

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**“EXPERIENCIA LABORAL EN LA EJECUCIÓN DE LA OBRA;  
INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y  
SANEAMIENTO PARA ONCE COMUNIDADES”**

**OMAR RODRIGO RÍOS BENDEZÚ**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÍCOLA**

**LIMA – PERÚ**

**2020**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**“EXPERIENCIA LABORAL EN LA EJECUCIÓN DE LA OBRA;  
INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO  
PARA ONCE COMUNIDADES”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

**INGENIERO AGRÍCOLA**

Presentado por:

**BACH. OMAR RODRIGO RÍOS BENDEZÚ**

Sustentado y aprobado por el siguiente jurado:

Arq. VÍCTOR EDUARDO LINARES ZAFERSON  
Presidente

Ing. CARLOS ALBERTO BRAVO AGUILAR  
Asesor

Dra. LÍA RAMOS FERNÁNDEZ  
Miembro

MSc. LIZ MARGOT PALOMINO ZEGARRA  
Miembro

LIMA – PERU

2020

## ÍNDICE

I. PRESENTACIÓN.....	1
II. INTRODUCCIÓN.....	5
III. OBJETIVOS.....	7
2.1. Objetivo general.....	7
2.2. Objetivos específicos.....	7
IV. CUERPO DEL TRABAJO.....	8
4.1. Antecedentes.....	8
4.1.1. Descripción de la empresa.....	8
4.1.2. Experiencia en la empresa.....	8
4.1.3. Servicios de agua potable y saneamiento en el país.....	8
4.1.4. Proyectos de agua potable y saneamiento y la carrera de ingeniería agrícola.....	9
4.2. Experiencia laboral en la obra.....	9
4.2.1. Funciones asignadas.....	9
4.2.2. Organigrama de obra.....	10
4.2.3. Resultados esperados.....	11
4.3. Descripción del proyecto.....	12
4.3.1. Ubicación del proyecto.....	12
4.3.2. Descripción de la zona del proyecto.....	14
4.4. Marco teórico.....	17
4.4.1. Sistema de abastecimiento de agua potable.....	17
4.4.2. Captación.....	18
4.4.3. Línea de conducción.....	21
4.4.4. Planta de tratamiento de agua potable.....	24
4.4.5. Reservorio.....	25
4.4.6. Línea de aducción.....	25
4.4.7. Sistema de distribución.....	28
4.4.8. Conexión domiciliaria.....	30
4.4.9. Principales sistemas rurales de saneamiento.....	31

4.4.10. Biodigestor autolimpiable .....	32
4.4.11. Obra pública .....	32
4.4.12. Formas de ejecución de obra pública .....	33
4.4.13. Sistemas de contratación de obra pública .....	33
4.4.14. Inicio del plazo de ejecución de obra .....	33
4.4.15. Adelantos otorgados al contratista .....	34
4.4.16. Cuaderno de obra .....	34
4.4.17. Residente de obra .....	35
4.4.18. Valorización .....	35
4.4.19. Prestaciones adicionales y reducciones .....	35
4.4.20. Ampliación del plazo contractual.....	35
4.4.21. Suspensión del plazo de ejecución de obra .....	35
4.4.22. Culminación de obra .....	36
4.4.23. Recepción de obra .....	36
4.4.24. Liquidación del contrato de obra.....	36
4.5. Metodología .....	36
4.6. Casos .....	37
4.6.1. Caso I. Estructura de captación .....	40
4.6.2. Caso II. Línea de conducción .....	53
4.6.3. Caso III. Reservorios.....	56
4.6.4. Caso IV. Línea de aducción .....	60
4.6.5. Caso V. Redes de distribución de agua. ....	62
4.6.6. Caso VI. Unidades básicas de saneamiento .....	65
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	69
5.1. CONCLUSIONES .....	69
5.2. RECOMENDACIONES.....	71
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	72

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resumen de metas del proyecto .....	17
Tabla 2: Selección del proceso de tratamiento del agua para consumo humano.....	24
Tabla 3: Principales sistemas rurales de saneamiento .....	32

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Organigrama de obra .....	11
Figura 2: Ubicación política I .....	13
Figura 3: Sistema de abastecimiento de agua potable .....	16
Figura 4: Barraje fijo sin canal de derivación .....	20
Figura 5: Línea de conducción .....	21
Figura 6: Línea gradiente hidráulica de la aducción a presión .....	26
Figura 7: Redes de distribución .....	27
Figura 8: Biodigestor autolimpiable .....	33
Figura 9: Barraje mixto (Fijo y Móvil) .....	43
Figura 10: Opciones de rutas hacia la captación .....	44
Figura 11: Infraestructura ideal en el curso del río .....	52
Figura 12: Infraestructura no recomendable en el curso del río .....	52
Figura 13: Vista en planta de los aleros .....	53

## **RESUMEN**

La presente monografía, describe la experiencia en labores de la ingeniería agrícola, en la ejecución de la obra pública; “Instalación del sistema de agua potable y saneamiento para once comunidades del distrito de Nuevo Progreso, provincia de Tocache y departamento de San Martín”, con código SNIP 248680. La cual se ejecutó entre los años 2017 y 2018.

Teniendo conocimiento que en el Perú la cobertura y calidad de los servicios básicos de agua potable que se brindan entre las áreas urbana y rural es abismal, por lo que se requiere la atención necesaria en localidades cuyas poblaciones son afectadas por enfermedades gastrointestinales producto del consumo de agua sin tratamiento, provenientes de los manantiales o acequias, lo que trae consigo la desnutrición infantil y secuelas posteriores en su calidad de vida.

La metodología utilizada en el presente trabajo consistió en la descripción de los problemas presentados durante la ejecución de la obra pública. Además de ello se despliega la respuesta ante las dificultades enumerados por casos, dichas respuestas forman parte de la experiencia laboral profesional, como ingeniero agrícola, apoyado en la educación impartida por la facultad de ingeniería agrícola en los cinco años de carrera, en la Universidad Nacional Agraria La Molina.

De este trabajo se desprende la importancia del ingeniero agrícola, para solucionar problemas de la población en el ámbito rural, basado en sus conocimientos en infraestructura rural y la ingeniería hidráulica principalmente.

## **I. PRESENTACIÓN**

De acuerdo a la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional Agraria La Molina, en su catálogo general, menciona que la actividad profesional del ingeniero agrícola está enmarcada dentro de los aspectos de planeamiento, gestión, diseño, ejecución y supervisión de proyectos de ingeniería (UNALM, 2016, p.10). Así mismo menciona que los campos de acción del ingeniero agrícola son los siguientes:

- Infraestructura social: Abastecimiento de agua y saneamiento, electrificación y caminos vecinales.
- Hidrología e hidráulica: Presas, canales, sistemas de riego y drenaje.
- Proyectos y drenaje vial: Alcantarillas, puentes, cunetas, sub-drenaje, socavación y defensas ribereñas.
- Mecanización agrícola: Agricultura de precisión y de conservación, administración y operación de maquinaria.
- Construcciones rurales: Viviendas, invernaderos, granjas, silos y almacenes.
- Ordenamiento territorial: Geodesia, manejo y gestión de cuencas.
- Calidad del agua: Tratamiento y re-uso del agua.
- Impacto ambiental y energías renovables.

