo de la instalación de abastecimiento

Indicadores del Objetivo Específico:

- Al término de la rehabilitación y puesta en funcionamiento a toda capacidad el acueducto de la zona de Bajabonico Arriba.
- Al final del proyecto 2.764 personas que viven en condiciones de vulnerabilidad y pobreza recibirán suministro de agua potable de calidad y de forma continuada.
- Al término de la iniciativa 600 personas habrán sido capacitadas en temáticas de prevención de enfermedades.

❖ RESULTADOS ESPERADOS:

R.1 Una vez mejorado y rehabilitado los servicios de dotación de agua potable en la zona de Bajabonico Arriba, se podrá disponer de un servicio continuado de agua potable con una calidad óptima para el consumo humano.

Indicadores Resultado 1:

- Al término del primer cuatrimestre de la acción de rehabilitación y dispondrá del pleno funcionamiento del acueducto rural de la zona de Bajabonico Arriba, Altamira.
 - 560 familias que viven en condiciones de vulnerabilidad y pobreza mejoran su calidad de vida y salud mediante la dotación de agua potable durante la ejecución del proyecto.
- Rehabilitación de Acueducto de Bajabonico Arriba, Altamira.

- Reinauguración del Acueducto.
- Ampliación tanque de almacenamiento
- Servicios de potabilización de agua.
- Tres Talleres sobre Manejo de Agua, Higiene y Salud.
- Fortalecimiento del Comité de Agua y Saneamiento.

6. BENEFICIOS DEL PROYECTO

La implantación de este proyecto que consiste en la mejora de las instalaciones ya existentes y la potabilización del agua que estas transportan y almacenan trae consigo una serie de beneficios para la población que vive en esas comunidades. La más importante de todas es la mejora en la calidad de vida y la capacidad de poder acceder a este líquido tan preciado siempre que necesiten sabiendo que consigo no trae enfermedades, sino vida.

6.1. Mejora del municipio

La comunidad de Bajabonico Arriba perteneciente al municipio de Altamira es la gran beneficiada de la implantación de este proyecto. Las 2764 personas residentes en esta comunidad, aunque repartidas en distintos poblados, van a poder disponer de agua óptima y de calidad mediante una fuente central instalada en cada población.

Estas fuentes, en total 4, suministrarán aproximadamente 7,2 l/s lo que al día corresponde a 622,08 m³/día. Una media de 90 L/Persona y día, esta agua necesaria para poder cocinar alimentos y para poder tener una correcta higiene personal.

Con este nuevo suministro de agua a las poblaciones se pretende darles una mejor calidad de vida y disminuir el riesgo de padecer enfermedades debido a la falta de agua y a la mala calidad de esta.

6.2. Plan de difusión y explotación

En el año 1998 se construyó el pozo mediante el cual a través de bombeo por gravedad se distribuye el agua a un tanque de almacenamiento, esa agua posteriormente se traslada mediante una red de tuberías a unas fuentes. El tanque de almacenamiento a día de hoy 21 años después está en unas condiciones muy deplorables, el agua que almacena es contaminada por heces de animales y no es potabilizada lo que puede tener

consecuencias muy graves en la salud de los habitantes de esta comunidad. La red de distribución está muy deteriorada con más del 60% de tuberías atascadas o rotas.

Con la integración de este proyecto se pretende dar mayor difusión al problema del agua existentes en muchas regiones de RD y las consecuencias negativas que causa la carencia de esta. Al igual que abre la puerta a proyectos de potabilización similares en otras zonas que tengan las mismas necesidades y el mismo problema, actuando este como base de otros nuevos proyectos de potabilización y suministro.

7. ESTADO DEL ARTE

7.1. Principios dinámica de fluidos

Previamente al cálculo del dimensionamiento del sistema de almacenamiento y distribución de agua y a su construcción, hay que realizar y plasmar una serie de fundamentos teóricos vigentes para un sistema de distribución y abastecimiento de agua por gravedad.

El agua para poder transportarla de un punto a otro es necesario aplicarle una determinada energía, en este caso al ser un sistema por gravedad esta energía viene generada por la fuerza gravitatoria. La cantidad de energía que posee el sistema está determinada por las alturas a las que están situados los componentes de la red de distribución. Una vez que se hayan colocado todos los puntos del sistema, estos estarán fijados y no podrán moverse, con lo que las alturas relativas no variarán.

Para cualquier sistema de transporte de agua existe una cantidad fija de energía gravitatoria para poder mover el agua, de esta manera, se buscará el mejor diseño del trazado de tuberías. Se buscarán dos cosas que hacer con la energía gravitacional, por un lado, conservarla y, por otro, disiparla por medio de las pérdidas ocasionadas por fricción generada por la tubería y las válvulas colocadas a lo largo de toda la red. Esto se hará seleccionando el tamaño y tipo de tubería, el emplazamiento estratégico de válvulas de control, válvulas reductoras de presión, etc.

7.1.1. Hidrostática

La hidrostática es la parte de la mecánica de fluidos que se encarga de estudiar los líquidos en reposo.

En este caso, se aplica a la zona de la red distribución de agua, el agua que está en las tuberías en reposo. Esta agua que está en equilibrio estático y las presiones que se miden son las mismas en cualquier punto.

Es decir, que, si en cualquier punto del sistema insertamos un tubo piezométrico, la columna de agua que ascendería por dicho tubo se elevaría hasta justamente la línea de carga estática del sistema, o lo que es lo mismo, hasta el nivel más alto del sistema, por ejemplo, el de la superficie libre de un depósito.

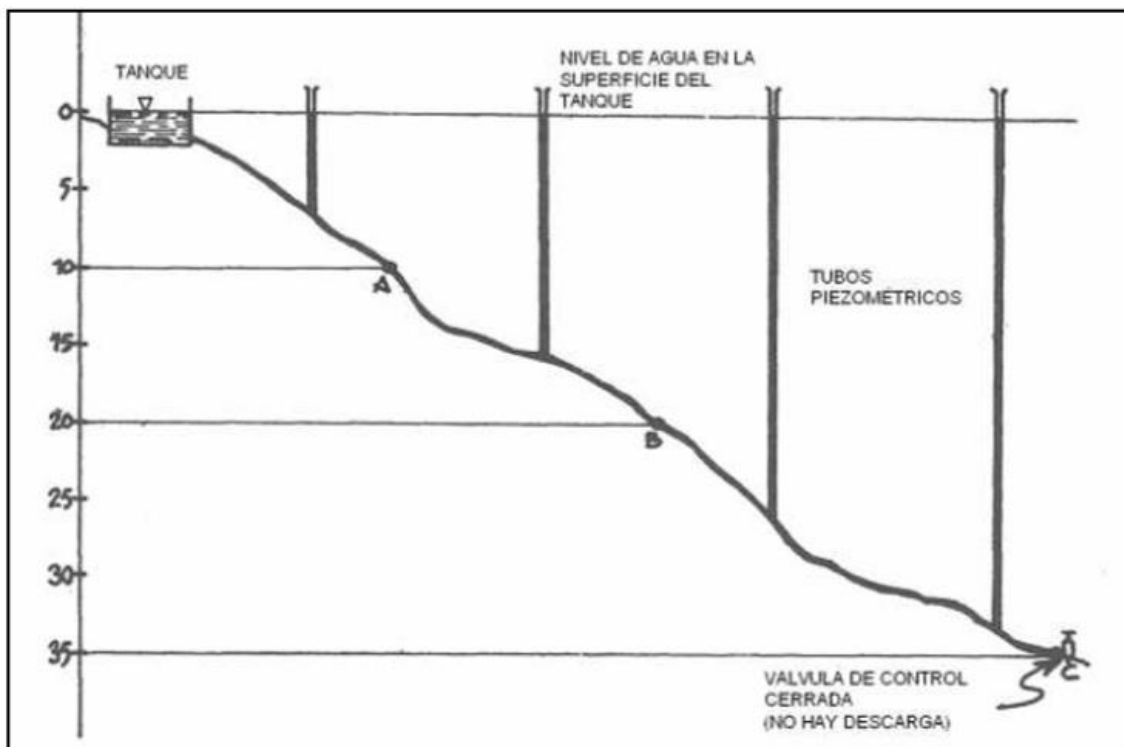


Ilustración 16: niveles de tubos piezométricos, Fuente: Libro de Mecánica de fluidos de E.I.B

La carga hidrostática (h) es la altura en metros de columna de agua por superficie en la que ejerce presión.

$$h = (P_2 - P_1) / (\rho_{\text{agua}} * g)$$

7.1.2. Línea piezométrica

La línea piezométrica es una indicación de la energía presente en cada punto de la tubería. La distancia vertical desde la tubería a la línea piezométrica es la medida de carga hidrostática y la diferencia entre la línea piezométrica y el nivel estático representa la carga hidrostática que se ha perdido por fricciones.

Debido a que la energía que se pierde por fricción, la línea piezométrica siempre tendrá un sentido descendente en el sentido que sigue el agua. La pendiente determina el ritmo al que pierde la carga hidrostática. En el caso ideal de que no hubiese pérdidas, la pendiente sería nula y la línea piezométrica sería una línea horizontal.

Para el trazado de la línea piezométrica, se calculan las pérdidas de carga entre un punto y otro del sistema y se traza una recta que una las distintas cargas hidráulicas entre ellas.

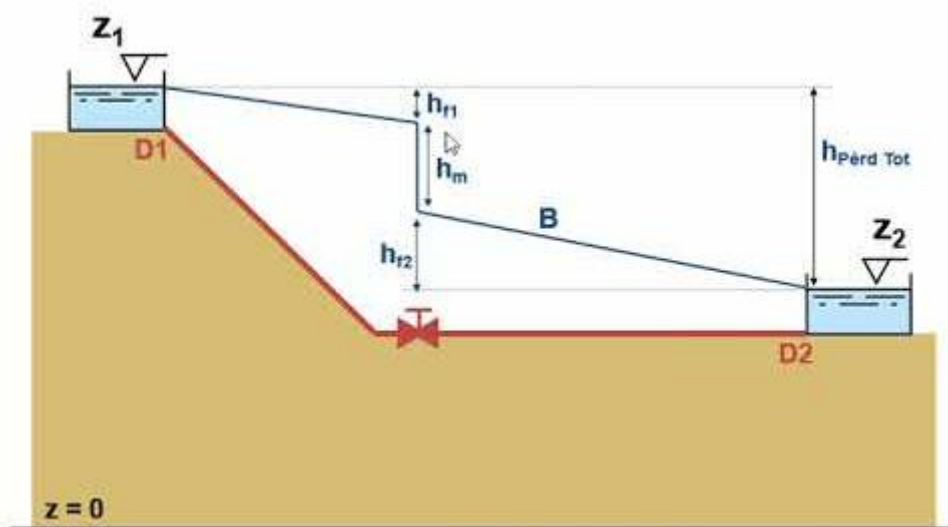


Ilustración 17: Líneas piezométricas, Fuente: Libro Mecánica de fluidos E.I.B

La línea B representa la línea de altura piezométrica en la que se ve como desciende desde el punto 1 al 2.

7.1.3. Ecuación de continuidad

La ecuación de continuidad es un caso particular del principio de conservación de la masa. Se basa en que el caudal (Q) del fluido ha de permanecer constante a lo largo de toda la conducción.

$$Q_1=Q_2 \rightarrow S_1 \cdot V_1 = S_2 \cdot V_2$$

- ❖ S es la superficie de las secciones transversales de los puntos 1 y 2 del conducto.
- ❖ V es la velocidad del flujo en los puntos 1 y 2 de la tubería.

Se concluye que el caudal debe mantenerse constante a lo largo de todo el conducto, cuando la sección disminuye, la velocidad aumenta y viceversa.

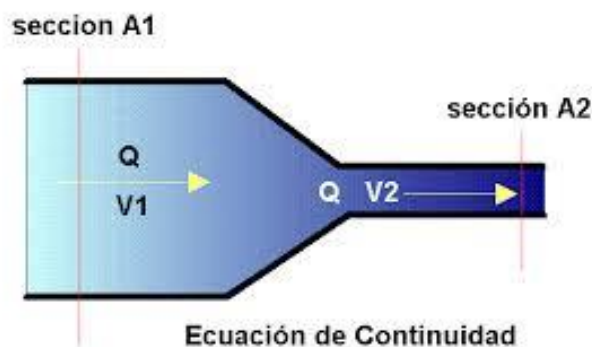


Ilustración 18: Variación de sección en tubería, Fuente: Google

La aplicación directa de la Ecuación de Continuidad es determinar los caudales mínimos y máximos.

7.1.4. Teorema de Bernoulli

En los sistemas de distribución de agua por gravedad la energía está presente de 3 maneras: como energía potencial, cinética y la presión en ese punto. La Ecuación de Bernoulli es simplemente una ecuación de energía que relaciona entre sí cada una de estas energías de un fluido sometido a un campo gravitatorio.

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho V_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho V_2^2 + \rho g h_2$$

En el caso real la energía no se conserva hay una diferencia debido a las pérdidas de energía causadas por la fricción. Siendo ΔH el término que refleja las pérdidas de energía del punto 1 al punto 2. El término incluye las pérdidas de energía por fricción del agua con la tubería, las pérdidas de carga debidas al paso del agua por válvulas, etc.

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho V_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho V_2^2 + \rho g h_2 + \Delta H$$

7.1.5. Pérdidas de carga

1- Pérdidas de carga continuas:

Para calcular las pérdidas de carga debidas a la fricción del fluido con las paredes internas de la tubería, resulta imprescindible definir previamente el tipo de flujo que se produce en la tubería. Para poder definir el tipo de flujo hay que determinar previamente los parámetros adimensionales número de Reynolds, Re , y la rugosidad relativa de la tubería (k/D). Para poder calcular las pérdidas de carga continuas se usa la fórmula de Darcy – Weisbach que corresponde a la siguiente expresión:

f = Coeficiente de fricción de Darcy [m/m].

v = velocidad fluido [m^2/s]

L/D = Razón longitud / diámetro del conducto

Δh = Energía pérdida debido fricción

$$\Delta h = f * \frac{L * v^2}{D * 2 * g} = \frac{L * 8 * Q^2}{\pi^2 * D^5 * g}$$

Con la fórmula de Darcy-Weisbach se obtienen los valores de pérdidas de carga, cuanto mayor sea la velocidad (o el caudal) del fluido mayores serán

Para determinar el número de Reynolds y poder conocer el tipo de flujo si será laminar o turbulento se calcula de la siguiente manera:

$$Re = \frac{D * v}{\nu}$$

D = Diámetro tubería [m]

V = Velocidad fluido [m/s]

ν = Viscosidad cinemática del fluido [m²/s]

Si el número de Reynolds es:

$Re < 2300$ - El flujo sigue un régimen laminar

$2300 < Re < 4000$ – Zona de transición laminar a turbulento

$Re > 4000$ - EL fluido es turbulento

Coolebrook y While realizaron una ecuación para números de Reynolds mayores a 4000. Zona de transición y turbulencia completa:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 * \log\left(\frac{\epsilon/D}{3.71} + \frac{2.51}{Re * \sqrt{f}}\right)$$

ϵ = Rugosidad absoluta de la pared interior del tubo (mm)

De esta manera es posible calcular el valor del factor de fricción. También es posible calcularlo de manera aproximada gracias al ábaco de Moody.