En vista de lo antes mencionado, la presente monografía da a conocer la experiencia profesional, en labores propias de la carrera de ingeniería agrícola, que se efectuara en la ejecución de la obra pública: “Instalación del sistema de agua potable y saneamiento para once comunidades del distrito de Nuevo Progreso, provincia de Tocache, departamento de San Martín”, con código SNIP 248680. La cual se ejecutó entre los años 2017 y 2018.

La empresa; Riegos Newrain Sociedad Limitada Sucursal Perú, para la que se prestó los servicios profesionales cuenta con una experiencia de más de 40 años en todo tipo de instalaciones de riego, redes de agua potable, EDAR (estación depuradora de agua residuales) y potabilizadoras de agua. En Perú la empresa viene operando desde el año 2013, ejecutando obras en el sector público y privado. Especializada en proyectos de riego tecnificado, construcción de canales para riego, obras civiles y proyectos de agua y saneamiento.

Comencé a laborar en la empresa en noviembre del año 2014, prestando los servicios en la ejecución y/o construcción de obras, en calidad de asistente del ingeniero residente de obra. Posteriormente participe en distintos proyectos que la empresa ha ejecutado, contratando con el sector público y privado, hasta octubre del 2018, esto de manera ininterrumpida. Siempre en labores propias de la carrera de ingeniería agrícola, ejecutando obras civiles, instalación de riego tecnificado, canalización de agua para riego y obras de saneamiento.

En la obra pública; “Instalación del sistema de agua potable y saneamiento para once comunidades del distrito de Nuevo Progreso, provincia de Tocache, departamento de San Martín”, participe como coordinador de obra a la vez de representante común del Consorcio Newrain Progreso (contratista de la obra), ante la Municipalidad Distrital de Nuevo Progreso.

Mis funciones desempeñadas como coordinador de obra - representante común del consorcio, fueron las siguientes: Coordinar el inicio de obra, en aplicación a lo establecido en la ley de contrataciones del estado y su reglamento, participar en la compatibilidad del expediente técnico (contrastándolo en el terreno), coordinar con las diversos frentes de trabajo para la ejecución de obras, coordinar la contratación de subcontratistas y maquinaria para la obra, coordinar permanentemente con el área legal del consorcio temas técnicos, contractuales y legales, revisar las valorizaciones mensuales de avance de la obras, revisar y tramitar los adicionales, reducciones y/o presupuestos deductivos de obra, revisar y tramitar la aprobación de ampliaciones de plazo, controlar el cumplimiento de los hitos y metas de las obras, participar en reuniones de coordinación con la supervisión y con los representantes de la Municipalidad distrital de Nuevo Progreso, convocar a reuniones ante contratiempos que se susciten con el equipo técnico de ejecución de obras, organizar y participar en las diversas reuniones

informativas a solicitud de los diversos representantes de las comunidades, otras que se dan en cumplimiento a mi representación.

La misión de la facultad de ingeniería agrícola, es la de formar profesionales de excelencia en ingeniería basada en la enseñanza y la investigación principalmente, bajo el soporte de sus distintos departamentos académicos y guiados por la estructura curricular, acorde a las necesidades de la realidad laboral. La ejecución de una obra, es un proceso técnico, financiero y administrativo-legal, para lo cual los egresados de la carrera de Ingeniería Agrícola, deben manejar mínimamente los términos nombrados en la documentación. Tenemos pues que lograr entender y analizar los distintos estudios presentes en los expedientes técnicos de una obra: topográfico, agrológico, suelos, canteras y fuentes de agua, hidrología e hidráulica, geología y geotecnia, estructuras, impacto ambiental, entre otros.

Es por ello que valió de muy buena base, la educación impartida en la universidad. Por ejemplo, los cursos obligatorios de topografía I y II y el curso electivo de topografía III, para la revisión y comprensión de los estudios topográficos; esto siempre complementado con el curso de dibujo en ingeniería, donde se dio el inicio a la capacitación en el curso de AutoCAD para la realización de los planos.

El estudio y comportamiento de los suelos es fundamental en las obras de ingeniería, para lo cual fue de vital importancia el curso de mecánica de suelos y el curso de geología y geotécnica, donde se proporcionó los fundamentos teóricos y prácticos del comportamiento del suelo y rocas. Además, siempre complementados con el curso de materiales de construcción, donde se evalúa las propiedades de los materiales usados en la construcción tales como el cemento, los agregados, el acero, etc. Así también para el estudio de las canteras y fuentes de agua aptas para la construcción.

En diseño estructural, se dieron las bases para comprender y analizar los estudios de estructuras. Es por ello la importancia el curso de concreto reforzado.

Como especialistas en la gestión y aprovechamiento de los recursos hídricos, esta no es ajena a la obra pública, donde se presentan los estudios de hidráulica e hidrología. Hubo la necesidad

de revisar estudios hidrológicos para la ubicación de fuentes de agua, obras de arte, etc. Así también analizar estudios hidráulicos para determinar calidad de las tuberías, diseños de pases aéreos, diseños de obras de arte, etc. La base de los conocimientos, fueron los cursos de hidráulica, estructuras hidráulicas I, hidrología, etc.

También cabe mencionar los cursos de proyectos de inversión, técnicas de la construcción y administración de maquinaria, que son un complemento valioso para correcta ejecución de los proyectos.

Por último, mencionar que se cursó los cursos electivos de abastecimiento de agua potable y manejo de aguas residuales, donde proporcionaron conocimiento para proyectar, diseñar y ejecutar obras de abastecimiento de agua potable y sistemas de alcantarillado sanitario para la evacuación de aguas residuales, así también los distintos métodos de tratamientos de aguas residuales. Cursos que sirvieron de base técnica para la realización de la obra del cual trata esta monografía.

## II. INTRODUCCIÓN

Uno de los campos de acción del ingeniero agrícola, es el de la participación en la infraestructura social; abastecimiento de agua y saneamiento, electrificación y caminos vecinales. Estos proyectos se dan en beneficio de las poblaciones para cubrir sus necesidades básicas. En el caso de abastecimiento de agua y saneamiento principalmente es el cubrir la salud del individuo.

La cobertura y calidad de los servicios básicos de agua potable que se brindan entre las áreas urbana y rural es abismal, por lo que se requiere que los esfuerzos de los gobernantes orienten su atención a las zonas rurales con localidades o centros poblados cuyas poblaciones son afectadas por enfermedades gastrointestinales producto del consumo de agua sin tratamiento, provenientes de los manantiales o acequias, lo que trae consigo la desnutrición infantil y secuelas posteriores en su calidad de vida.

En el Perú, según el plan nacional de saneamiento, los servicios de agua potable y saneamiento básico son deficitarios en el área rural, siendo el déficit de servicios de agua potable en 28.8% y el saneamiento básico en 75.4%; para ello, se pretende implementar las políticas en el sector (MVCS, 2017, p.53).

Las once comunidades del distrito de Nuevo Progreso, provincia de Tocache y región de San Martín; antes del 2017 no habían recibido atención a sus peticiones por las autoridades, con respecto a la infraestructura sanitaria. Se convierte entonces el proyecto; “Instalación del sistema de agua potable y saneamiento para once comunidades del distrito de Nuevo Progreso, provincia de Tocache, departamento de San Martín”, en la oportunidad para solucionar sus problemas reflejados en la salud, principalmente.

Bajo este contexto, el presente trabajo dará a conocer las labores que realiza un ingeniero agrícola, en el proyecto multidisciplinario de abastecimiento de agua potable y saneamiento, partiendo de su formación ligada a la ingeniería hidráulica y las construcciones rurales. Esto, comentado según el proceso constructivo de la obra; las problemáticas surgidas y las soluciones aplicadas, fundamentadas en la educación impartida por la facultad de ingeniería agrícola, de La Universidad Nacional Agraria La Molina.

### **III. OBJETIVOS**

#### **2.1. Objetivo general**

- Dar a conocer las labores profesionales acordes a la carrera de ingeniería agrícola, en la ejecución de la obra; “Instalación del sistema de agua potable y saneamiento para once comunidades del distrito de Nuevo Progreso, provincia de Tocache, departamento de San Martín”

#### **2.2. Objetivos específicos**

- Explicar el proyecto; “Instalación del sistema de agua potable y saneamiento para once comunidades del distrito de Nuevo Progreso, provincia de Tocache, departamento de San Martín”,
- Analizar la importancia de las funciones del coordinador de obra, para el proyecto; “Instalación del sistema de agua potable y saneamiento para once comunidades del distrito de Nuevo Progreso, provincia de Tocache, departamento de San Martín”.

## **IV. CUERPO DEL TRABAJO**

### **4.1. Antecedentes**

#### **4.1.1. Descripción de la empresa**

Riegos Newrain Sociedad Limitada Sucursal Perú, inicio sus operaciones en Perú el año 2013; cuenta con una experiencia de más de 40 años en todo tipo de instalaciones de riego, redes de agua potable, EDAR y potabilizadoras de agua, siendo sus divisiones de proyectos las siguientes: división agricultura, división agua potable y saneamiento y división obra civil.

#### **4.1.2. Experiencia en la empresa**

Comencé a laborar en la empresa en noviembre del año 2014, prestando servicios en la ejecución y/o construcción de obras, en calidad de asistente del ingeniero residente de obra. Luego participando en distintos proyectos que la empresa ha ejecutado, contratando con el sector público y privado, hasta octubre del 2018, esto de manera ininterrumpida. Siempre en labores propias de la carrera de ingeniería agrícola, participando en la ejecución de obras de instalación de riego tecnificado, obras de canalización de agua para riego, obras civiles y obras de saneamiento.

#### **4.1.3. Servicios de agua potable y saneamiento en el país**

De acuerdo a las proyecciones del Instituto Nacional de Estadística e Informática, expuestas en el Plan Nacional de Saneamiento, en el año 2016, el Perú tuvo una población estimada de 31,4 millones de habitantes, de los cuales, el 77.2 % corresponde al ámbito urbano, mientras que el 22.8 % al ámbito rural. Las estimaciones de coberturas registradas señalan que, en el ámbito urbano, el 94.5 % del total de habitantes cuenta con los servicios de agua potable y el 88.3 % con servicio de alcantarillado. De otro lado, de 71.2 % en agua potable y 24.6 % en alcantarillado. De acuerdo a ello, 3,4 y 8,3 millones de peruanos no tienen acceso a los servicios de agua potable y alcantarillado, en los ámbitos urbano y rural, respectivamente (MVCS, 2017, p.53).

#### **4.1.4. Proyectos de agua potable y saneamiento y la carrera de ingeniería agrícola**

La actividad profesional del ingeniero agrícola está enmarcada dentro de los aspectos de planeamiento, gestión, diseño, ejecución y supervisión de proyectos de ingeniería, en el manejo y aprovechamiento racional de los recursos hídricos, el planeamiento y construcción de obras de infraestructura; la mecanización agrícola y agroindustrial (UNALM, 2016, p.10).

Uno de los campos de acción del ingeniero agrícola, es la infraestructura social; abastecimiento de agua potable y saneamiento, basado en una estructura curricular comprendida por asignaturas de formación en ciencias e ingeniería y soportado por tres departamentos académicos: departamento académico de mecanización y energía, departamento académico de ordenamiento territorial y construcción y departamento académico de recursos hídricos (UNALM, 2016, p.10-11).

En la actualidad el ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, está obviando a los ingenieros agrícolas en los distintos proyectos del ministerio, desconociendo su competencia como residente de obra y supervisor de proyectos en ingeniería, en el ámbito rural.

#### **4.2. Experiencia laboral en la obra**

En la obra pública; “Instalación del sistema de agua potable y saneamiento para once comunidades del distrito de Nuevo Progreso, provincia de Tocache, departamento de San Martín”, participé como Coordinador de obra y representante común del Consorcio Newrain Progreso, ante la Municipalidad Distrital de Nuevo Progreso.