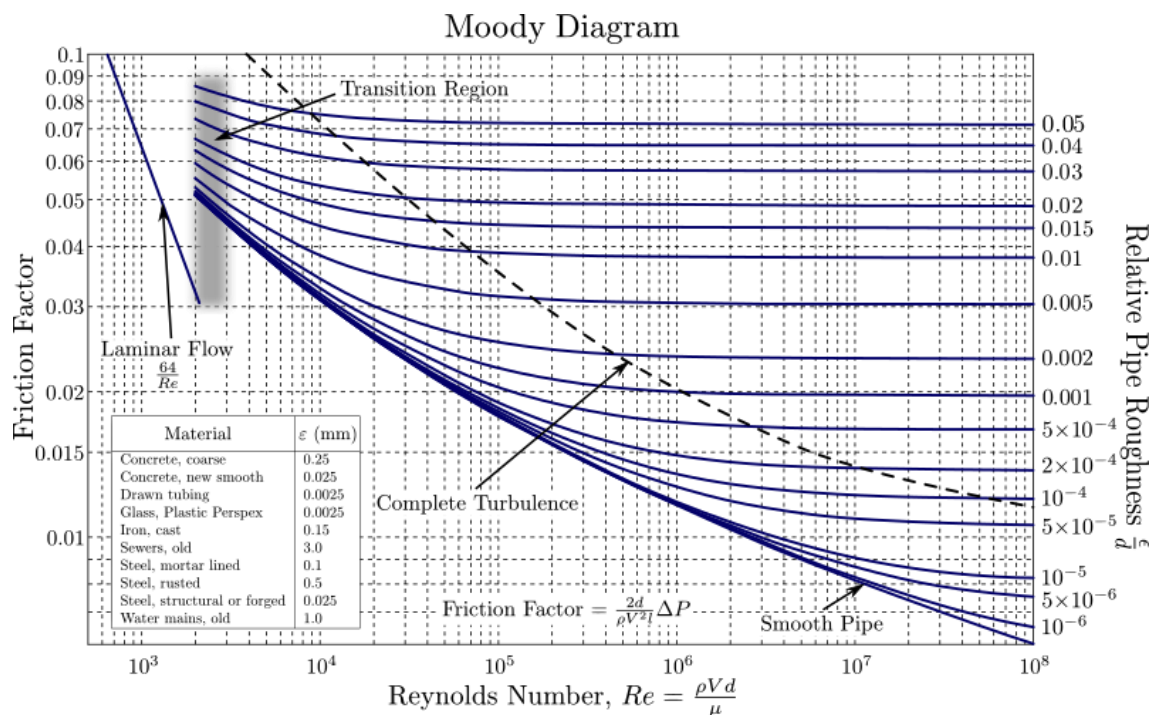


Ilustración 19: Abaco de Moody, Fuente: esacademic.com

2- Pérdidas de carga locales:

Elementos como codos, válvulas, etc. actúan como puntos de pérdidas de carga por fricción. Las pérdidas que ocasiona dependen de su forma y del caudal que circule por ellos. Estas pérdidas de carga se calculan de la siguiente manera:

$$(1) \Delta h = K * \frac{v^2}{2g}$$

$$(2) \Delta h = k * Q^2$$

(1) K coeficiente de pérdidas [-]

(2) K coeficiente de pérdidas $\left[\frac{\text{m.c.a}}{\text{m}^2/\text{s}}\right]$

7.1.6. Carga residual

Es la cantidad de energía que permanece en el sistema después de que el caudal deseado haya llegado al punto de descarga. Si se instala una válvula de control en el punto de descarga, se disipará dicha carga residual.

❖ Carga residual negativa:

Indica que no hay suficiente energía gravitatoria para desplazar la cantidad de agua deseada, así que el agua no fluirá. La línea piezométrica se debe recalcular empleando un caudal más pequeño y/o tuberías de mayor tamaño.

❖ Carga residual positiva:

Indica que existe un exceso de energía gravitatoria en el sistema. El sistema podría incluso desplazar una cantidad de agua mayor. Si se permite que descargue libremente hará que el caudal que circula por las tuberías tienda a aumentar.

A medida que el caudal incrementa, las pérdidas de carga por fricción disminuirán la carga residual en el punto de descarga. El flujo aumentará hasta que la carga residual sea reducida a cero.

❖ Flujo natural:

Cuando la carga residual es cero en una tubería que suministra agua libremente a la atmósfera, esto significa que el máximo caudal se está desplazando por dicha tubería. Esto es el flujo natural de la tubería, el caudal máximo de agua que puede desplazarse por acción de la gravedad.

Si el flujo natural de una tubería es superior el caudal que se genera de la fuente de almacenamiento o captación, la tubería descarga más rápido de lo que se llena, con lo que nunca irá totalmente llena de agua.

Las tuberías que no puedan ir llenas del todo con agua deberán incluir una válvula de control en los puntos de descarga que se ajusta hasta que se alcanza el caudal deseado.

En la práctica, las válvulas de control se ajustan cuando todos los puntos de descarga están abiertos. Así, los usuarios no tienen que estar constantemente reajustando las válvulas de control cada vez que se abre o se cierra un grifo.

7.1.7. Bloqueos de aire

Un bloqueo de aire se produce cuando una burbuja de aire suficientemente grande queda atrapada en la tubería de tal manera que interfiere en el paso del agua. Cuando un sistema de distribución de agua está vacío, bien porque se acaba de construir o por labores de mantenimiento y se hace pasar agua de nuevo por él, el aire que había dentro no puede escapar y se queda atrapado.

A medida que la presión aumenta, las bolsas de aire creadas se van comprimiendo, reduciéndose así su volumen, se invierte energía en comprimir el aire, con lo que queda menos energía disponible para mover el agua. Si se emplea demasiada energía en comprimir el aire, no llegará el caudal al punto deseado.

7.1.8. Golpe de ariete

Es el impacto por la onda de choque generada al abrir o cerrar bruscamente una válvula, produciendo una variación brusca de la presión de la tubería. El valor de estas variaciones de presión depende de:

- Velocidad de propagación de la onda, la cual es función de:
 - Módulo de elasticidad del material
 - Diámetro de la tubería
 - Espesor del tubo
- Tiempo de accionamiento de la válvula (T)
- Longitud de tubería (L)
- Velocidad de circulación antes de accionar la válvula (v)

Si se cierra una válvula rápidamente, al disminuir la energía cinética el fluido, esta se transforma en un trabajo de compresión del fluido que circula por la tubería y en el trabajo necesario para dilatarla: se ha producido una sobrepresión, o un golpe de ariete directo. Al contrario, pasa al abrir la válvula rápidamente se puede producir una depresión o golpe de ariete inverso.

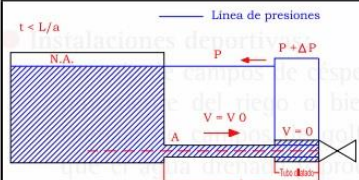
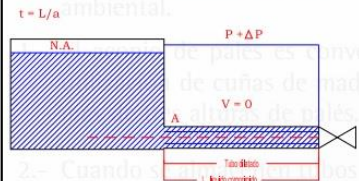
	GOLPE DE ARIETE DIRECTO	EFFECTOS
	<p>La onda se desplaza desde la válvula hacia el depósito provocando un aumento de presión en todo el tramo.</p>	<p>La velocidad del agua se anula a medida que llega el frente de la onda y la tubería se dilata.</p>
	<p>Si el nivel del depósito es constante*, la presión en el interior de la tubería será mayor que H cuando la onda llegue a la embocadura.</p> <p>(*) Resulta una buena aproximación cuando el \emptyset del depósito es mucho mayor que el de la tubería.</p>	<p>La velocidad del agua se anula a medida que llega el frente de la onda y la tubería se dilata. Esto provoca la salida del agua desde el interior de la tubería hacia el depósito.</p>

Ilustración 20: Golpe de ariete directo, Fuente: Tuyper.es

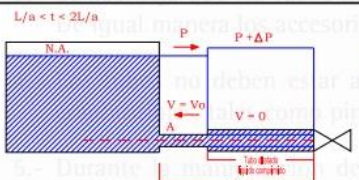
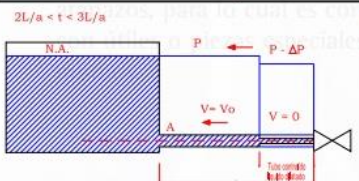
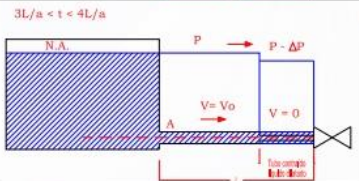
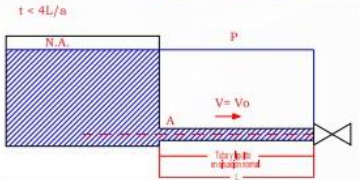
	GOLPE DE ARIETE INVERSO	EFFECTOS
	<p>Se origina una nueva onda que tiene como consecuencia la recuperación del diámetro de la tubería.</p>	<p>La salida de agua hacia el depósito provoca la recuperación del diámetro de la tubería.</p>
	<p>Esta onda se refleja en la válvula y se desplaza hacia el depósito.</p>	<p>Esto significa que el agua sigue circulando hacia el depósito y, como consecuencia de este flujo, el tubo comienza a contraerse.</p>
	<p>Cuando la nueva onda llega al punto A, la presión es inferior a H.</p>	<p>El agua tiende a fluir de nuevo desde el depósito hacia la tubería.</p>
	<p>El tubo vuelve a su diámetro normal.</p>	<p>Si la válvula continúa cerrada, se reproducirá otra vez el fenómeno.</p>

Ilustración 21: Golpe de ariete inverso, Fuente: tuyper.es

Atenuar el golpe de ariete:

- 1- Tuberías con bajo módulo de elasticidad: cuanto menor sea el módulo de elasticidad del material, menor será la celeridad, por lo que el valor de las sobrepresiones será también menor.
- 2- Válvulas de alivio: cuando se alcanza un valor de sobrepresión, la válvula abre y deja salir el agua. Se cierra automáticamente cuando la sobrepresión desaparece.
- 3- Válvulas de accionamiento lento: se les acopla un motor o actuador que permite regular la velocidad de accionamiento de la propia válvula, estas son las usadas en los grifos que van a ir reduciendo el caudal progresivamente.
- 4- Chimeneas de equilibrio: son conductos conectados por un extremo al comienzo de la impulsión y con salida libre a la atmósfera en el otro. Este conducto permanece lleno de agua. Las sobrepresiones y depresiones se compensan por el movimiento del agua en el interior de la chimenea.

La fórmula en el caso del agua es:

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + k * \frac{D}{E}}}$$

C (celeridad de la onda) = velocidad de propagación de una onda en una tubería

D = diámetro tubería

E = espesor tubería

K = factor que depende del material de la tubería

Material	k
Hierro y Acero	0,5
Fundición gris	1
Fibro cemento	5 a 6
PVC	20 a 50
Hormigón, hormigón armado	5
Poliéster	6,6

Ilustración 22: Tabla en función del material, Fuente: tuyper.es

7.2. Almacenamiento

El tanque de almacenamiento actual se encuentra en el alto del paraje de bellaco, el tanque recibe agua directamente de un pozo a través de una bomba que capta el agua del pozo y la envía al tanque. Este tanque construido en 1998 con capacidad para 60,566 m³ y situado a una altura de aproximadamente 434 m sobre nivel del mar (ilustración 21), actualmente está en unas condiciones de mal mantenimiento lo cual influye en que el agua que almacena se contamine por la intrusión de heces de animales, lo que genera un peligro para la salud humana.



Ilustración 23: Mapa topográfico con la ubicación del tanque de almacenamiento, Fuente: es-ec.topographic-map.com

A la hora de reconstruir el depósito de distribución tenemos que tener en cuenta que sea accesible para limpiarlo de una forma regular. Tiene que tener respiraderos, pero situados de tal forma que no entre agua de lluvia.



Ilustración 24: Tanque actual con la valla perimetral, Fuente: NUEVI



Ilustración 25: Tanque actual con la valla perimetral, Fuente: NUEVI

El tanque cuenta con un rebosadero para asegurar que el agua de su interior no entra en carga. Este debe verter el agua a través de una tubería lo suficientemente lejos de la base del depósito para evitar así el posible descalce del mismo.

Antes de la desinfección se debe limpiar las paredes y los fondos para quitar toda la suciedad y material suelto.

El método de desinfección usado para un tanque rehabilitado es llenarlo hasta el nivel de derrame con agua limpia a la cual se agrega cloro suficiente para producir una concentración de 50 mg/L. Se introduce la solución de cloro lo más pronto posible durante la operación de llenado con el fin de asegurar una mezcla y contacto completo con todas las superficies. Se mantiene lleno durante 24 horas, después se drena el agua y se rellena el tanque.

La base interior del depósito poseerá una ligera pendiente que asegure la concentración en una zona baja de todos aquellos elementos que puedan depositarse en el fondo, favoreciendo la sedimentación. En ese lugar se colocará un punto de desguace, que deberá estar convenientemente protegido, para facilitar el vaciado del depósito en caso de ser necesario.

Con la ayuda de los árboles que lo rodean el depósito no se ve expuesto de forma directa y continuada a la acción del sol que acabaría recalentando el agua de su interior. La valla perimetral existente se mejorará para evitar la entrada de animales y que de esta manera no puedan contaminar el agua almacenada.

7.3. Red de distribución

Una red de distribución de agua potable es el conjunto de instalaciones para transportar agua desde el punto de captación, almacenamiento y tratamiento hasta la zona de descarga en unas condiciones óptimas que satisfagan las necesidades de la población. Hoy en día la red de distribución no cumple esta misión y es debido a que las tuberías están:

- Taponadas por sedimentación
- Rotas
- Se han desenterrado y están a merced de la naturaleza

Esto influye en que las poblaciones tengan un suministro de agua discontinuo en el tiempo y que el agua que llega no es de óptima calidad para el consumo. La idea que se plantea en el proyecto es renovar las tuberías actuales que al igual que el tanque tienen aproximadamente una vida de 21 años, lo que se propone es la sustitución por tuberías

de PVC. Permiten el flujo de fluido a una mayor velocidad y se adecuan mejor a las necesidades del proyecto y del terreno por el que van a estar repartidas. Las válvulas como más adelante se explica en el punto 7.4.2. se van a renovar debido a que con el paso del tiempo estas se han ido atascando y no funcionan de manera correcta.

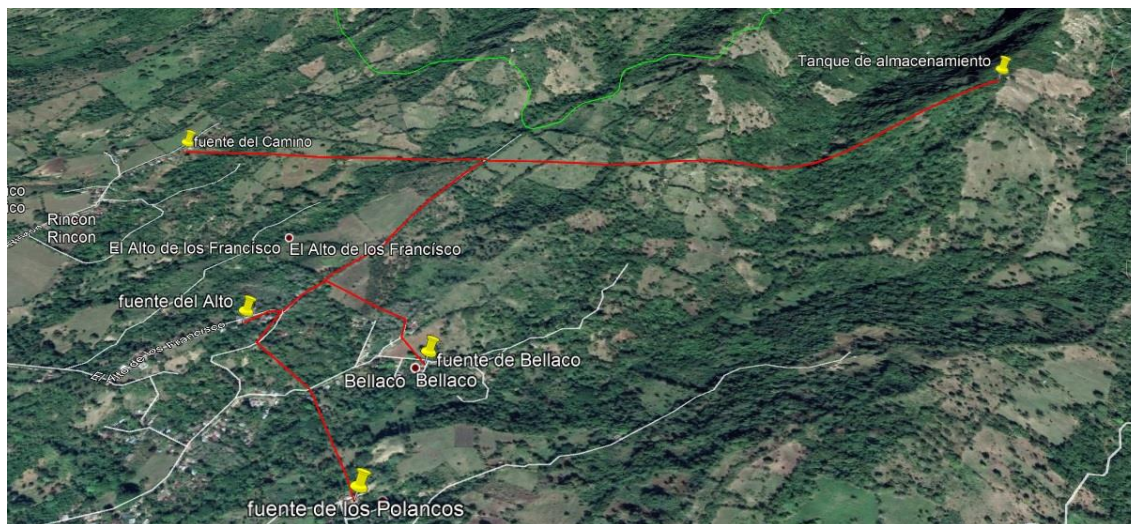


Ilustración 26: Mapa general red de suministro, Fuente propia

Este es el mapa general de la red de suministro (ilustración 24) desde el tanque de almacenamiento a las fuentes centrales de cada comunidad.

7.3.1. Tuberías

Una tubería se compone de dos o más tubos ensamblados mediante un sistema de unión que permite la conducción de un fluido.

En la selección del material de la tubería intervienen características como: resistencia mecánica, durabilidad, resistencia a la corrosión, capacidad de conducción, economía, facilidad de conexión y reparación, y la conservación de la calidad del agua, ya que esta va destinada a un uso alimenticio. La resistencia mecánica de la tubería le permite soportar cargas externas. Además, le permite soportar cargas internas. Influye también la resistencia a daños durante su instalación.

La resistencia de la tubería debe ser mayor que la máxima carga estática que se puede presentar. La durabilidad es el grado al cual la tubería suministra un servicio satisfactorio y económico bajo el tiempo y las condiciones de uso que se le impongan. Implica larga vida útil y hermeticidad, esto es no tener fugas, tanto en la tubería como en su sistema de unión.

La resistencia a la corrosión está muy ligada a la durabilidad, es la capacidad de resistir suelos y aguas agresivos, los cuales provocan reacciones químicas entre la pared del

tubo y su entorno tanto interno como externo reduciendo la capacidad de conducción de la tubería, así como la vida útil de la misma.