##### **4.2.1. Funciones asignadas**

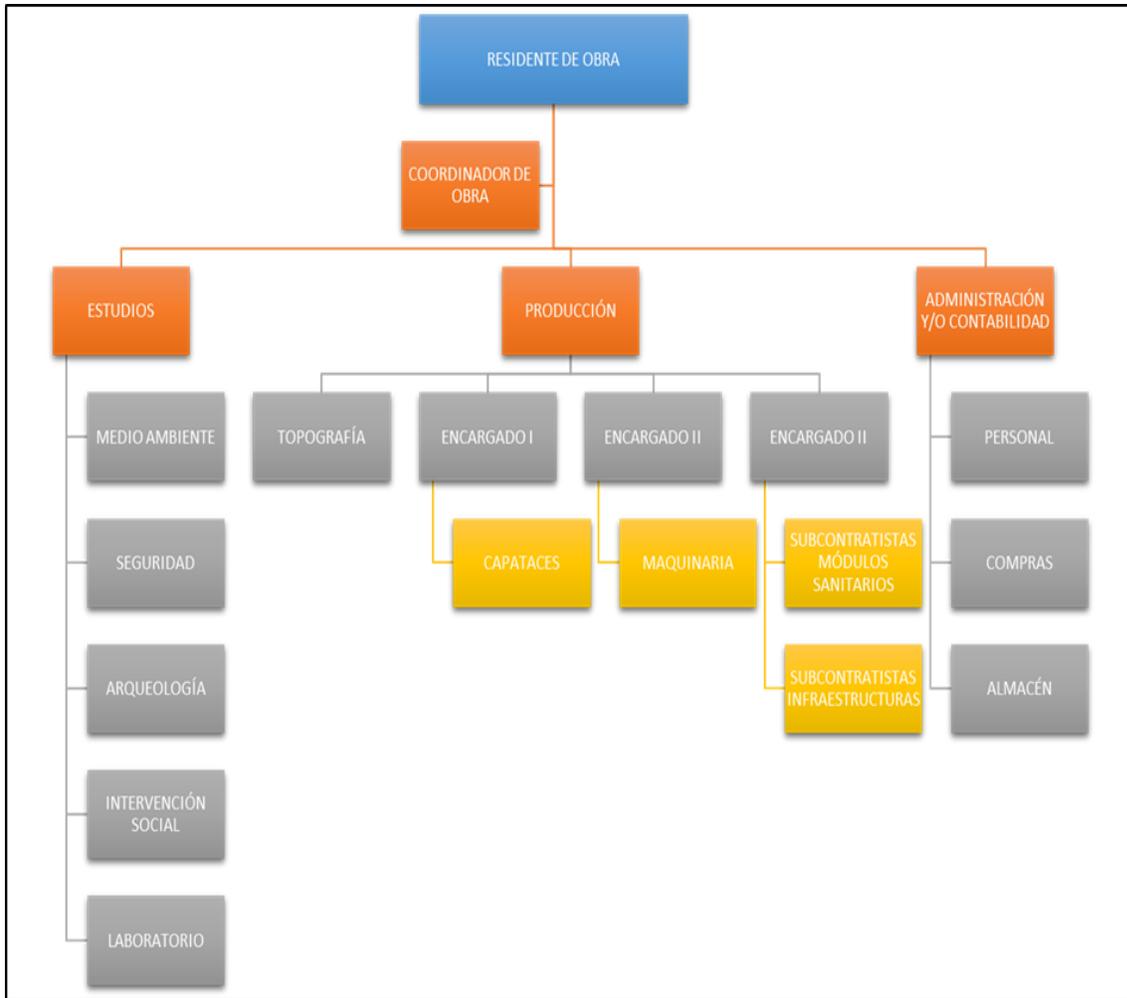
Las funciones asignadas fueron las siguientes:

- Coordinar el inicio de obra, en aplicación a lo establecido en la ley de contrataciones del estado y su reglamento.
- Participar en la compatibilidad del expediente técnico (contrastándolo en el terreno).
- Coordinar con los diversos frentes de trabajo para la ejecución de obras.

- Coordinar la contratación de subcontratistas y maquinaria para la obra.
- Coordinar permanentemente con el área legal del consorcio temas técnicos, contractuales y legales.
- Revisar las valorizaciones mensuales, de avance de las obras, en proceso de ejecución de las mismas.
- Revisar y tramitar los adicionales, reducciones y/o presupuestos deductivos de obra.
- Revisar y tramitar la aprobación de ampliaciones de plazo.
- Controlar el cumplimiento de los hitos y metas de las obras.
- Participar en reuniones de coordinación con la supervisión y con los representantes de la Municipalidad Distrital de Nuevo Progreso (MDNP).
- Convocar a reuniones ante contratiempos que se susciten con el equipo técnico de ejecución de obras.
- Organizar y participar en las diversas reuniones informativas a solicitud de los diversos representantes de las comunidades.

#### **4.2.2. Organigrama de obra**

La figura 1. representa la organización del personal técnico en obra.



**Figura 1: Organigrama de obra**

#### 4.2.3. Resultados esperados

Se espera del personal técnico la correcta ejecución de la obra; técnica, económica y administrativamente, en un tiempo determinado. Y en forma particular como coordinador de obra – representante del contratista, el de controlar las metas propuestas en los distintos frentes de trabajo, proponer soluciones ante eventualidades, revisar las valorizaciones mensuales y consensuarlas con la supervisión, posibilitar la documentación necesaria para la correcta ejecución de la obra, tales como; adicionales, reducciones y/o presupuestos deductivos de obra, ampliaciones de plazo, entre las principales.

### **4.3. Descripción del proyecto**

Según expediente técnico; el proyecto consiste en captar las aguas de la naciente de la quebrada Pacotillo, mediante una estructura de captación del tipo manantial de ladera. Se construirán 02 reservorios de sección circular. El primer reservorio servirá para almacenar agua que será usado por las Comunidades de Palmeras, San Pedro y Río Blanco; El segundo, servirá para almacenar agua que será usado por los poblados de Guantánamo, Independencia, Nueva Piura, Pacota, Nuevo Nazaret, Fray Martín, Río Uchiza y Manteca. Desde los reservorios hasta las redes de distribución de las 11 comunidades, se instalará una línea de aducción. Se instalarán redes de distribución en todos los poblados beneficiarios. En el sistema de desagüe y tratamiento superficial se construirán 1212 módulos sanitarios, los cuales consiste en un baño completo que consta de inodoro, ducha, lavatorio de losa y un lavadero de ropa de concreto armado. El modulo estará conectado al sistema de distribución de agua potable, y las aguas servidas serán enviadas a un tanque biodigestor, para ser tratadas y posteriormente liberados en una zanja de infiltración (Proyecto Especial Huallaga Central y Bajo Mayo, 2017).

#### **4.3.1. Ubicación del proyecto**

La ubicación política es la siguiente:

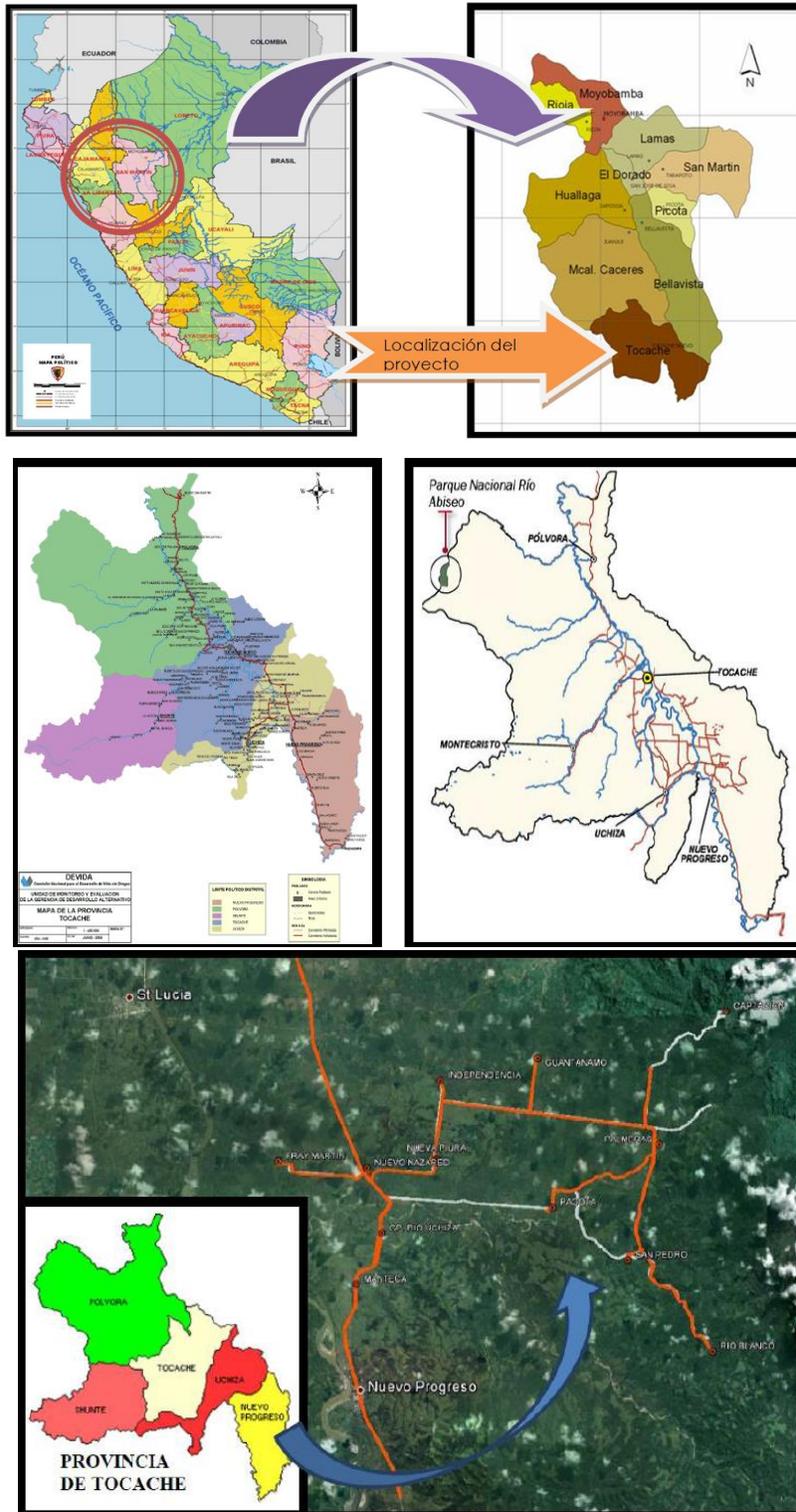
Departamento : San Martín

Provincia : Tocache

Distrito : Nuevo Progreso

Comunidades : Las Palmeras, San Pedro, Río Blanco, Guantánamo, Independencia, Nueva Piura, Pacota, Nazaret, Fray Martín, Río Uchiza y Manteca.

Así también podemos notar la ubicación de manera gráfica, en la figura 2.



**Figura 2: Ubicación política**  
**Fuente: Proyecto Especial Huallaga Central y Bajo Mayo, 2017.**

### **4.3.2. Descripción de la zona del proyecto**

Según el expediente técnico, el área de influencia del proyecto, está situado en la región Nor-Oriente del Perú, geográficamente se ubica entre los paralelos 14°15'17" y 14°28'13" de latitud sur y los meridianos 73°53'03" y 74°12'12" de longitud oeste, con una altitud promedio de 485 msnm. El distrito de Nuevo Progreso es la localidad punto de partida del proyecto, para después unir las localidades de Las Palmeras, San Pedro, Río Blanco, Guantánamo, Independencia, Nueva Piura, Pacota, Nazaret, Fray Martín, Río Uchiza y Manteca, estas localidades ubicadas a los alrededores del Distrito de Nuevo Progreso y se acceden mediante carreteras de penetración. La Región San Martín se encuentra ubicado en la Selva Alta del Nor-Oriente Peruano, entre los paralelos 5°24' y 8°47' de latitud sur a partir del Ecuador y los meridianos 75°27' y 77°84' de longitud oeste. Limita por el Norte con el departamento de Loreto, por el Este con los departamentos de Loreto y Huánuco, por el Sur con el Departamento de Huánuco y por el Oeste con los departamentos de La Libertad y Amazonas. Contiene territorios de selva alta y baja (Proyecto Especial Huallaga Central y Bajo Mayo, 2017).

#### **a. Vías de accesos**

El acceso a estas localidades, desde la ciudad de Tarapoto por vía terrestre, se logra por medio de la carretera Fernando Belaunde Terry Sur, pasando por las localidades de Picota (58 km carretera asfaltada), Bellavista (100 km carretera asfaltada), Juanjui (135 Km carretera asfaltada), Campanilla (180 Km carretera afirmada), Nuevo Jaén (210 Km carretera asfaltada), Pizana (271 Km carretera afirmada), Tocache (315 km), llegando luego a la Localidad de Nuevo Progreso, ubicado a 365 km al Sur de la Ciudad de Tarapoto y que es la capital del distrito de Nuevo Progreso, que es a donde pertenecen las localidades a la cual beneficiara este proyecto. El tiempo aproximado de viaje por vía terrestre desde la ciudad de Tarapoto hasta la ciudad de Nuevo Progreso de aproximadamente 7 horas (Proyecto Especial Huallaga Central y Bajo Mayo, 2017).

## **b. Clima**

El clima del Distrito de Nuevo Progreso, Provincia de Tocache varía de húmedo y cálido en las áreas bajas de planicies y lomadas del sector central de la cuenca, hasta muy húmedo y templado frío en las montañas. Una característica fundamental del sector es el exceso de humedad, que da lugar a escorrentía todo el año, bajo la forma de arroyuelos, riachuelos y ríos de regímenes continuos. De esta manera, la escorrentía hídrica constituye el principal factor para el potencial desarrollo de la actividad agropecuaria de la zona (Proyecto Especial Huallaga Central y Bajo Mayo, 2017).

El clima húmedo abarca el sector aluvial sur del río Huallaga. Los climas muy húmedos y súper húmedos se desplazan hacia los sectores de montaña, especialmente en el sector occidental de Nuevo Progreso. Las localidades de influencia del proyecto (Fray Martín, Río Uchiza, Manteca, Nueva Nazaret, Nuevo Piura, Guantánamo, Independencia, Pacota, San Pedro, Río Blanco y Palmeras) presentan un clima tropical permanentemente húmedo y cálido; la temperatura mínima es de 18°C, la media es de 25°C y la máxima de 31°C. La precipitación pluvial anual es superior a los 2,900 mm, con clara disminución durante la temporada de sequías (Proyecto Especial Huallaga Central y Bajo Mayo, 2017).