Actualmente las tuberías están en deterioro y no cumplen su función de manera óptima, estando solo operativa un 34 % del total de la red, esto es debido a que de 560 tuberías que hay en total en el sistema 370 de ellas están en mal estado rotas, taponadas o a merced del clima.



Ilustración 27: Tubería de suministro actual, Fuente: NUEVI



Ilustración 28: Tubería de suministro actual, Fuente: NUEVI

El proyecto plantea la sustitución de estas tuberías en mal estado por otras nuevas, en este caso se valora el cambio por tuberías de PVC que se adaptan mejor a las condiciones requeridas en el proyecto.

Las ventajas de los tubos de PVC incluyen:

- Hermeticidad: impiden filtraciones y fugas.
- Pared interior lisa: Presenta bajas pérdidas por fricción, lo cual tiene alta eficiencia en la conducción de fluidos.
- Resistencia a la corrosión: El PVC es inmune a la corrosión química o electroquímica, por lo que no requiere recubrimientos, forros ni protección catódica. No se forman incrustaciones ni tuberculizaciones (formaciones de óxido).
- Resistencia química: El PVC es altamente resistente al ataque químico de suelos agresivos, de aguas conducidas, y en general de ácidos, álcalis y soluciones salinas.

Además, resiste el ataque de algas, hongos y bacterias por no existir en el PVC materia nutriente para su desarrollo.

- Ligereza.
- Sencillez de transporte, manejo y colocación.
- Flexibilidad.
- Resistencia a la tensión.
- No altera la calidad del agua.

La longitud de tubería total es de aproximadamente 3386 m y el diámetro necesario para llevar un caudal de 7,2 l/s es de 70 mm, Por lo tanto, por la tubería irá el fluido a una velocidad 2 m/s.

Hay que tener en cuenta que las tuberías no van en línea recta ni al mismo nivel, sino que estas suben y bajan en función del terreno por el que fluyan. Hay distintos tramos y secciones a lo largo de la tubería que posteriormente se explicarán, pero en los cuales el diámetro de la tubería varía de 70,60 y 50 mm.

7.3.2. Válvulas.

Son elementos hidromecánicos que, instalados entre los tubos, permiten controlar el paso del agua, reducir su presión, etc. Las válvulas de compuerta como se aprecia en la ilustración 27, son elementos que permiten el paso del agua a la red de distribución, se suelen colocar a la salida de los tanques de almacenamiento de agua o al comienzo de una red de suministro.



Ilustración 29: Válvula de compuerta encargada de abrir el paso de agua a la red de suministro desde el tanque de almacenamiento, Fuente: NUEVI

La función de una caja de válvulas es la de proteger una válvula de control (válvula de compuerta) de manipulaciones indeseadas o de factores externos que pueden modificar el caudal, pudiendo cerrarla completamente y de esta manera dejar sin agua a toda una población. Es importante mantener la caja de válvulas en perfecto estado. Debido a esto se plantea una reforma y limpieza en la caja de válvulas.



Ilustración 30: Recubrimiento de la caja de válvulas, Fuente: NUEVI

7.4. Fuente central de suministro

La fuente central es la encargada de dar agua a los habitantes de la población, actualmente hay 4 fuentes localizadas cada una en cada municipio (Bellaco, El Alto, Los Polanco y Camino Real) (Ilustración 29). Estas fuentes es el último punto de la red de suministro de agua.



Ilustración 31: Localización fuentes, Fuente propia

Actualmente como se ve en la ilustración 30 los grifos que tienen instaladas las fuentes son grifos de llave, estos con el tiempo el cierre no acaba de ser hermético y pierden agua o también que alguien se lo puede dejar a medio cerrar y el grifo y se quede horas derramando agua, la cual en esta situación hay que aprovechar hasta la última gota.



Ilustración 32: Fuente actual con grifo de válvula, Fuente: NUEVI

La idea del proyecto es el cambio de este tipo de grifos por unos de pulsador, estos te permiten que solo salga una cantidad de agua determinada cada vez que lo pulsas. Evitando de esta manera el desperdicio del agua que tanto trabajo ha costado llevar a la población.

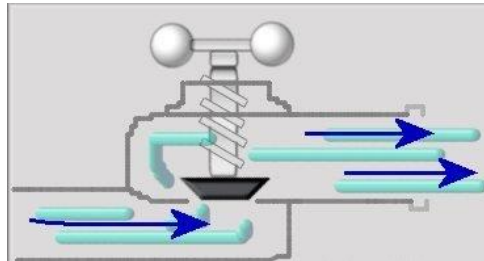


Ilustración 33: Detalle de grifo de válvula, Fuente: xakatakaciencia.com

La ilustración anterior describe el funcionamiento actual de un grifo de válvula. El cual se quiere sustituir.

8. METODOLOGÍA

8.1. Definición de requisitos y solución constructiva.

En los siguientes apartados se van a tratar todos los aspectos de la propuesta del proyecto con los datos y cálculos requeridos para dar un correcto suministro de agua a las poblaciones anteriormente mencionadas.

8.1.1. Necesidades de consumo

Hay un total de 560 familias que están necesitadas de agua potable de calidad, en total entre los 4 municipios hay 2.764 personas, la dotación media de l por habitante y día para poder cubrir las necesidades de higiene y alimentación es de 90 l/día. Un valor muy inferior al requerido en una urbe. Para obtener el caudal de corriente necesario realizamos los siguientes cálculos:

$$Q = \frac{P * D}{86400} * kp = \frac{2764 * 90}{86400} * 2,5$$

P = número de habitantes suministrados

D = Dotación del día medio

Kp = Coeficiente de punta -> según número de viviendas

De 500 a 1500 -> 2,5

$Q = \text{Caudal [l/s]}$

Por lo tanto, el caudal que corresponde para poder abastecer a 2764 es de:

$$Q = 7,2 \text{ l/s}$$

8.1.2. Tanque de almacenamiento

El tanque de almacenamiento recibe agua directamente del pozo de captación actualmente el tanque esta en malas condiciones ya que el agua se contamina por la interacción con los animales del exterior, lo principal es evitar que eso ocurra para no poner en riesgo la vida de los habitantes.

Al tanque se le va a realizar un vaciado completo para poder completar una correcta limpieza para la eliminación de residuos existentes en su interior y eliminación de posibles bacterias o microorganismos adheridos en las paredes y reparación de las zonas que necesiten arreglo.

Esto requerirá de una capa de imprimación especial en las paredes interiores del tanque para evitar la erosión y el desgaste de estas, al igual que para evitar que contaminen el preciado líquido que guarda.

Actualmente el tanque tiene una capacidad de $60,566 \text{ m}^3$ de agua, lo cual comparado con el caudal diario necesario no es suficiente para poder abastecer a toda la población. La idea es no vaciar el tanque al completo sino ir rellenándolo a medida que se consume, esto es debido a que el agua hay que potabilizarla y este paso que posteriormente se va a explicar se realiza en el tanque de almacenamiento. Dejar el tanque con un volumen constante entre $30\text{-}40 \text{ m}^3$, de esta manera en caso de cualquier emergencia siempre se va a disponer de agua en el sistema.

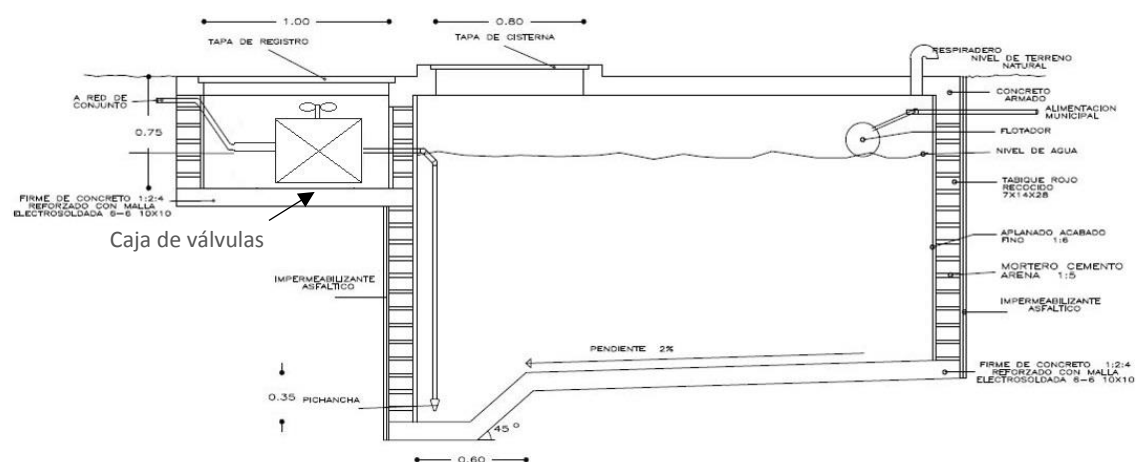


Ilustración 34: Detalle tanque de almacenamiento, Fuente: Google images

8.1.3. Potabilización

En lo que respecta al proceso de potabilización del agua esta va a sufrir diferentes procesos hasta que llegue a ser óptima y de calidad para el consumo.

El primer proceso se realiza en el momento de extraer el agua el pozo de captación, esto es la colocación de un filtro en el tubo de absorción de agua evitando que entren partículas de gran tamaño en el tubo que posteriormente se mandarían al tanque de almacenamiento. A pesar de este primer filtro las partículas más pequeñas pasan y requieren de un segundo proceso para eliminarlas.

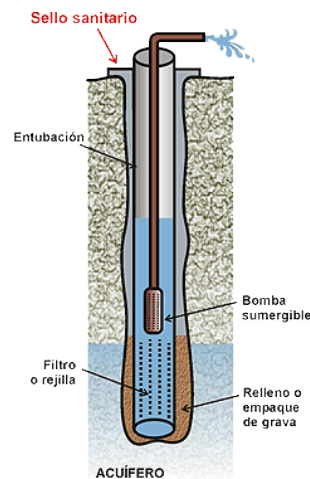


Ilustración 35: Tubería captación agua del pozo con filtro, Fuente: iagua.es

El segundo proceso que recibe el agua es el de sedimentación en el tanque de almacenamiento, este tanque al tener un volumen de agua constante lo que permite es que las partículas tales como arenas, piedras pequeñas o partículas flotantes caigan a la base del tanque donde posteriormente podrán ser recogidas y retiradas. Estas partículas al tener mayor densidad y peso que el agua por efecto de la gravedad, precipitan al fondo.

Este proceso de sedimentación es un proceso natural que solo requiere de tiempo y unas aguas tranquilas.

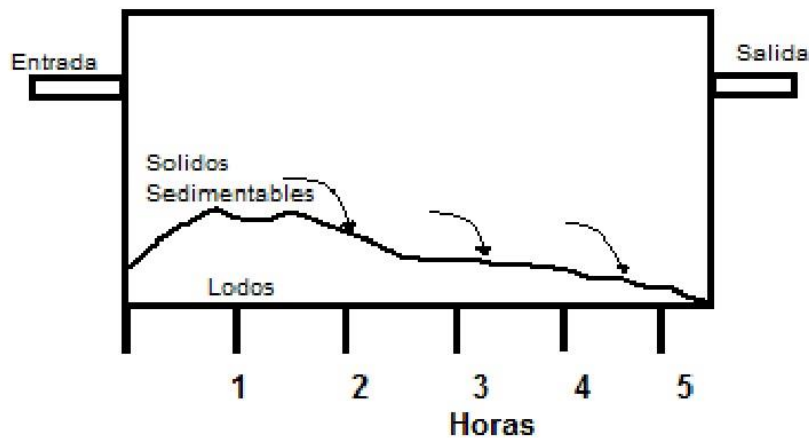


Ilustración 36: Detalle sedimentación tanque en función horas, Fuente propia

La limpieza de la sedimentación se realizará una vez al año ya que son partículas de pequeño tamaño y la superficie de la base del tanque es de gran superficie de 23.33 m² estas tardan tiempo en depositarse, por lo tanto, la limpieza se puede prolongar en el tiempo.

Una vez las partículas han sedimentado el último proceso es de la eliminación de microorganismos y bacterias existentes en el agua, las causantes de enfermedades en la población.

Por último, para la eliminación bacteriana se trata de un sistema cuyo funcionamiento básico consiste en inyectar cloro de forma proporcional a la entrada de agua en el depósito, para que se encuentre en un valor óptimo para el ser humano. Mediante un contador emisor de pulsos, instalado en la tubería de llenado del depósito, se determina el volumen de agua que pasa en cada momento, enviando una señal que recibe la bomba dosificadora de la cantidad de hipoclorito de sodio que se debe inyectar.

Al tratarse de entornos aislados y, en los cuales, el acceso a la red eléctrica es difícil, la alimentación eléctrica de los equipos se realiza mediante un sistema solar fotovoltaico.

Los módulos fotovoltaicos están fabricados con células solares de alta eficiencia, con una potencia mínima nominal de 230 W, siendo resistentes al agua, la abrasión, el impacto de granizo y otros factores adversos.

Se dispone de una capacidad de almacenamiento de energía para que el sistema pueda funcionar una semana sin aporte solar. Las instalaciones disponen de descargadores y toma a tierra.

Se instala un contador emisor de pulsos en la tubería de entrada de agua al depósito. El contador lanza impulsos a la bomba dosificadora, de forma que ésta va inyectando hipoclorito de sodio de forma proporcional a los impulsos recibidos. La bomba dosificadora aspira hipoclorito de sodio del depósito mediante una caña de aspiración equipada con filtro de pie, válvula antirretorno y sonda de nivel. La sonda de nivel está conectada con la bomba dosificadora que se para en caso de que el depósito se quede sin hipoclorito, encendiendo una luz de señalización.

Para una distribución más eficiente del hipoclorito, éste se inyecta mediante un racor de inyección con válvula antirretorno.

En los depósitos en los que sea necesario, se utiliza un sistema de recirculación ya que al mover constantemente el volumen de agua dentro del depósito se evita la estratificación del reactivo y éste se encuentra disuelto de una forma mucho más homogénea, siendo las lecturas más precisas.

Para ello, se instala una bomba que hace recircular el agua del depósito a través de la sonda de medida de pH. Ésta sonda envía información al control que compara el valor medido con el valor de consigna, ordenando poner o no en marcha la bomba dosificadora para la adición del reactivo.

Para evitar dañar las bombas dosificadoras, éstas dejan de funcionar una vez que el depósito de hipoclorito o de reactivo se encuentre vacío, señalizado mediante un piloto la falta de los mismos en la propia bomba y en el cuadro de control.

Todo el sistema de control se encuentra alojado en el interior de un armario metálico IP65 para su protección, debidamente conectado a tierra según la normativa vigente y con las protecciones contra cortocircuitos. En la puerta del armario se encuentran los pilotos de señalización, el pulsador de rearme y una seta de emergencia.

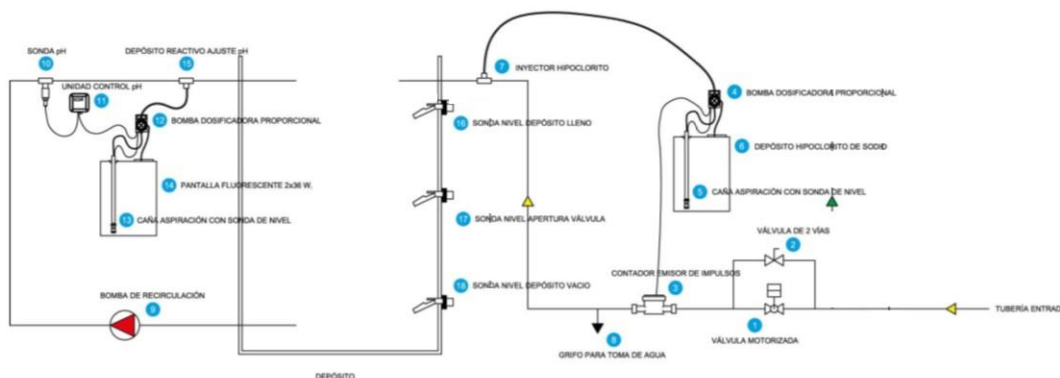


Ilustración 37: Detalle instalación de suministro de cloro para la potabilización, Fuente: Conama 2012, congreso de medio ambiente

8.1.4. Red de suministro

La red de suministros consiste en el conjunto de tuberías, válvulas y fuentes centrales. Esta red comienza a la salida del tanque de almacenamiento de agua y llega hasta las fuentes centrales de cada municipio.