## **c. Relieve**

EL distrito posee suelos de diversos relieves, distribuidos en un 26% de valles, 22% de cerros, 21% de lomas, 21% de laderas, 5% son islas y 5% son cascadas. El relieve de la zona donde se ejecutará el proyecto, siendo accidentado en los pueblos cercanos a la captación (Palmeras, San Pedro y Río Blanco), semi ondulada en los poblados de Pacota, Guantánamo y Río Uchiza, y plana en el resto de comunidades beneficiarias del proyecto. (Proyecto Especial Huallaga Central y Bajo Mayo, 2017)

## **d. Geología**

La evaluación geológica, descrita en el estudio de suelos, fue realizada con el fin de establecer las características geomorfológicas, lito estratigráficas, geodinámicas estructurales y propiedades físico mecánicas de los suelos existentes en la zona de estudio (Proyecto Especial Huallaga Central y Bajo Mayo, 2017).

La morfológicamente la región de San Martín constituye una de las zonas más complejas del Perú. Debido a su gran diversidad en relieves se han logrado diferenciar 2 grandes unidades morfo estructurales, la primera correspondiente a la Cordillera de los Andes, con sus dos fases diferenciables: la Cordillera Oriental y la Cordillera Sub andina, está última subdividida en Cordillera Azul, Cordillera Escalera y Cordillera Cahuapanas. Y una segunda gran unidad representada por la Llanura Amazónica (Proyecto Especial Huallaga Central y Bajo Mayo, 2017).

#### **e. Hidrología**

La quebrada “Pacotillo” recorre la parte norte del Centro poblado Palmeras, Guantánamo, Independencia y tiene sus inicios a una altura aproximada de los 900 msnm en el cerro Pacotillo y recorre de SO a NE, ya en la parte media a la altura de la población de Guantánamo, Independencia va paralelo hasta desembocar en el río Huallaga en la parte norte del sector. De 10 m de ancho promedio, es una quebrada no muy profunda (1.20m de profundidad máxima y 0.40m, de profundidad media), su cauce está predominantemente conformado de material pedregoso; sin embargo, parte de sus riberas del sector bajo presenta material areno-arcilloso (Proyecto Especial Huallaga Central y Bajo Mayo, 2017).

#### **4.3.1. Datos generales del proyecto**

Obra	: “Instalación del sistema de agua potable y saneamiento para once comunidades del distrito de Nuevo Progreso, provincia de Tocache, departamento de San Martín”.
Titular del Proyecto	: Municipalidad Distrital de Nuevo Progreso
Código SNIP	: 248680
Proceso de Selección	: Licitación Pública N° 01-2017 MDNP/CS
Modalidad de Ejecución	: Contrata
Sistema de Contratación	: A Precios Unitarios
Supervisión	: Consorcio San Martín
Contratista	: Consorcio Newrain Progreso

Presupuesto Contratado : S/. 15,146,694.00 (Quince Millones Ciento Cuarenta y Seis Mil Seiscientos Noventa y Cuatro con 00/100 Soles) Incluido IGV.

Presupuesto Reformulado : S/. 15,244,647.00 (Quince Millones Doscientos Cuarenta y Cuatro Mil Seiscientos Cuarenta y Siete con 00/100 Soles) Incluido IGV.

Inicio Plazo Contractual : 14 de diciembre del 2017

Plazo de Ejecución : Ciento Ochenta (180) días calendario

Termino Plazo Contractual : 11 de junio del 2018

Ampliación de Plazo : Ciento treinta y uno (131) días calendario

Termino de Obra Reprogramado: 20 de octubre de 2018

#### 4.3.2. Resumen de metas del proyecto

La Tabla 1, muestra las principales metas del proyecto.

**Tabla 1. Resumen de metas del proyecto**

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad
1	Captación	Unid.	1.00
2	Reservorios	Unid.	2.00
2.01	Reservorio de 70m3 y Caseta de Válvula	Unid.	1.00
2.02	Reservorio de 90m3 y Caseta de Válvula	Unid.	1.00
3	Línea de Conducción	ml	4,832.00
4	Línea de Aducción	ml	33,771.00
5	Redes de Distribución	ml	22,791.00
6	Conexiones Domiciliarias de Agua	Unid.	1212.00
7	Módulos Sanitarios	Unid.	1212.00
8	Mitigación Ambiental	Glb.	1.00
9	Capacitación	Glb.	1.00

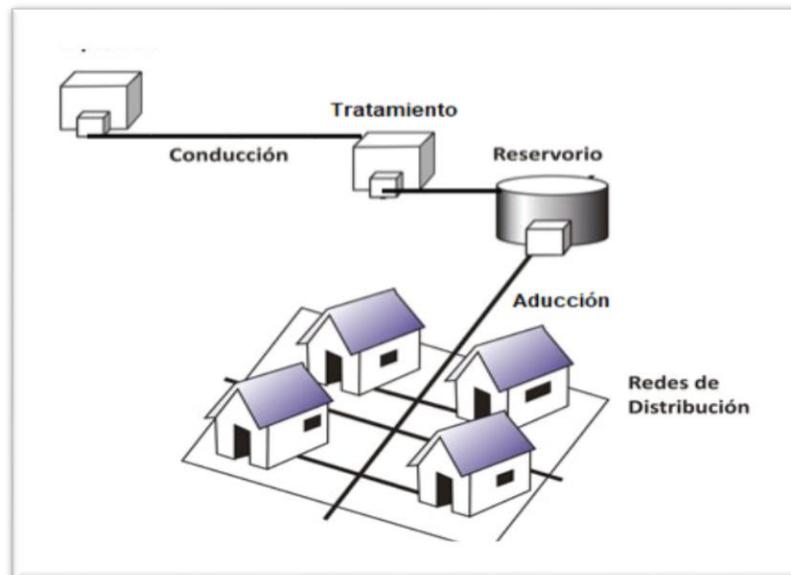
Fuente: Proyecto Especial Huallaga Central y Bajo Mayo, 2017.

#### 4.4. Marco teórico

##### 4.4.1. Sistema de abastecimiento de agua potable

Un sistema de abastecimiento de agua potable está conformado por una serie de estructuras (captación, conducción, tratamiento, almacenamiento, aducción y distribución) que serán diseñadas adecuadamente según la función que desempeñan de acuerdo a los diferentes

parámetros; periodo de diseño, consumo y dotación, población y área de diseño. (Moya, 2000,p. 42). La Figura 3 representa a grandes rasgos el sistema de abastecimiento de agua potable.



**Figura 3: Sistema de abastecimiento de agua potable.**

#### **4.4.2. Captación**

La captación es el punto donde se inicia el sistema de abastecimiento. Estas obras tienen la finalidad de proveer el caudal necesario para una población, debiendo cumplir las condiciones de calidad y cantidad de agua para satisfacer completamente las necesidades de la población. (Moya, 2000, p. 90).

Según Norma OS.010 del Reglamento Nacional de Edificaciones, el diseño de las obras deberá garantizar como mínimo la captación del caudal máximo diario necesario protegiendo a la fuente de la contaminación. Tipos de fuentes: aguas superficiales, aguas subterráneas y aguas de lluvia. (Vásquez, 2020)

##### **a. Aguas superficiales**

Se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones generales:

- Las obras de toma que se ejecuten en los cursos de aguas superficiales, en lo posible no deberán modificar el flujo normal de la fuente, deben ubicarse en zonas que no causen

erosión o sedimentación y deberán estar por debajo de los niveles mínimos de agua en periodos de estiaje.

- Toda toma debe disponer de los elementos necesarios para impedir el paso de sólidos y facilitar su remoción, así como de un sistema de regulación y control. El exceso de captación deberá retornar al curso original.
- La toma deberá ubicarse de tal manera que las variaciones de nivel no alteren el funcionamiento normal de la captación.

#### **b. Componentes del sistema de captación de agua**

Según Norma Técnica de Diseño: Opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural del Ministerio de Vivienda y Construcción y Saneamiento. Existen los siguientes tipos de captaciones: barraje fijo sin canal de derivación, barraje fijo con canal derivación, balsa flotante, Caisson, manantial de ladera, manantial de fondo, galería filtrante y pozos (MVCS, 2018, p. 36).

- **Barraje fijo sin canal de derivación.** - Las bocatomas de barraje fijo son aquellas que tienen una presa sólida, para elevar el tirante frente a las compuertas de captación, tanto en épocas de avenida y en estiaje. Esta alternativa es posible cuando el régimen del río es uniforme y la capacidad de captación de la toma es menor que la descarga promedio del río, por lo que no es necesario ninguna regulación, ya que el exceso de agua pasará encima de la presa. La Figura 4 muestra un barraje fijo sin canal de derivación (MVCS, 2018, p. 36).

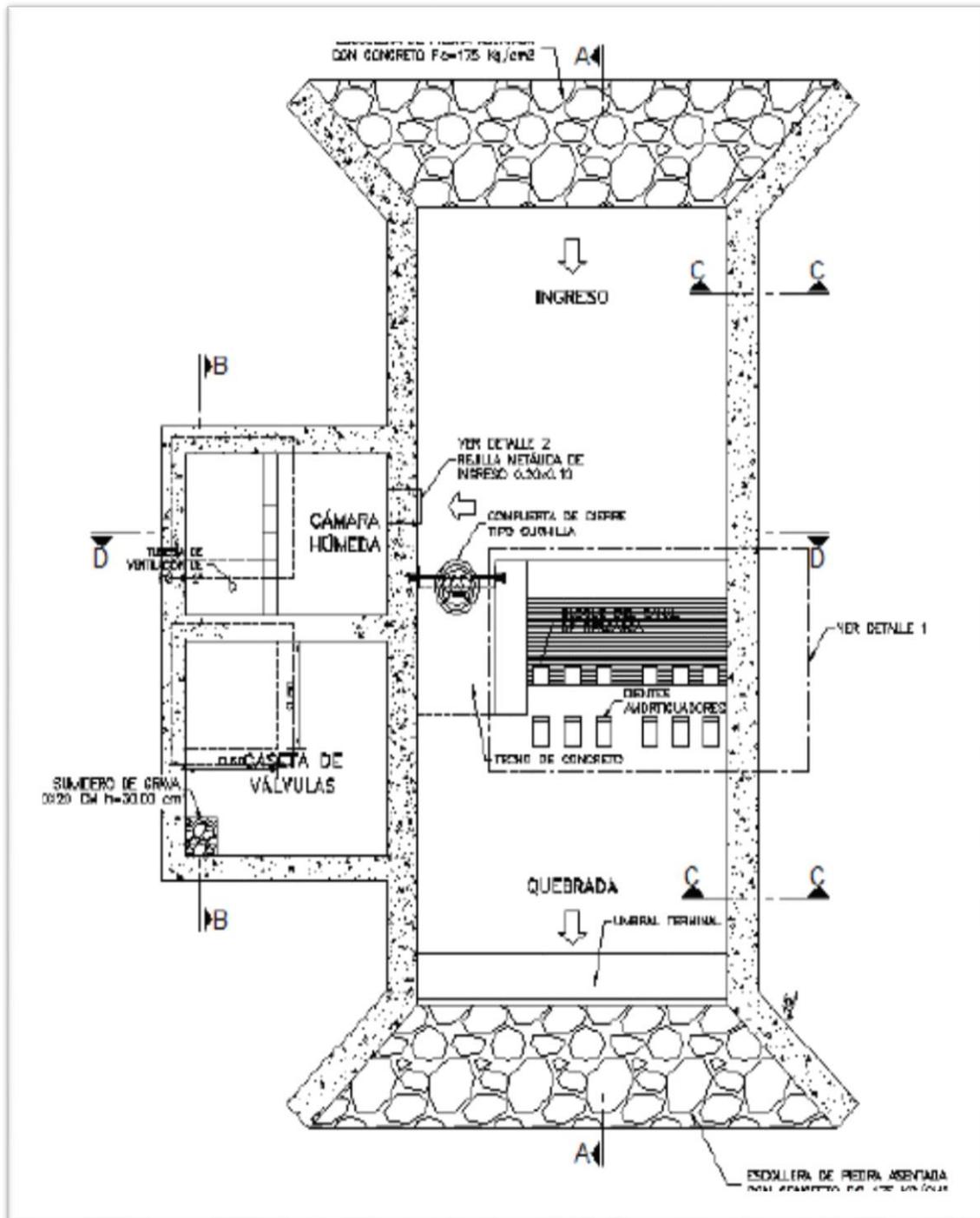


Figura 4: Barraje fijo sin canal de derivación  
Fuente: MVCS, 2018

#### 4.4.3. Línea de conducción

La línea de conducción en un sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad es el conjunto de tuberías, válvulas, accesorios, estructuras y obras de arte encargados de la conducción del agua desde la captación hasta el reservorio o planta de tratamiento de agua potable, aprovechando la carga estática existente. (Agüero, 2003, p. 53). Se representa la línea de conducción en la Figura 5.