- Las tuberías, como se ha explicado anteriormente en el punto 7.5.1. son de PVC por sus ventajas respecto al resto de materiales y al ser las que mejor se adaptan al entorno en el que se van a instalar.

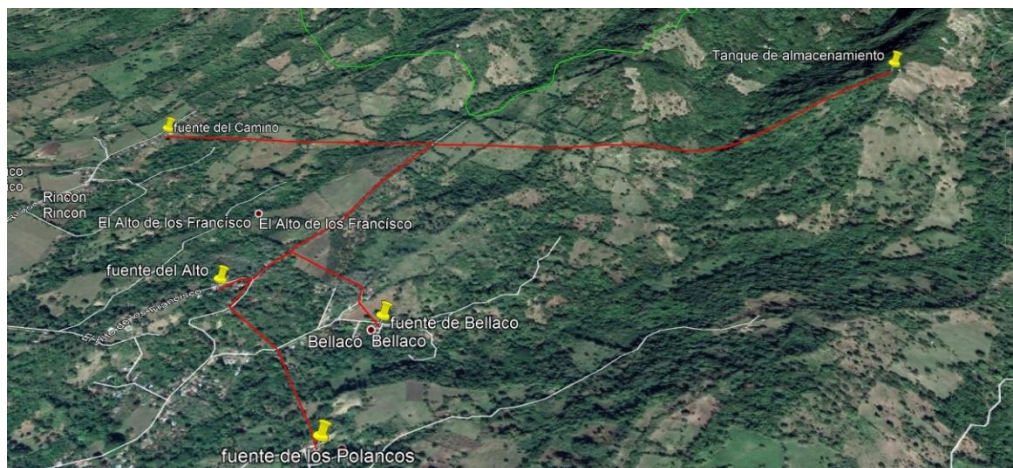


Ilustración 38: Red general de suministro, Fuente propia

El total de la red de suministro abarca 3386 m como se puede ver en la ilustración X.

- (1) Bernoulli: Para poder calcular la presión en los puntos de las tuberías en función de las pérdidas de carga y la velocidad del fluido.

$$(1) \quad P_1 + \frac{1}{2} \rho V_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho V_2^2 + \rho g h_2 + \Delta H$$

- (2) Tabla caudales y velocidades: Una vez definido el caudal necesario y estimando la velocidad a la que fluye el fluido por el interior de la tubería, mediante esta tabla se saca el diámetro de la tubería.

Tabla 1: Relación del caudal con la velocidad y el diámetro, Fuente: Red de abastecimiento exterior Jesús Cuadrado

Caudales y velocidades.

Caudales que pueden transportar las tuberías a la sección llena en función del diámetro y de la velocidad. Ejemplo, para un caudal de 9,68 l/s y una velocidad máxima de 0,80 m/s habrá que adoptar un diámetro de 125 mm.

D (mm)	50	60	70	80	100	125	150	175	200	225	250*	275	300	325	350	400	450	500	550	600	700
0,55	1,1	1,5	2,1	2,77	4,32	6,72	9,72	13,2	17,3	21,9	27,0	32,7	38,9	45,7	52,9	61,1	87,5	108	131	155	212
0,60	1,2	1,7	2,3	3,02	4,71	7,36	10,6	14,4	18,8	23,9	29,4	35,6	42,4	49,7	57,7	75,4	95,4	118	142	170	231
0,65	1,3	1,8	2,5	3,27	5,10	8,98	11,5	15,6	20,4	25,8	31,9	38,6	45,9	53,9	62,5	81,7	103	128	154	184	250
0,70	1,4	2,0	2,7	3,52	5,50	8,59	12,4	16,8	22,0	27,8	34,4	41,6	49,5	58,1	67,4	88,0	111	127	166	198	269
0,75	1,5	2,1	2,9	3,77	5,89	9,20	13,2	18,0	23,6	29,8	36,8	44,5	53,0	62,2	72,2	94,2	119	147	178	212	289
0,80	1,6	2,3	3,1	4,02	6,28	9,82	14,1	19,2	25,1	31,8	39,3	47,5	56,5	66,4	77,0	100	127	157	190	226	308
0,85	1,7	2,4	3,3	4,27	6,68	10,4	15,0	20,4	26,7	33,8	41,7	50,5	60,1	70,5	81,8	107	135	167	202	240	327
0,875	1,7	2,5	3,4	4,40	6,87	10,7	15,5	21,1	27,5	34,8	43,0	52,0	61,9	72,6	84,2	110	139	172	208	247	337
0,900	1,8	2,5	3,5	4,52	7,07	11,0	15,9	21,6	28,3	35,8	44,2	53,5	63,6	74,7	86,6	113	143	178	214	254	346
0,925	1,8	2,6	3,6	4,65	7,26	11,3	16,3	22,2	29,1	36,8	45,4	55,0	65,4	76,7	89,0	116	147	182	220	261	356
0,95	1,9	2,7	3,6	4,77	7,46	11,7	16,8	22,8	29,8	37,8	46,6	56,4	67,1	78,8	91,4	119	151	186	226	269	366
0,975	1,9	2,7	3,7	4,90	7,66	12,0	17,2	23,4	30,6	38,8	47,9	57,9	68,9	80,9	93,8	122	169	191	232	276	375
1,00	1	2,8	3,8	5,03	7,85	12,3	17,7	24,0	31,4	39,8	49,1	59,4	70,7	83,0	96,2	126	159	196	238	282	385
1,05	2,1	3,0	4,0	5,28	8,25	12,9	18,5	25,2	33,0	41,7	51,5	62,4	74,2	87,1	101	132	167	206	249	297	404
1,10	2,2	3,1	4,2	5,53	8,64	13,5	19,4	26,5	34,6	43,7	54,0	65,3	77,6	91,2	105	138	175	216	261	311	423
1,15	2,2	3,2	4,4	5,78	9,03	14,1	20,3	27,7	36,1	45,7	56,4	68,3	81,3	95,4	110	144	183	226	273	325	443
1,20	2,3	3,4	4,6	6,03	9,22	14,7	21,7	28,9	37,7	47,7	58,9	71,3	84,9	99,5	115	151	191	236	285	339	462
1,25	2,4	3,5	4,8	6,28	9,82	16,6	22,1	30,1	39,3	49,7	61,4	74,2	88,4	104	120	157	199	245	297	353	481
1,40	2,7	3,9	5,4	7,04	11,0	17,2	24,7	33,7	44,0	55,7	68,7	83,1	99,0	116	135	176	223	275	333	396	539
1,50	2,9	4,2	5,8	7,54	11,8	18,4	26,5	36,1	47,1	59,6	73,6	89,1	106	124	144	189	238	295	356	423	577
1,75	3,4	4,9	6,7	8,80	13,7	21,5	30,2	42,1	55,0	69,6	86,0	104	124	145	168	220	278	344	416	493	674
2,00	3,9	5,6	7,7	10,0	15,7	24,5	35,3	48,1	62,8	72,5	98,2	118	141	166	192	251	318	393	475	563	770

Nota. Las cifras del cuadro vienen dadas en litros por segundo.

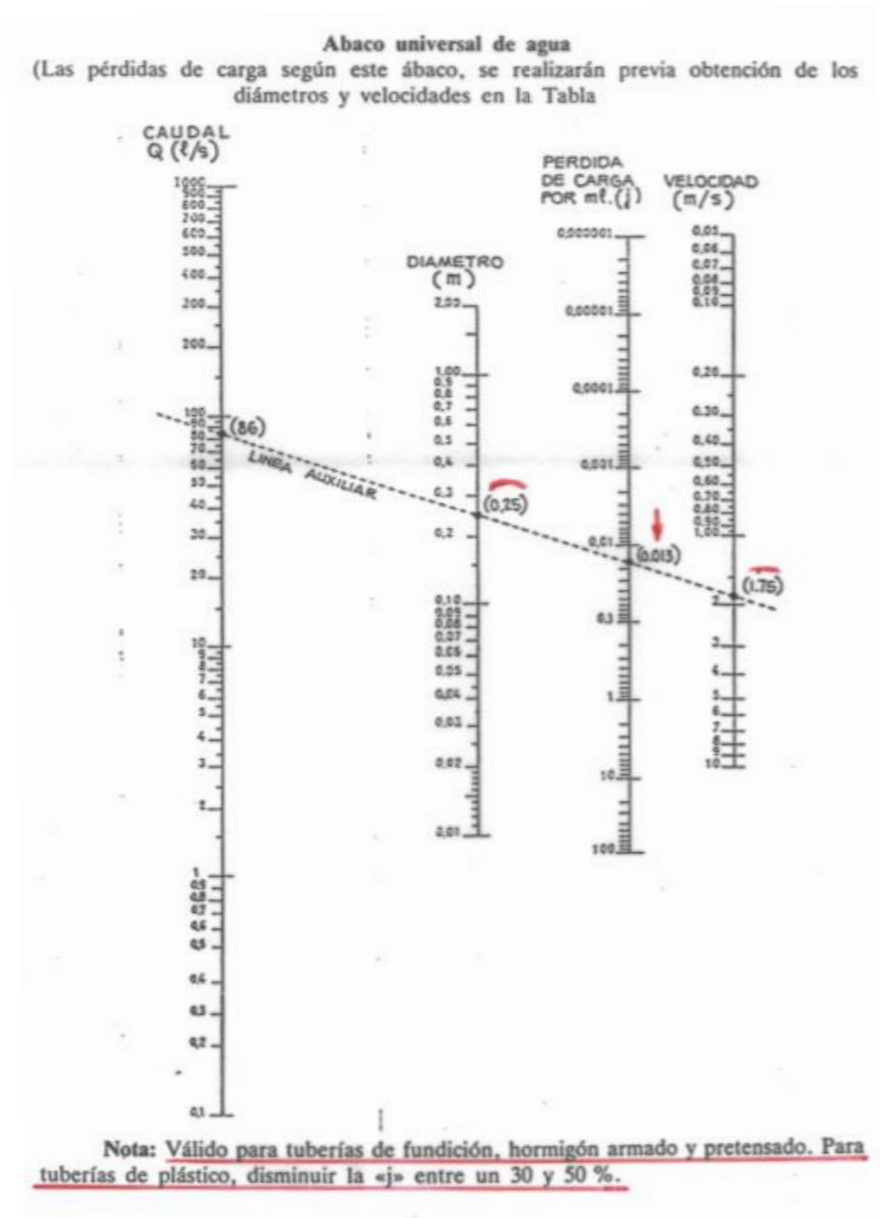
- (3) Ahora una vez calculado el diámetro lo buscamos en la tablas de tubos de pvc para hallar su diámetro nominal y poder sacar el tipo de tubería que necesitamos. También en función de la máxima presión que queremos que vaya por la tubería.

Tabla 2: Diámetro tubería en función de la presión, Fuente: desatrancosdnp.com

DIÁMETROS NORMALIZADOS (NOMINAL E INTERIOR) PARA TUBERIAS DE PVC				
DN (mm)	DI (mm)			
	4 atm	6 atm	10 atm	16 atm
16	-	-	-	13,6
20	-	17,5	-	17
25	22,6	22,6	22	21,2
32	29,6	29,2	28,4	27,2
40	37,2	36,4	36	34
50	47,2	46,4	45,2	42,6
63	59,4	59,2	57	53,6
75	71,4	70,6	67,8	63,8
90	86,4	84,6	81,4	76,6
110	105,6	103,6	99,4	93,6
125	120	117,6	113	106,4
140	134,4	131,8	126,6	119,2
160	153,6	150,6	144,6	136,2
180	172,8	169,4	162,8	153,2

- (4) Abaco universal del agua: Una vez ya calculado el diámetro necesario para la red de suministro y con el resto de datos obtenidos caudal y velocidad del agua, mediante el abaco universal del agua salen las pérdidas de carga por metro columna de agua (m.c.a). Hay que tener en cuenta que en este caso el factor de fricción que nos da hay que reducirlo un 30% por ser tubería de pvc.

Tabla 3: Abaco universal del agua para calcular las pérdidas de carga, Fuente: Red de abastecimiento exterior Jesús Cuadrado



(5) Tabla de pérdidas de carga de válvulas y bifurcaciones:

Tabla 4: Pérdida de carga en función del elemento, Fuente: genebre.com

Accesorio	Valor de K
Válvula esférica, totalmente abierta	10
Válvula de ángulo, totalmente abierta	5
Válvula de retención de charneta	2,5
Válvula de pie con colador	0,8
Válvula de compuerta, totalmente abierta	0,19
Codo de retroceso (codo en U)	2,2
Empalme en T normal	1,8
Codo de 90° normal	0,9
Codo de 90° de radio medio	0,75
Codo de 90° de radio grande	0,60
Codo de 45°	0,42

Condición	Cociente K/K abierta	
	Compuerta	Esfera
Abierta	1	1
Cerrada-25%	3-5	1,5-2
50%-75%	12-22	2-3
75%	70-120	6-8

A lo largo de la red de suministro se irán colocando válvulas de bola y de compuerta para regular el caudal circulante y en el caso que haya una avería y que se tenga que proceder a la reparación se podrá cortar el agua de esa zona determinada. Sin necesidad de cortar el agua de toda la red de suministro.

- Válvula de bola o esférica y válvula de compuerta:



Ilustración 40: válvula de bola D= 75mm, Fuente: solostocks.com

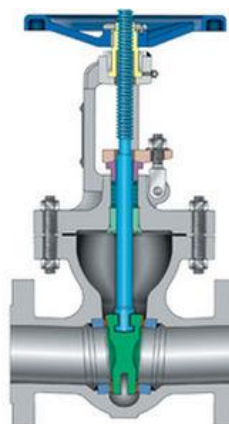


Ilustración 39: Válvula de compuerta D=75mm, Fuente: directindustry.com

Como también en algunos casos la presión de la red es muy alta se colocarán válvulas reductoras de presión para disminuirla hasta la presión que se requiera necesaria.



Ilustración 41: Válvula reductora de presión, Fuente: climarepuestos.com

❖ **Desde el tanque hasta la primera bifurcación:**

El caudal que sale del tanque es de 7,2 l/s y se quiere que fluya a 2 m/s, con estos datos se busca en la tabla (2) y sale un diámetro interior de 70 mm.

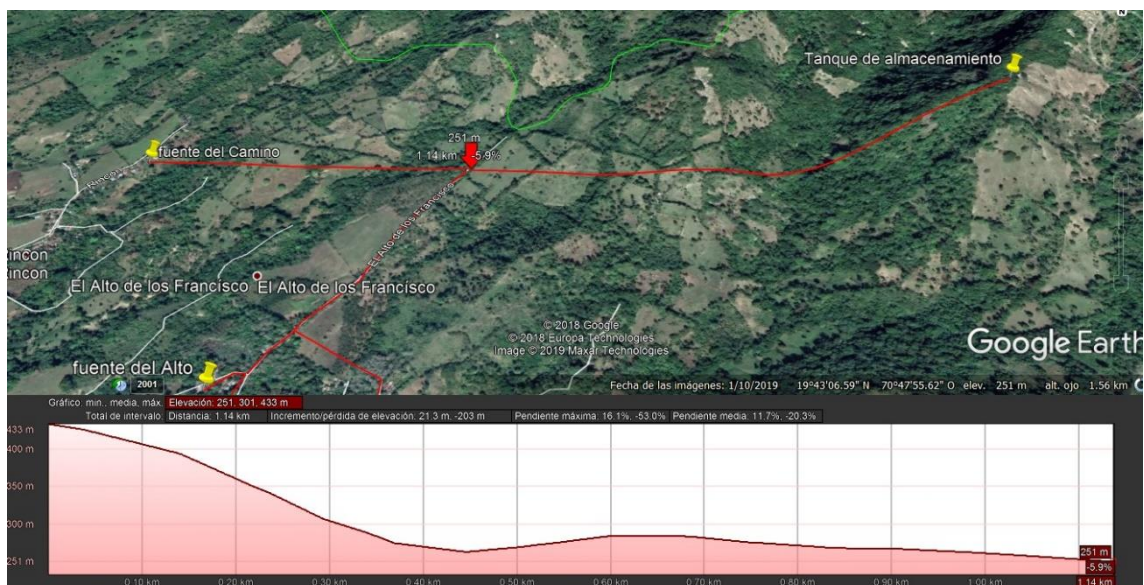


Ilustración 42: Perfil elevación de elevación primer tramo, Fuente: Elaboración propia y google earth

- el tanque situado a 434 metros y la bifurcación a 251 metros de altura, la longitud total de la tubería es de 1140 m. Hay que tener en cuenta que el recorrido en este tramo no es todo bajada, sino que tiene una pequeña subida,

por lo tanto, se divide el recorrido en 3 tramos o secciones para ir hallando las presiones y conocer como llega al final

1- Desde 0 a 446 m de longitud con descenso de altura de 170 m,

Aplicando la ecuación e Bernoulli en (m.c.a):

J= Perdida de carga = 0,07

L = Longitud tubería = 446 m

ΔH = Diferencia de alturas = 170 m

P_1 = P Atmosférica = 10 m.c.a

$$P_2 = P_1 + \Delta H - L * j$$

$$P_2 = 148,78 \text{ m.c.a.}$$

Esta presión es muy alta por lo tanto hay que restarle las pérdidas de carga causadas por las válvulas de bola abiertas que se colocan en esta sección en total son 4 válvulas de bola con una K de valor 10 y una reductora de presión que se coloca a la longitud de 400 m donde se encuentra la cuarta válvula de bola.

En la longitud de los 400 m la presión gracias a las válvulas y la reductora de presión será de 90 m.c.a.

L = 46 m (los 46 m que quedan para llegar a 446m)

P_1 = 90 m.c.a.

ΔH = 7 m

$$P_2 = P_1 + \Delta H - L * j$$

$$P_2 (446\text{m}) = 92,78 \text{ m.c.a}$$

- 2- Desde 446 a 605 m de longitud con un incremento de altura de 20 m, hay dos válvulas de bola colocadas en el camino.

Aplicando la ecuación e Bernoulli en (m.c.a):

$$J = \text{Perdida de carga} = 0,07$$

$$L = \text{Longitud tubería} = 159 \text{ m}$$

$\Delta H = \text{Diferencia de alturas} = -20 \text{ m}$ (al ser un ascenso de la diferencia de cotas se pone negativo)

$$P_1 = 92,78 \text{ m.c.a}$$

$$K = \text{Pérdidas de carga válvulas} = 10$$

$$N = \text{número válvulas} = 2$$

$$V = \text{Velocidad} = 2 \text{ m/s}$$

$$P_2 = P_1 + \Delta H - L * j - K * n * \frac{v^2}{2g}$$

$$P_2 (605) = 56,67 \text{ m.c.a.}$$

- 3- Desde 605 a 1140 m de longitud con un descenso de 34 m, hay 4 válvulas de compuerta colocadas esto es debido a que ejercen una menor pérdida de carga.

Aplicando la ecuación e Bernoulli en (m.c.a):

$$J = \text{Perdida de carga} = 0,07$$

$$L = \text{Longitud tubería} = 535 \text{ m}$$

$$\Delta H = \text{Diferencia de alturas} = 34 \text{ m}$$

$$P_1 = 56,67 \text{ m.c.a}$$

$$K = \text{Pérdidas de carga válvulas} = 0,19$$

$$N = \text{número válvulas} = 4$$

$$V = \text{Velocidad} = 2 \text{ m/s}$$

$$P_2 = P_1 + \Delta H - L*j - K*n*\frac{v^2}{2g}$$

$$P_2 (605) = 53,065 \text{ m.c.a.}$$

Esta es la presión a la que llega a la primera bifurcación, en este punto se coloca un accesorio de PVC que divide el caudal, mandando hacia la fuente de Camino Real un caudal de 1,8 l/s y hacia la segunda bifurcación un caudal de 5,4 l/s.

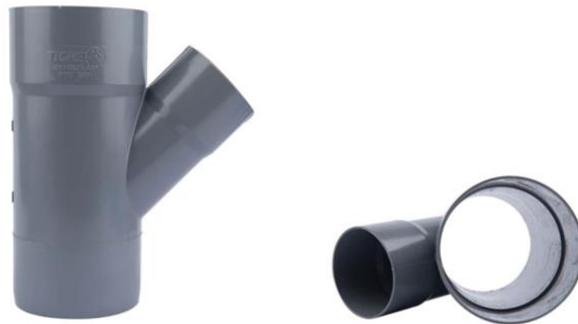


Ilustración 43: Bifurcación tubería PVC, Fuente: leroymerlín.es

Como se aprecia en la ilustración anterior el diámetro varía, esto es debido a la diferencia de caudal que llevan y a la velocidad que fluye.

- 1- Hacia la fuente de Camino Real, con caudal de 1,8 l/s y una velocidad de 0,9 m/s según la tabla (2) sale un diámetro de 50mm.
- 2- Hacia la segunda bifurcación, con un caudal de 5,4 l/s y una velocidad de 1,4 m/s según la tabla (2) sale un diámetro de 70mm.

❖ **Bifurcación a fuente de Camino Real:**

Esta sección de la red de suministro con una pendiente descendiente media de 1,9%, un caudal de 1,8 l/s, una velocidad de 0,9 m/s y una tubería de diámetro 50mm con una longitud total de 703m da agua a la pequeña población de Camino Real.

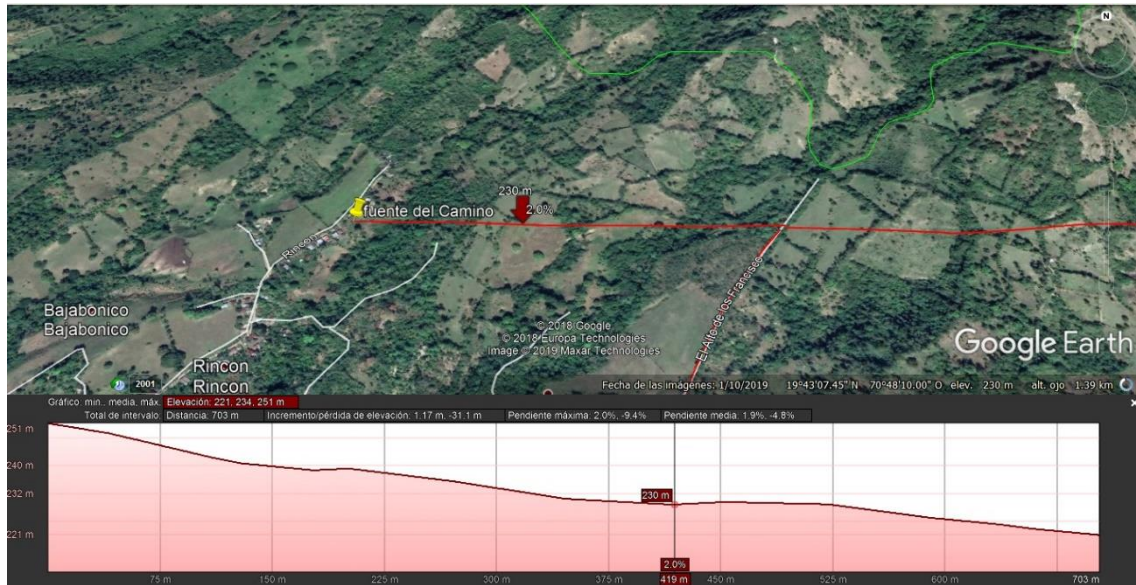


Ilustración 44: Perfil elevación segundo tramo, Fuente: elaboración propia y Google earth

Hay que calcular la presión con la que llega al grifo de la fuente de abastecimiento, para ello aplicando la ecuación de Bernoulli en (m.c.a):

$J =$ Pérdida de carga = 0,07

$L =$ Longitud tubería = 703 m

$\Delta H =$ Diferencia de alturas = 29m

$P_1 = 53,065$ m.c.a

$K =$ Pérdidas de carga válvulas = 10

$N =$ número válvulas = 6

$V =$ Velocidad = 0,9 m/s

$$P_2 = P_1 + \Delta H - L * j - K * n * \frac{v^2}{2g}$$

$$P_2 = 29,965 \text{ m.c.a.}$$

Esta dentro del valor del rango de presión que el grifo soporta de 25 a 30 m.c.a

❖ **Bifurcación 1 a bifurcación 2:**

Una vez ya se ha dividido una parte del caudal para abastecer una fuente, los 5,4 l/s restantes fluyen por una tubería de diámetro igual a 70 mm y a una velocidad de 1,4 m/s.

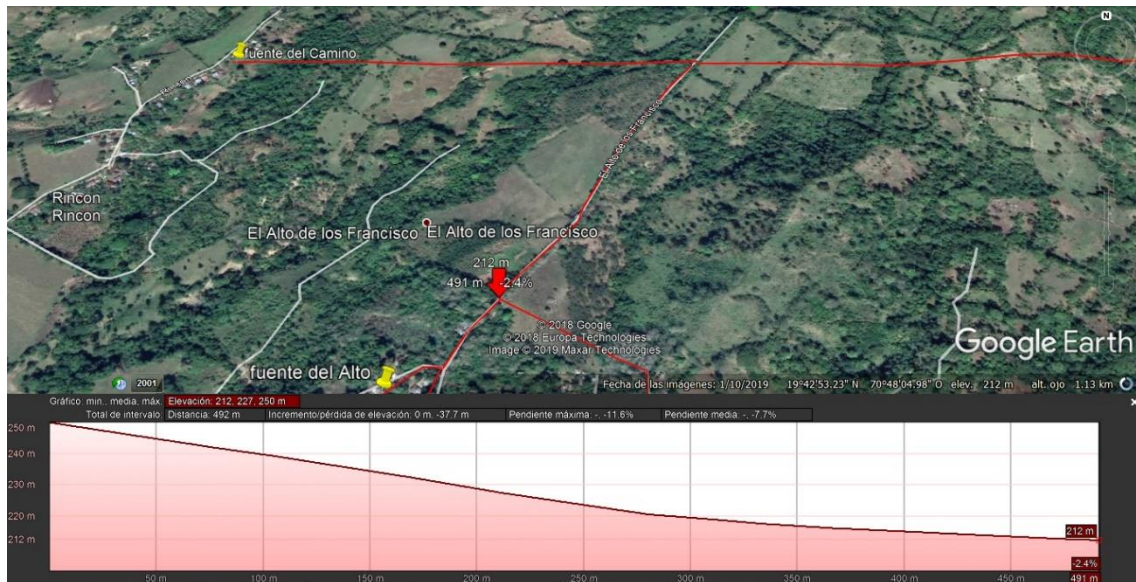


Ilustración 45: Perfil de elevación tercer tramo, Fuente: elaboración propia y Google earth

EL recorrido de esta sección es una pendiente descendente con una inclinación de 7,7% y una longitud de 492 m. Para poder calcular la presión en la segunda bifurcación usamos la ecuación de Bernoulli:

$$J = \text{Pérdida de carga} = 0,07$$

$$L = \text{Longitud tubería} = 492 \text{ m}$$

$$\Delta H = \text{Diferencia de alturas} = 39 \text{ m}$$

$$P_1 = 53,065 \text{ m.c.a}$$

$$K = \text{Pérdidas de carga válvulas} = 10$$

$$N = \text{número válvulas} = 4$$

$$V = \text{Velocidad} = 1,4 \text{ m/s}$$

$$P_2 = P_1 + \Delta H - L \cdot j - K \cdot n \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$$P_2 = 53,629 \text{ m.c.a.}$$

Esta segunda bifurcación permite al igual que la primera dividir el caudal para:

- 1- Dirigir un caudal de 1,8 l/s hacia la fuente de Bellaco
- 2- Dirigir un caudal de 3,6 l/s hacia una tercera bifurcación

Se utilizará la bifurcación de la ilustración 43.

❖ **Bifurcación 2 a fuente de Bellaco:**

En esta sección de la red de suministro como se aprecia en la ilustración 46, hay una pequeña que hay que salvar para que el fluido llegue con la presión óptima a la fuente. En este tramo se dispone de un caudal de 1,8 l/s, una velocidad de 0,9 m/s y una tubería con un diámetro de 50mm.

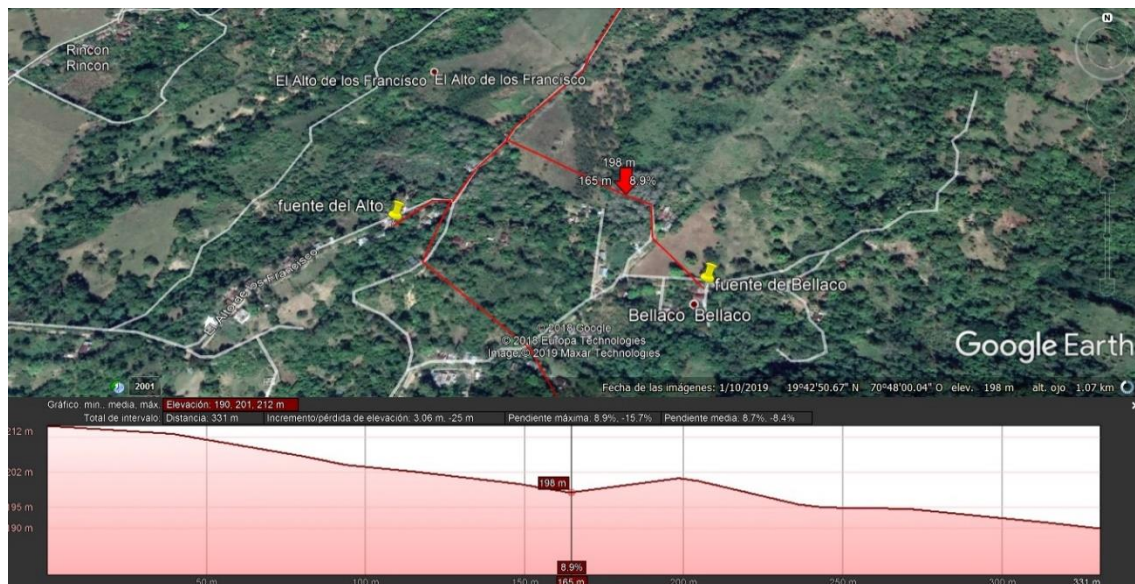


Ilustración 46: Perfil de elevación cuarto tramo, Fuente: elaboración propia y Google earth

La longitud total es de 331m con una pendiente media de 8,7%, para poder calcular si llega con la presión necesaria al punto de suministro se dividirá esta línea de tubería en 3 secciones,

- 1- Sección descendente de longitud 164 m

$$J = \text{Pérdida de carga} = 0,07$$

$$L = \text{Longitud tubería} = 164 \text{ m}$$

$$\Delta H = \text{Diferencia de alturas} = 14 \text{ m}$$

$$P_1 = 53,629 \text{ m.c.a}$$

K = Pérdidas de carga válvulas = 10

N = número válvulas = 1

V = Velocidad = 0,9 m/s

$$P_2 = P_1 + \Delta H - L*j - K*n*\frac{v^2}{2g}$$

$$P_2 = 55,735 \text{ m.c.a.}$$

2- En esta parte hay un pequeño ascenso de 3 m de altura. Como se aprecia en la ilustración 46 hay un pico de subida.

J = Perdida de carga = 0,07

L = Longitud tubería = 36 m

ΔH = Diferencia de alturas = -3 m

P_1 = 55,735 m.c.a

K = Pérdidas de carga válvulas = 10

N = número válvulas = 1

V = Velocidad = 0,9 m/s

$$P_2 = P_1 + \Delta H - L*j - K*n*\frac{v^2}{2g}$$

$$P_2 = 50,216 \text{ m.c.a.}$$

3- Pendiente descendente hasta la fuente de suministro, como la presión ya es alta y al ser descendente le camino que le queda por recorrer al fluido este por la ecuación de Bernoulli va a llegar a una presión mayor en el punto de suministro que la recomendada de entre 25-30 m.c.a.

Para poder solucionar este problema se coloca una válvula reductora a los 300m de tubería, la cual hace descender su presión hasta 25 m.c.a desde los 51,21 m.c.a que tenía en ese punto.

J = Perdida de carga = 0,07

L = Longitud tubería = 31 m

$\Delta H =$ Diferencia de alturas = 11m

$P_1 = 25$ m.c.a

$K =$ Pérdidas de carga válvulas = 10

$N =$ número válvulas = 1

$V =$ Velocidad = 0,9 m/s

$$P_2 = P_1 + \Delta H - L * j - K * n * \frac{v^2}{2g}$$

$$P_2 = 25,41 \text{ m.c.a.}$$

Es la presión en el punto de la fuente de suministro, apta para el consumo.

❖ **Bifurcación 2 a bifurcación 3:**

El caudal circulante es de 3,6 l/s, este recorrido es el encargado de abastecer a las dos fuentes restantes. Este recorrido presenta el siguiente perfil de elevación. La velocidad es de 1,3 m/s y el diámetro de tubería en esta sección es de 60 mm.

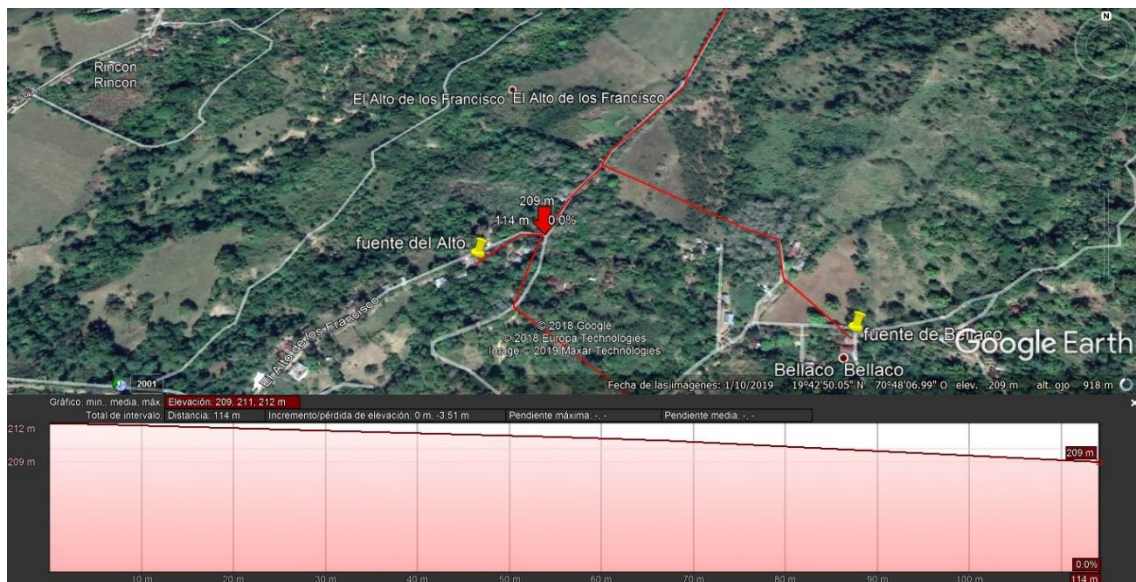


Ilustración 47: Perfil de elevación quinto tramo, Fuente: elaboración propia y Google earth

Es un tramo de longitud corta respecto al resto de la red de suministro. Es necesario conocer la presión que se va a tener en la red de suministro con lo cual para conocer la presión se utiliza la ecuación de Bernoulli:

$J =$ Perdida de carga = 0,07

L = Longitud tubería = 114 m

ΔH = Diferencia de alturas = 3m

P_1 = 47,77 m.c.a

K = Pérdidas de carga válvulas = 10

N = número válvulas = 1

V = Velocidad = 1,3 m/s

$$P_2 = P_1 + \Delta H - L * j - K * n * \frac{v^2}{2g}$$

$$P_2 = 47,77 \text{ m.c.a.}$$

Esta tercera bifurcación separa el caudal de 3,6 l/s en dos de 1,8 l/s que abastecen las fuentes de Polanco y el Alto

❖ **Bifurcación 3 a fuente los Polancos:**

EL tramo entre la tercera bifurcación y la fuente de los Polancos es un tramo que para poder analizar bien a la presión que se encuentra en la fuente de suministro es necesario dividirlo en dos secciones la primera de bajada y la segunda ascendente como se aprecia en la ilustración 48.

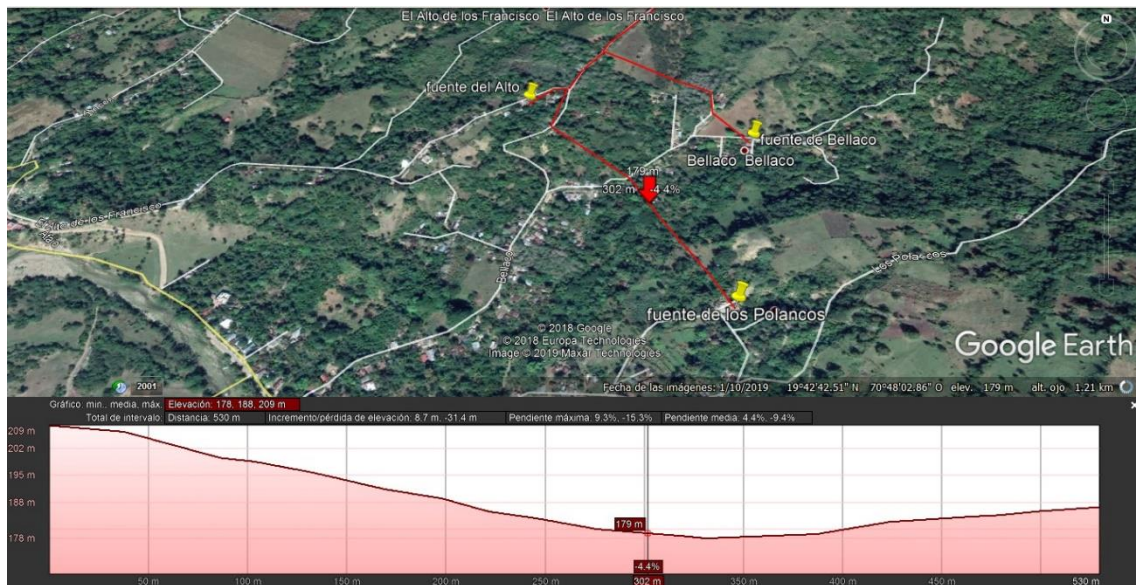


Ilustración 48: Perfil de elevación sexto tramo, Fuente: elaboración propia y Google earth

Para poder analizar la presión se va a utilizar como anteriormente en el resto de tuberías la ecuación de Bernoulli.

1- Zona descendente de longitud 331m con una pendiente media de 9,5 %.

J= Pérdida de carga = 0,07

L = Longitud tubería = 331 m

ΔH = Diferencia de alturas = 31m

$P_1 = 47,77$ m.c.a

K = Pérdidas de carga válvulas = 10

N = número válvulas = 3

V = Velocidad = 0,9 m/s

$$P_2 = P_1 + \Delta H - L*j - K*n*\frac{v^2}{2g}$$

$$P_2 (336) = 54,01 \text{ m.c.a.}$$

2- Zona ascendente de longitud de 198 m hasta llegar a la fuente de suministro.

J= Pérdida de carga = 0,07

L = Longitud tubería = 198 m

ΔH = Diferencia de alturas = -8m

$P_1 = 54,01$ m.c.a

K = Pérdidas de carga válvulas = 10

N = número válvulas = 1

V = Velocidad = 1,3 m/s

$$P_2 = P_1 + \Delta H - L*j - K*n*\frac{v^2}{2g}$$

$$P_2 = 31,288 \text{ m.c.a.}$$

Hay que tener en cuenta que las bifurcaciones, las juntas y los grifos generan pequeñas pérdidas de carga que en toda la red de suministro hacen que las presiones finales de las fuentes sean ligeramente más pequeñas.

❖ **Bifurcación 3 a fuente el Alto:**

El último tramo de la red de suministro de agua y el más corto en longitud con solo 77 m de longitud, un caudal de 1,8 l/s, una velocidad de 0,9 m/s en una tubería de 50 mm de diámetro.

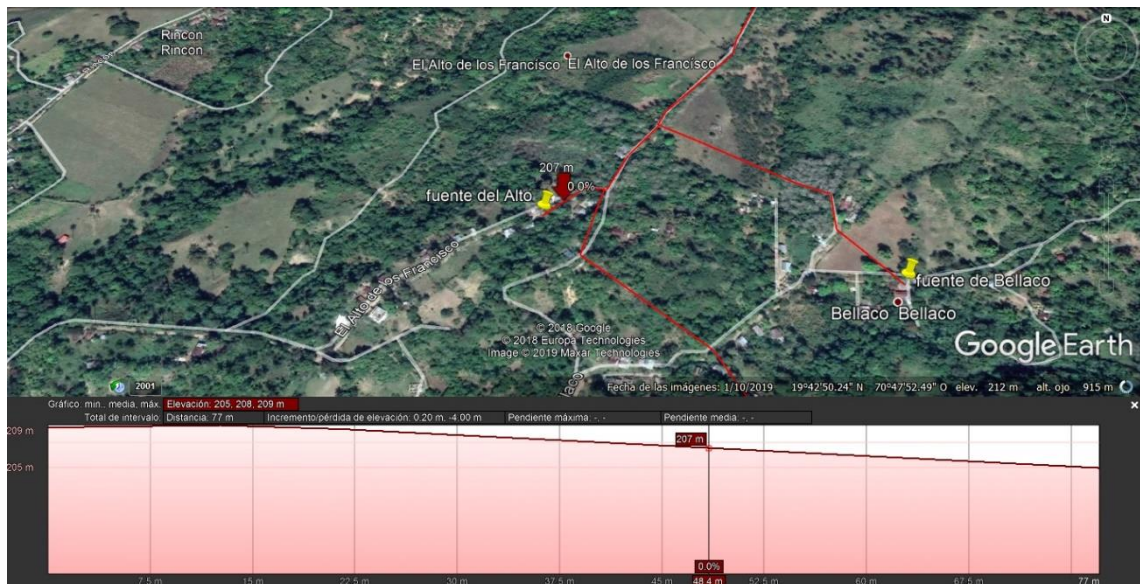


Ilustración 49: Perfil de elevación séptimo tramo, Fuente: elaboración propia y Google earth

Es un tramo con muy poca pendiente y muy corto en longitud, por lo tanto, no se van a generar pérdidas de carga suficientes como para reducir la presión de 47,77 hasta un valor comprendido entre 25-30 m.c.a.

Primero hay que comprobar a la presión que está en el punto final:

$$J = \text{Pérdida de carga} = 0,07$$

$$L = \text{Longitud tubería} = 77 \text{ m}$$

$$\Delta H = \text{Diferencia de alturas} = 8 \text{ m}$$

$$P_1 = 47,77 \text{ m.c.a}$$

$$V = \text{Velocidad} = 0,9 \text{ m/s}$$

$$P_2 = P_1 + \Delta H - L \cdot j$$

$$P_2 = 50,38 \text{ m.c.a.}$$

Por lo tanto, va a ser necesario colocar una válvula reductora de presión en el punto final antes de llegar a la fuente y que esta válvula mande el agua al grifo a una presión de 25 m.c.a.

$$P_2 = 25 \text{ m.c.a.}$$

Tabla 5: Tabla resumen de los datos de los tramos de la red de suministro, Fuente: Elaboración propia

TRAMOS	CAUDAL(l/s)	VELOCIDAD(m/s)	DIAMETRO INTERIOR TUBERÍA (mm)	LONGITUD (m)	PRESIÓN INICIAL(m.c.a)	PRESIÓN FINAL(m.c.a)
Tanque a bifurcación 1	7,2	2	70	1140	10	53,056
Bifurcación 1 a fuente de Camino Real	1,8	0,9	50	703	53,065	29,965
Bifurcación 1 a bifurcación 2	5,4	1,4	70	492	53,065	53,629
Bifurcación 2 a bifurcación 3	3,6	1,3	60	114	53,629	47,77
Bifurcación 2 a fuente de Bellaco	1,8	0,9	50	331	53,629	25,41
Bifurcación 3 a fuente del Alto	1,8	0,9	50	77	47,77	25
Bifurcación 3 a fuente de Los Polancos	1,8	0,9	50	529	47,77	31,288

A lo largo de toda la red de suministro los tubos que se van a usar son los siguientes:

Un tubo de PVC de suministro alimentario de agua em diferentes diámetros de 50,60 y 70 mm, esto es debido a la circulación de caudales y velocidades distintos por los tramos de la red de suministro.



Ilustración 50: Tubo de PVC usado para la red de suministro, Fuente: gardenea.com

8.1.5. Fuentes

Las fuentes de suministro que están situadas en cada municipio son las encargadas de dar el agua el a la población. Es la última frontera entre el pozo y el consumidor. Las fuentes actuales como se ha explicado en el punto 7.6.1. los grifos que tienen son grifos de válvula en el que regula la cantidad de agua que quieres que salga.

A estas fuentes llega un caudal de agua de 1,8 l/s a una velocidad de 0,9 m/s por medio de una tubería de 50 mm

En este proyecto se propone sustituir los grifos de válvula por grifos con pulsador temporizador especialmente diseñado para no perder agua.

Fabricado en acabado latón. Mecanismos PRESTO 1027 de alta calidad, resistente a la intemperie y uso intensivo. Pulsador temporizado a 7 segundos. Regulador de caudal de agua de 4 posiciones que van desde 0,06 a 0,90 l/s a una presión de 2,5 bar.

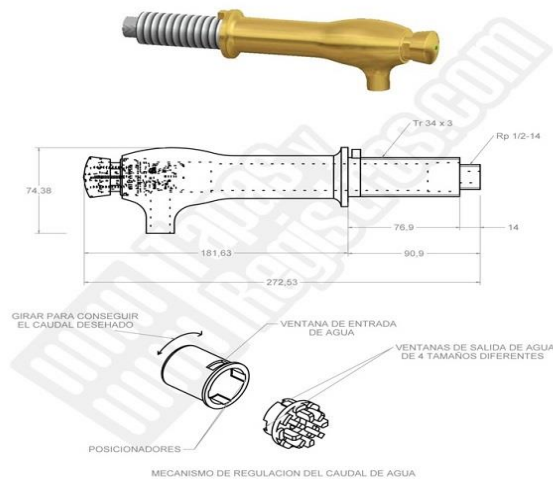
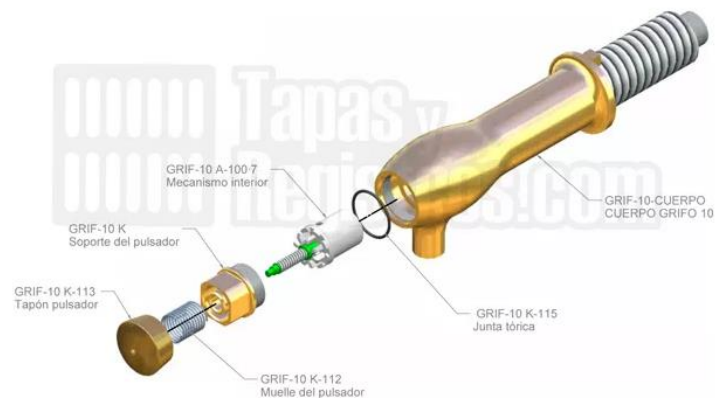


Ilustración 51: Detalle grifo con pulsador temporizado, Fuente: tapasyregistros.com



MECANISMO INTERIOR REF. GRIF-10 A-100-7

Nº elem.	Referencia	Descripcion	Material
1	GRIF-10 K-106	EJE DEL MECANISMO DEL GRIF-10	PLÁSTICO
2	GRIF-10 K-103	JUNTA DEL EJE DEL TAPON DEL GRIF-10	ABS, alto impacto
3	GRIF-10 K-104	ENLACE INTERMEDIO TAPON DEL GRIF-10	PLÁSTICO
4	GRIF-10 K-105	JUNTA PEQUEÑA DEL EJE DEL TAPON DEL GRIF-10	ABS, alto impacto
5	GRIF-10 K-124	ENLACE REGULADOR DE PRESION DEL GRIF-10	PLÁSTICO
6	GRIF-10 K-125	TAPON REGULADOR DE PRESION DEL GRIF-10	PLÁSTICO

Ilustración 52: Detalle grifo con pulsador temporizado, Fuente: tapasyregistros.com

En este tipo de grifos que son de pulsador temporizado el golpe de ariete se atenúa debido a que el cierre no se produce de golpe, sino que se produce gradualmente.

8.2. Datos municipio y planos

Los municipios en los que se va a llevar a cabo el proyecto son Bellaco, los Polanco, el Alto y Camino Real. Las 4 fuentes repartidas entre estos 4 municipios van a abastecer a un total de 560 familias lo que supone una población de 2764 personas.

En las imágenes siguientes se aprecia la localización y distribución actual de las casas.

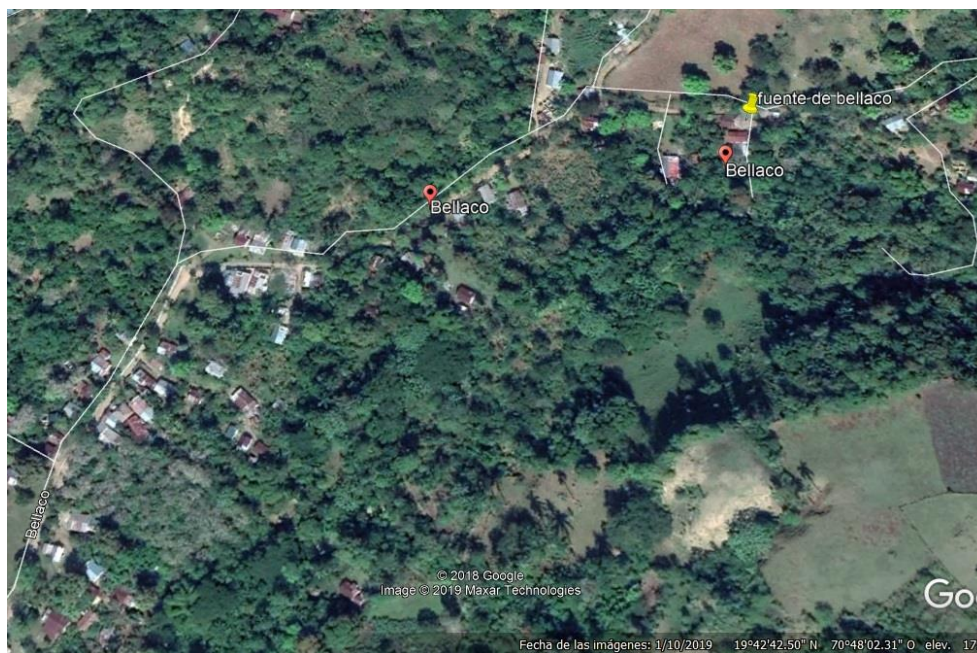


Ilustración 53: Distribución casas Bellaco, Fuente: Google earth



Ilustración 54: Distribución casas El Alto, Fuente: Google earth

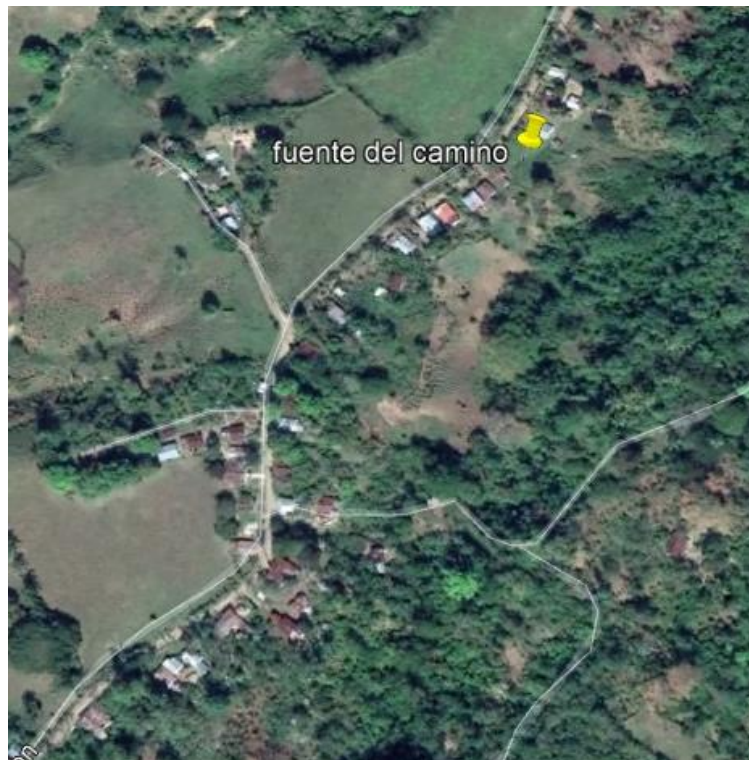


Ilustración 55: Distribución casas Camino Real, Fuente: Google earth



Ilustración 56: Distribución casas Los Polancos, Fuente: Google earth

Son pequeñas poblaciones distribuidas y repartidas a lo largo de las carreteras que recorren los municipios. Algunas de las casas están aisladas respecto al resto de la comunidad. Como se aprecia en las ilustraciones 53-56 son zonas muy rurales de RD con escaso recursos económicos y una red de suministro de agua hasta ahora deficiente y no apta para el consumo humano.

8.3. Plan de actuación

Antes de poder llevar a cabo el proyecto en su totalidad hay que definir un plan de actuación, esto es actuar de una manera ordenada y paso a paso teniendo el menor impacto y repercusión en las zonas en las que se va a llevar a cabo.

El plan de actuación que se va a seguir es el siguiente:

- 1- Restauración y limpieza bomba de extracción de agua del pozo.
- 2- Drenaje del agua del tanque de almacenamiento de agua para su posterior limpieza y aclimatación.
- 3- Una vez se ha limpiado el tanque se procede a la restauración de las zonas afectadas por la erosión y el desgaste del agua, esto implica la reparación y aplicación de una capa protectora para prevenir y proteger las paredes.

- 4- Implantación del sistema de aplicación de cloro para la potabilización del agua almacenada. Comprobación del correcto funcionamiento con el llenado del tanque
- 5- Limpieza y sustitución de la caja de válvulas de salida principal del tanque de almacenamiento.
- 6- Sustitución de las antiguas tuberías por las nuevas, este proceso se va a ir realizando de manera paralela a la antigua red de distribución. De esta manera se van sustituyendo tuberías de manera progresiva y no es necesario cortar el agua durante toda la duración del proyecto.
- 7- Reparación fuentes y sustitución de grifos de válvula por los grifos con pulsador temporizado.
- 8- Comprobación del correcto funcionamiento de toda la red de distribución. Que no haya pérdidas de agua y que llegue el correcto caudal con la presión requerida al punto final.

9. TAREAS Y DIAGRAMA GANTT

En este apartado se muestran las diferentes tareas realizadas en el proyecto con la duración, el comienzo y el fin de cada una. Mediante el diagrama de gantt se presentan de forma esquemática estas tareas.

Tabla 6: Diagrama Gantt tareas, Fuente propia

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
1		Reunión Nuevi	1 día	mié 26/12/18	mié 26/12/18	
2		Recabar información	16 días	mar 12/02/19	mar 05/03/19	
3		Planteamiento proyecto	4 días	mié 06/03/19	lun 11/03/19	2
4		Redacción de índice	1 día	mar 12/03/19	mar 12/03/19	3
5		Inicio de proyecto	11 días	mié 13/03/19	mié 27/03/19	4
6		Reunión tutor tfg	0 días	lun 11/03/19	lun 11/03/19	3
7		Elaboración estado del arte y metodología	22 días	jue 28/03/19	mié 05/06/19	5
8		Reunión nuevi	0 días	mié 05/06/19	mié 05/06/19	7
9		Repaso y revisión	3 días	jue 06/06/19	lun 10/06/19	8
10		Elaboración gantt, presupuesto	2 días	mar 11/06/19	mié 12/06/19	9
11		Elaboración conclusiones y finalización del proyecto	5 días	jue 13/06/19	mié 19/06/19	10
12		Reunión tutor tfg	0 días	mié 19/06/19	mié 19/06/19	11

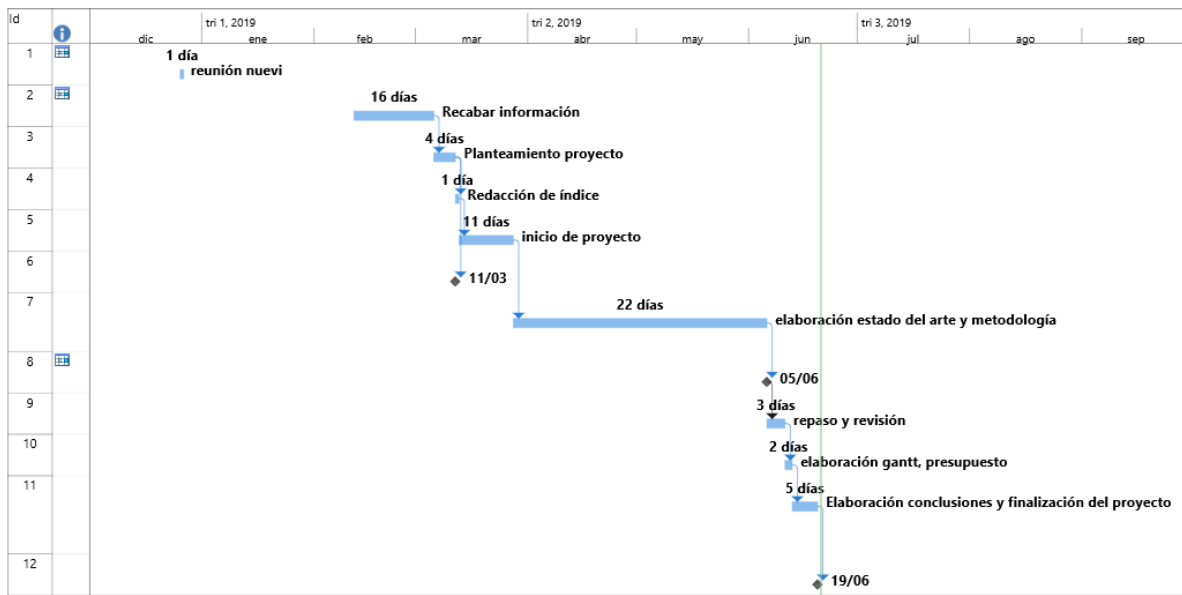


Ilustración 57: Diagrama Gantt, Fuente propia

10. PRESUPUESTO

En el siguiente capítulo se presenta el presupuesto estimado para la realización del plan de proyecto. Éste está dividido en las siguientes partidas:

1. Horas internas
2. Amortizaciones
3. Gastos

Tabla 7: Horas internas, Elaboración propia

Horas internas	Concepto	Coste unitario	Número de unidades	Coste total
	Ingeniero junior	20 €/h	630 h	12600 €
	Ingeniero senior	60 €/h	24 h	2400 €
TOTAL				15000 €

Amortizaciones	Concepto	Precio adquisición	Vida útil	Tiempo de utilización	Coste total
	ordenador	1000€	3 años	550h	20,92 €

Tabla 8: Amortizaciones, Elaboración propia

Tabla 9: Gastos, Elaboración propia

Gastos	Concepto	Coste total
	Material de oficina	10€
	Impresora	90€
	Transporte	30€
Total		130€

Finalmente, como se observa en la Tabla 9, tras calcular el total del conjunto de las partidas y añadir un 6% de ese subtotal en concepto de posibles imprevistos, se estima que el presupuesto total de este proyecto son 16.059,97€.

Tabla 10: Presupuesto total, Elaboración propia

Subtotal 1	15.150,92 €
Imprevistos (6%)	909,05 €
PRESUPUESTO TOTAL	16.059,97 €

11. ANÁLISIS DE RIESGOS Y AMENAZAS

Una amenaza es cualquier situación que de manera potencial puede tener un impacto negativo en la ejecución de alguna de actividad (humano o medio ambiente). Un riesgo sería la manifestación de esta amenaza, es decir, la manera como se materializa. Para este proyecto de una red de suministro de agua se han identificado principalmente tipos de riesgos:

- **Riesgo comercial:** Principalmente se debe al no pago de las deudas u obligaciones. En este caso el proyecto está situado en RD un país en el cual el gobierno no invierte el dinero suficiente en poder dar agua de calidad a sus habitantes.
- **Riesgo a la salud pública:** Fallo en los procesos de producción o distribución que pudieran interrumpir el suministro o afectar la calidad fisicoquímica o microbiológica del agua. Estos fallos en la red de suministro y potabilización pueden ser de origen humano, de infraestructura o de equipo. Estos fallos pueden suceder de manera inmediata y tienen graves repercusiones, por lo tanto, hay que actuar rápido para solucionarlos
- **Riesgo ambiental:** Impacto sobre el medio ambiente que las operaciones de la red de suministro y potabilización puedan tener. Estos pueden generarse de manera directa o como consecuencia de acciones realizadas para contrarrestar otros fallos de la operación.
- **Riesgo de incumplimiento legal:** A nivel nacional se fijan unos parámetros mínimos a cumplir en la calidad del agua suministrada.

Un ejemplo simple para identificar una amenaza y riesgo (en este caso para la salud pública y para el riesgo de cumplimiento legal) sería la situación de contaminación microbiológica en la red de suministro. La amenaza sería la intrusión de animales en el tanque de almacenamiento que afecten a la calidad del agua que posteriormente se distribuirá en los municipios. Entonces, el riesgo sería la aparición de estos microorganismos en el agua que fluye por la red de suministro y causando enfermedades en la población.

12. CONCLUSIONES

Este proyecto de suministro y potabilización de agua en un municipio de RD tomo forma de la mano del presidente de Nuevi Álvaro Paz, en el verano de 2018 en el cual realizo las labores de campo viendo el terreno, los materiales y fotografiando todo.

De esta manera se podía conocer de primera mano las necesidades de la población y que soluciones se podrían tomar. Se ha diseñado una nueva red de suministro con materiales actuales que van a llevar agua de calidad a las personas necesitadas. A lo largo del proyecto y después de toda la información obtenida y leída se sacan diversas conclusiones.

- 1- La elaboración y creación de este plan de proyecto como trabajo de fin de grado ha permitido obtener una mirada directa de la necesidad de poder optar a agua de calidad, algo de lo que en los países desarrollados no se tiene conciencia sobre la lucha y superación para poder conseguir agua.
- 2- La poca falta de interés por parte del gobierno dominicano en invertir en infraestructuras y desarrollo de agua potable. No hay una normativa aplicada, ni un plan estratégico bien estructurado a futuro, por lo tanto, este problema va a estar siempre presente si el gobierno no empieza a tomar medidas y las riendas en el tema de ofrecer agua de calidad a toda la población, invirtiendo sobre todo más dinero en las zonas rurales. El agua es necesario para el desarrollo humano, la base de la vida.
- 3- La realización de este proyecto se ha ubicado en una zona rural de RD, en la cual no hay muchos recursos y es una zona apartada de grandes urbes, por lo tanto, se ha optado por técnicas sencillas en lo que ha potabilización y mejora de la red de suministro se refiere. Hacer una red de saneamiento compleja traería serios problemas debido a la complejidad del sistema y la necesidad de tener conocimientos específicos de la materia.
- 4- La implementación de sistemas de abastecimiento de agua mediante fuentes centrales permite reducir enormemente el tiempo invertido diariamente en recorrer las largas distancias, lo que repercute en un derroche de energía.

13. LÍNEAS FUTURAS

Este proyecto actúa de base para futuros proyectos de potabilización en zonas rurales, esto es debido a que los pasos a seguir para elaborarlo y las técnicas y materiales para llevarlo a cabo son sencillos. Esto permite una extrapolación a otras zonas que carezcan de agua potable o necesiten de una nueva red de suministro como en el caso del municipio de Rincón, Los Felix, Los Bonillas, etc.

Solo hace falta un lugar de donde poder captar el agua, superficial o subterránea y siguiendo los pasos del plan de proyecto ir implantando un tanque, un mecanismo de potabilización y una red de tuberías hasta las fuentes que suministren agua.

14. BIBLIOGRAFÍA

- (1) ▷ Bombas de agua para pozos | Selección de modelos al mejor precio. (s. f.).

Recuperado 21 de junio de 2019, de Bombas de Agua website:

<https://www.bombas-de-agua.info/para-pozos/>

- (2) *12-recomendaciones-instalaciones-abastecimiento-agua-potable.pdf*. (s. f.).

Recuperado de <https://www.emalsa.es/legislacion/12-recomendaciones->

[instalaciones-abastecimiento-agua-potable.pdf](https://www.emalsa.es/legislacion/12-recomendaciones-instalaciones-abastecimiento-agua-potable.pdf)

- (3) Agua potable y saneamiento en RD. (2019). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*.

Recuperado de

[https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Agua potable y saneamiento en Re
p%C3%BAblica Dominicana&oldid=114697329](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Agua_potable_y_saneamiento_en_Republica_Dominicana&oldid=114697329)

- (4) Aguas subterráneas: Entre el consumo y las bacterias. (s. f.). Recuperado 4 de

junio de 2019, de www.diariolibre.com website:

[https://www.diariolibre.com/actualidad/aguas-subterrneas-entre-el-consumo-y-
las-bacterias-ANDL367676](https://www.diariolibre.com/actualidad/aguas-subterrneas-entre-el-consumo-y-las-bacterias-ANDL367676)

- (5) AQUASTAT - Sistema de Información sobre el Uso del Agua en la Agricultura de la FAO. (s. f.). Recuperado 3 de junio de 2019, de

http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/DOM/indexesp.stm

- (6) *AS04201-205_FT_PVC-U.pdf*. (s. f.). Recuperado de

https://www.salvadorescoda.com/tecnico/AS/AS04201-205_FT_PVC-U.pdf

- (7) *ATLAS-2012.pdf*. (s. f.). Recuperado de [http://ambiente.gob.do/wp-](http://ambiente.gob.do/wp-content/uploads/2016/10/ATLAS-2012.pdf)

[content/uploads/2016/10/ATLAS-2012.pdf](http://ambiente.gob.do/wp-content/uploads/2016/10/ATLAS-2012.pdf)

- (8) Base de datos AQUASTAT Base de datos - Resultados. (s. f.). Recuperado 3 de junio de 2019, de http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/results.html?regionQuery=false&showCodes=true&yearRange.fromYear=1960&yearRange.toYear=2015&varGrpIds=4150,4151,4154,4155,4156,4157,4158,4159,4160,4161,4162,4164,4165,4166,4167,4168,4169,4170,4171,4172,4173,4174,4175,4176,4177,4178,4182,4183,4184,4185,4186,4187,4188,4189,4190,4192,4193,4194,4195,4196,4197,4452,4453,4456,4471,4472,4509&cntIds=56&newestOnly=true&showValueYears=false&categoryIds=-1&XAxis=YEAR&query_type=CP&YAxis=VARIABLE&hideEmptyRowsColumns=true&lang=es
- (9) [ca949359-9b9c-f6cc-1a11-5f9a67a046bf.pdf](https://www.canaldeisabelsegunda.es/documents/20143/79037/2012_Normas_re-des_abastecimiento.pdf/ca949359-9b9c-f6cc-1a11-5f9a67a046bf.pdf). (s. f.). Recuperado de https://www.canaldeisabelsegunda.es/documents/20143/79037/2012_Normas_re-des_abastecimiento.pdf/ca949359-9b9c-f6cc-1a11-5f9a67a046bf
- (10) Cabezal hidráulico. (2018). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. Recuperado de https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Cabezal_hidr%C3%A1ulico&oldid=111950027
- (11) Calculadora: Caída de Presión en la Tubería para Agua | TLV - Compañía Especialista en Vapor (América Latina). (s. f.). Recuperado 13 de junio de 2019, de <https://www.tlv.com/global/LA/calculator/water-pressure-loss-through-piping.html>
- (12) Captación de ríos, lagos y embalses (reservorios) | SSWM - Find tools

- for sustainable sanitation and water management! (s. f.). Recuperado 3 de junio de 2019, de <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/captaci%C3%B3n-de-r%C3%ADos%2C-lagos-y-embalses-%28reservorios%29>
- (13) *CARTEL 4_4-5.pdf*. (s. f.). Recuperado de http://www.igme.es/ZonaInfantil/MateDivul/guia_didactica/pdf_carteles/cartel4/CARTEL%204_4-5.pdf
- (14) *componente45469.pdf*. (s. f.). Recuperado de http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45471/componente45469.pdf
- (15) Conducto del PVC Wye. (s. f.). Recuperado 19 de junio de 2019, de <http://www.eoplasticpipes.com/pvc-fitting/pvc-duct-fitting/pvc-duct-wye.html>
- (16) *Construcción_de_redes_de_distribución.pdf*. (s. f.). Recuperado de http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d23/044_construccion_de_redes_de_distribuci%C3%B3n/Construcci%C3%B3n_de_redes_de_distribuci%C3%B3n.pdf
- (17) *Contexto actual del agua en la Republica Dominicana.pdf*. (s. f.). Recuperado de <http://economia.gob.do/wp-content/uploads/drive/Publicaciones/Contexto%20actual%20del%20agua%20en%20la%20Republica%20Dominicana.pdf>
- (18) ¿Cuánta Agua hay Disponible en RD? -. (2016, septiembre 14). Recuperado 3 de junio de 2019, de <http://www.altolrd.com/cuanta-agua-disponible-republica-dominicana/>
- (19) D06F-AM Valvula Reductora Presión Honeywell . Repuestos clima.

- (s. f.). Recuperado 19 de junio de 2019, de climarepuestos.es website:
<http://climarepuestos.es/tienda/marcas/honeywell/d06f-am-valvula-reductora-presion-honeywell/>
- (20) d06.jpg (800×800). (s. f.). Recuperado 20 de junio de 2019, de
<http://climarepuestos.es/wp-content/uploads/2016/08/d06.jpg>
- (21) De bombeos, válvulas y presiones: los problemas y sus soluciones |
iAgua. (s. f.-a). Recuperado 13 de junio de 2019, de
<https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/bombeos-valvulas-y-presiones-problemas-y-soluciones>
- (22) Descalcificador. (2017, enero 31). Potabilizar el agua de nuestra casa.
Recuperado 17 de junio de 2019, de Descalcificador 10 website:
<https://descalcificador10.com/potabilizar-el-agua-de-nuestra-casa/>
- (23) Diario, L. (2015, abril 7). Aguas subterráneas: ¿Pureza o contaminación?
Recuperado 4 de junio de 2019, de listindiario.com website:
<https://listindiario.com/la-republica/2015/04/07/362513/aguas-subterranasnbppureza-o-contaminacion>
- (24) Domingo, S. (s. f.). *Sector de agua potable, saneamiento e higiene*. 148.
eddyhrbs. (s. f.). Impermeabilización de Tanques de Agua. Recuperado 14 de junio de 2019, de <https://www.ingenierocivilinfo.com/2010/02/impermeabilizacion-de-tanques-de-agua.html>
- (25) El “Plan hidrológico nacional” constituye un hito para el desarrollo de los recursos hídricos en el Caribe. (s. f.). Recuperado 5 de junio de 2019, de Fundación Global Democracia y Desarrollo website:

- <http://www.funglode.org/notice/el-plan-hidrologico-nacional-constituye-un-hito-para-el-desarrollo-de-los-recursos-hidricos-en-el-caribe/>
- (26) Esther Silva Gonsales. (14:58:44 UTC). *Perdida de-energia-en-tuberias-por-accesorios*. Recuperado de <https://es.slideshare.net/EstherSilvaGonsales/perdida-deenergiaentuberiasporaccesorios>
- (27) Estudio: “La RD tiene suficiente agua, pero mal distribuida”. (s. f.). Recuperado 3 de junio de 2019, de www.diariolibre.com website: <https://www.diariolibre.com/actualidad/estudio-la-repblica-dominicana-tiene-suficiente-agua-pero-mal-distribuida-FGDL793071>
- (28) *gestion.pdf*. (s. f.). Recuperado de <https://www.zaragoza.es/cont/paginas/grandesproyectos/pdf/gestion.pdf>
- (29) GmbH, R. (s. f.). VAG Válvulas para la distribución de agua. Recuperado 18 de junio de 2019, de Válvulas y soluciones para aplicaciones en acueductos , redes de distribución de agua y alcantarillados website: <https://www.vag-group.com/es/aplicaciones/distribucion-de-agua/>
- (30) Grifo PRESTO para fuente urbana con pulsador temporizado latón o cromo. (s. f.). Recuperado 17 de junio de 2019, de tapasyregistros.com website: <https://www.tapasyregistros.com/fuentes-y-bebederos/400-grifo-horizontal-para-fuente-urbana-con-pulsador-temporizado.html>
- (31) HIDROGRAFÍA DOMINICANA. (2017, agosto 10). Recuperado 3 de junio de 2019, de Red Publica Dominicana website: <https://www.redpublicadominicana.com/dominicana/hidrografia/>

- (32) iAguá, redacción. (2018, octubre 4). 13 presas en RD mejoran su seguridad y operación de embalses [Text]. Recuperado 3 de junio de 2019, de iAguá website: <https://www.iagua.es/noticias/grupo-inclam/inclam-mejora-seguridad-13-presas-republica-dominicana>
- (33) *Instrucciones-tecnicas-y-planos-para-redes-de-abastecimiento.pdf*. (s. f.). Recuperado de <http://www.emasesa.com/wp-content/uploads/2013/11/Instrucciones-tecnicas-y-planos-para-redes-de-abastecimiento.pdf>
- (34) *isanitariasutn2c.pdf*. (s. f.). Recuperado de <https://civil.frba.utn.edu.ar/2011/Materias/instalacionessanitariasygases/isanitariasutn2c.pdf>
- (35) Jeronimo, C. (s. f.). *Mecánica de Fluidos para Sistemas de Agua por Gravedad y Bombeo*. Recuperado de https://www.academia.edu/28229912/Mec%C3%A1nica_de_Fluidos_para_Sistemas_de_Agua_por_Gravedad_y_Bombeo
- (36) *J.pdf*. (s. f.). Recuperado de <http://www.sot.es/docs/tarifa/J.pdf>
- (37) León, O. de. (2018, marzo 26). Entendiendo las aguas subterráneas. Recuperado 4 de junio de 2019, de Periódico El Caribe - Mereces verdaderas respuestas website: <https://www.elcaribe.com.do/2018/03/26/opiniones/entendiendo-las-aguas-subterranas/>
- (38) LEY DE AGUAS DE LA REPUBLICA DOMINICANA. (s. f.). Recuperado 3 de junio de 2019, de

<http://www.senado.gov.do/masterlex/MLX/docs/1C/2/11/18/3001.htm>

- (39) Los sistemas de recolección de agua de lluvia | sitiosolar. (s. f.).
Recuperado 3 de junio de 2019, de <http://www.sitiosolar.com/los-sistemas-de-recoleccion-de-agua-de-lluvia/>
- (40) Manejo de recursos hídricos en la RD. (2019). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. Recuperado de
https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Manejo_de_recursos_h%C3%ADricos_en_la_Rep%C3%ABlica_Dominicana&oldid=115538466
- (41) Mapa topográfico RD, mapa de relieve, mapa de altitud. (s. f.).
Recuperado 11 de junio de 2019, de topographic-map.com website: <https://es-topographic-map.com/maps/t1yn/Rep%C3%ABlica-Dominicana/>
- (42) *MEMORIA-INAPA-2014.pdf*. (s. f.). Recuperado de
<http://www.inapa.gob.do/images/docs/SobreNosotros/Memorias/MEMORIA-INAPA-2014.pdf>
- (43) Monografias.com, I. +Lic Y. A. C. S. (s. f.). Análisis de la Ley de medio ambiente (64-00) (RD) - Monografias.com. Recuperado 5 de junio de 2019, de
<https://www.monografias.com/trabajos89/analisis-ley-medio-ambiente-64-00/analisis-ley-medio-ambiente-64-00.shtml>
- (44) *MONOGRAFICO2.pdf*. (s. f.). Recuperado de
<http://alianzaporelagua.org/documentos/MONOGRAFICO2.pdf>
- (45) Mora, O. D. (s. f.). *Presentacion de los Resultados Preliminares de las Cuentas de Agua en la Republica Dominicana*. 20.
- (46) Numero de Reynolds - Valvias. (s. f.). Recuperado 12 de junio de 2019,

- de <http://www.valvias.com/numero-de-reynolds.php>
- (47) Oficina Nacional de Estadística (ONE). (s. f.-a). Recuperado 7 de junio de 2019, de <https://www.one.gob.do/>
- (48) Oracle BI Publisher. (s. f.). Recuperado 7 de junio de 2019, de http://dwh.one.gob.do:9704/xmlpserver/Portal/Series%20Hist%C3%B3ricas/Econ%C3%B3mica/Agua%20Potable/C05-S0100003/C05-S0100003.xdo?_xpf=&_xpt=2&_xf=html&_xmode=2
- (49) *PFC_Jesus_Serrano_Alonso.pdf*. (s. f.). Recuperado de https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/5469/PFC_Jesus_Serrano_Alonso.pdf
- (50) pixel-industry. (s. f.). Medidas y diámetros de tubos de PVC | Desatrancos DNP. Recuperado 18 de junio de 2019, de <http://www.desatrancosdnp.com/blog/medidas-y-diametros-de-tubos-de-pvc/>
- (51) Presas de la RD. (2019, marzo 18). Recuperado 3 de junio de 2019, de Conectate.com.do website: <https://www.conectate.com.do/articulo/presas-republica-dominicana/>
- (52) ¿Qué es el carbón activado? (s. f.). Recuperado 17 de junio de 2019, de Carbotecnia website: <https://www.carbotecnia.info/encyclopedia/que-es-el-carbon-activado/>
- (53) Régimen laminar y turbulento. (s. f.-a). Recuperado 12 de junio de 2019, de <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/fluidos/dinamica/reynolds/reynolds.htm>
- (54) Relación Presión-Altura: Conceptos Básicos de Redes de Abastecimiento de Agua Potable | Construpedia, enciclopedia construcción. (s. f.). Recuperado 11 de junio de 2019, de

https://www.construmatica.com/construpedia/Relaci%C3%B3n_Presi%C3%B3n-

[n-](#)

[Altura: Conceptos Básicos de Redes de Abastecimiento de Agua](#)

[Potable](#)

- (55) RD | Datos y estadísticas - knoema.com. (s. f.). Recuperado 7 de junio de 2019, de Knoema website: <https://knoema.es/atlas/República-Dominicana>
- (56) *Sistema_PRESION_PVC_Ferroplast.pdf*. (s. f.). Recuperado de https://www.diceltro.com/wp-content/uploads/2017/10/Sistema_PRESION_PVC_Ferroplast.pdf
- (57) Tabla diámetros normalizados (interior y exterior) para tuberías de PVC « Agrologica – Ingeniería agrícola. (s. f.). Recuperado 18 de junio de 2019, de <http://blog.agrologica.es/tabla-diametros-normalizados-interior-y-exterior-para-tuberias-de-pvc-segun-la-presion-riego/>
- (58) *Tema9.pdf*. (s. f.-a). Recuperado de https://previa.uclm.es/area/ing_rural/Trans_hidr/Tema9.PDF
- (59) Tratamiento y potabilización del agua. (2017, diciembre 12). Recuperado 3 de junio de 2019, de Educando website: <http://www.educando.edu.do/portal/tratamiento-y-purificacion-del-agua/>
- (60) Tubería Riego Alimentaria polietileno 10 Bares -Gardeneas.com. (s. f.-a). Recuperado 19 de junio de 2019, de Gardeneas website: <https://gardeneas.com/riego-jardin/tuberia-riego-alimentaria-polietileno-10-bar-p100/>
- (61) Vaguada generando aguaceros, tronadas y ráfagas de viento en gran parte

- del país. Se emiten alertas meteorológicas. (s. f.). Recuperado 3 de junio de 2019, de <https://indrhi.gob.do/>
- (62) Valor de la presión de red pública de abastecimiento de agua • Foros de SóloIngeniería.NET. (s. f.). Recuperado 12 de junio de 2019, de <https://soloingenieria.net/foros/viewtopic.php?f=11&t=27716>
- (63) Válvula de bola de encolar 75 mm para PVC. (s. f.). Recuperado 19 de junio de 2019, de Riegoprofesional website: <https://riegoprofesional.com/fitting-de-poli-etileno/válvula-de-bola-de-encolar-75-mm-para-pvc.html>
- (64) Válvulas de Esfera PVC. 75mm. (s. f.). Recuperado 19 de junio de 2019, de <https://www.solostocks.com/venta-productos/otros-productos-plastico-caucho/valvulas-de-esfera-pvc-75mm-24956909>
- (65) Vee PVC sanitario gris 110x75mm. (s. f.-a). Recuperado 19 de junio de 2019, de <https://www.imperial.cl/vee-pvc-sanitario-gris-110x75mm/product/3325>
- (66) World Bank Climate Change Knowledge Portal | for global climate data and information! (s. f.). Recuperado 4 de junio de 2019, de <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/dominican-republic>
- (67) www.cesal.org. (s. f.). Desafíos en el sector agua y saneamiento en RD. Recuperado 3 de junio de 2019, de <https://cesal.org> website: https://cesal.org/ong/ano-2016/desafios-en-el-sector-agua-y-saneamiento-en-republica-dominicana_2791_329_3718_0_1_in.html
- (68) El informador americano, «GEÓLOGO OSIRIS DE LEÓN DICE SUMINISTRO DE AGUA A POBLACIÓN DEL GRAN SNATO DOMINGO ESTÁ EXPUESTA A FOCOS DE CONTAMINACIÓN». Accedido 24 de junio de 2019.

<http://www.elinformadordominicano.com/2015/04/geologo-osiris-de-leon-dice-suministro.html>.