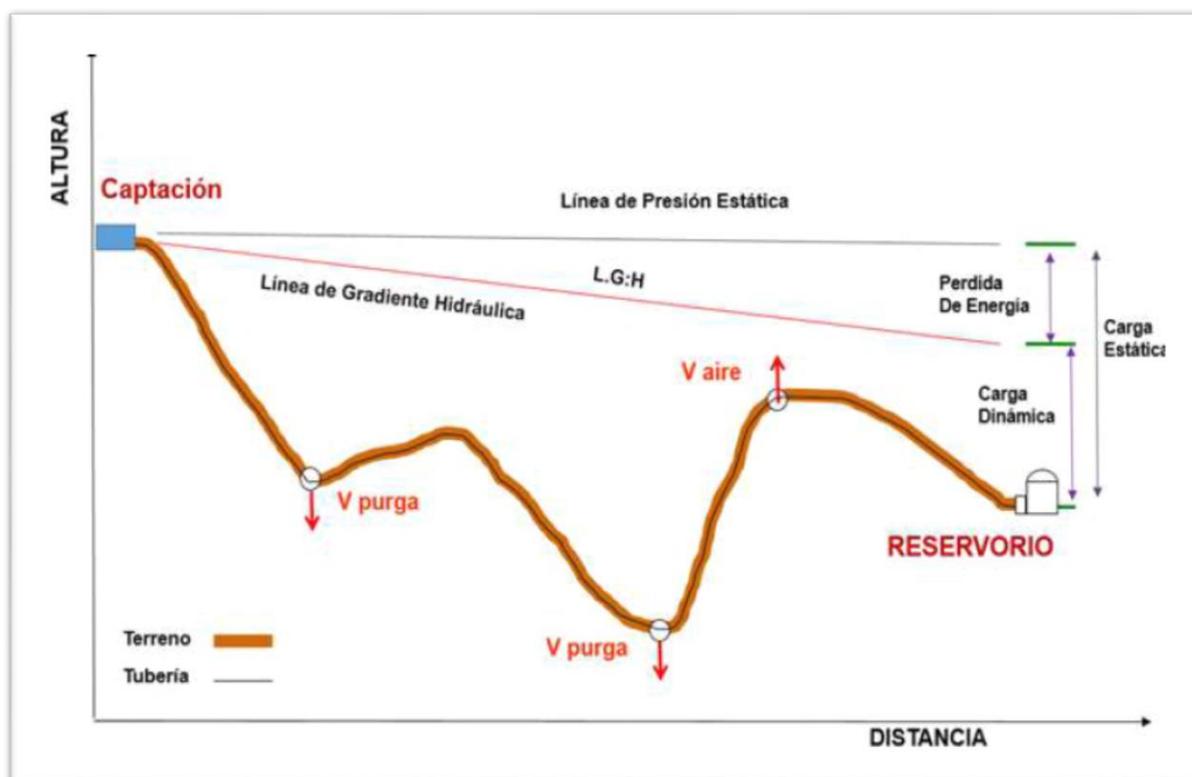


Figura 5: Línea de Conducción  
Fuente: MVCS, 2018

##### a. Criterios de diseño línea de conducción

Se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

##### - Carga estática

La carga estática viene representada por la diferencia de elevación entre la obra de captación y el reservorio o planta de tratamiento de agua potable (MVCS, 2018).

- **Caudal de diseño**

La Línea de conducción debe tener la capacidad para conducir como mínimo, el caudal máximo diario (Qmd), si el suministro fuera discontinuo, se debe diseñar para el caudal máximo horario (Qmh) (MVCS, 2018).

- **Clases de tubería**

Las clases de tubería a seleccionarse estarán definidas por las máximas presiones que ocurren en la línea representada por la línea de carga estática (MVCS, 2018).

Para las tuberías que trabajan sin presión o como canal, se aplicará la fórmula de Manning, con los coeficientes de rugosidad en función del material de la tubería.

$$v = \frac{1}{n} * R_h^{\frac{2}{3}} * i^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots \text{(Ecuación 1.)}$$

Donde:  $v$ , es la velocidad del fluido en metros sobre segundo;  $n$ , es el coeficiente de rugosidad en función del tipo de material;  $R_h$ , es el: radio hidráulico;  $i$  es la pendiente en tanto por uno.

- **Diámetros**

Para determinar los diámetros se considera diferentes soluciones y se estudian diversas alternativas desde el punto de vista económico y técnico (MVCS, 2018).

Para tuberías de diámetro superior a 50 mm, Hazen-Williams

$$H_f = 10,674 * \left[ \frac{Q^{1.852}}{C^{1.852} * D^{4.86}} \right] * L \dots\dots\dots \text{(Ecuación 2.)}$$

- Donde:  $H_f$ , es la pérdida de carga continua en metros;  $Q$ , es el caudal en metros cúbicos sobre segundo;  $D$ , es el diámetro interior en metros;  $C$ , es el coeficiente de Hazen Williams;  $L$ , es la longitud del tramo en metros.

- **Estructuras complementarias**

- **Válvulas de aire**

Son dispositivos hidromecánicos previstos para efectuar automáticamente la expulsión y entrada de aire a la conducción, necesarias para garantizar su adecuada explotación y seguridad. Las necesidades de entrada/salida de aire a las conducciones, son las siguientes:

- Evacuación de aire en el llenado o puesta en servicio de la conducción, aducción e impulsión.
- Admisión de aire en las operaciones de descarga o rotura de la conducción, para evitar que se produzcan depresiones o vacío.
- Expulsión continúa de las bolsas o burbujas de aire que aparecen en el seno del flujo de agua por arrastre y desgasificación (purgado) (MVCS, 2018).

- **Válvulas de purga**

Es una derivación instalada sobre la tubería a descargar, provista de una válvula de interrupción (compuerta o mariposa, según diámetro) y un tramo de tubería hasta un punto de desagüe apropiado (MVCS, 2018).

Todo tramo de las redes de aducción o conducción comprendido entre ventosas consecutivas debe disponer de uno o más desagües instalados en los puntos de inferior cota. Siempre que sea posible los desagües deben acometer a un punto de descarga o pozo de absorción. El dimensionamiento de los desagües se debe efectuar teniendo en cuenta las características del tramo a desaguar: longitud, diámetro y desnivel; y las limitaciones al vertido.

- **Cámaras rompe-presión**

Son estructuras que permiten disipar la energía y reducir la presión, con la finalidad de evitar daños en la tubería. Se sugiere la instalación de cámaras rompe-presión cada 50m de desnivel.

- **Pase aéreo**

El pase aéreo consiste en un sistema estructural en base a anclajes de concreto y cables de acero que permiten colgar una tubería de polietileno que conduce agua potable, dicha tubería de diámetro variable necesita de esta estructura para continuar con el trazo sobre un valle u zona geográfica que por su forma no permite seguir instalando la tubería de forma enterrada.

#### 4.4.4. Planta de tratamiento de agua potable

Las unidades de la planta de tratamiento de agua potable que deben diseñarse deben ser seleccionadas de acuerdo con las características del cuerpo de agua de donde se captará el agua cruda, tal como indica la Tabla 2. (MVCS, 2018, p. 89).

**Tabla 2. Selección del proceso de tratamiento del agua para consumo humano**

Alternativas	Límites de calidad del agua cruda	
	80% del tiempo	Esporádicamente
<b>Filtro lento (F.L.) solamente</b>	$T_0 \leq 20 \text{ UT}; C_0 \leq 40 \text{ UC}$	$T_0 \text{ Max} \leq 100 \text{ UT}$
<b>F.L.+ prefiltro de grava (P.G.)</b>	$T_0 \leq 60 \text{ UT}; C_0 \leq 40 \text{ UC}$	$T_0 \text{ Max} \leq 150 \text{ UT}$
<b>F.L.+ P.G.+ sedimentador (S)</b>	$T_0 \leq 200 \text{ UT}; C_0 \leq 40 \text{ UC}$	$T_0 \text{ Max} \leq 500 \text{ UT}$
<b>F.L.+P.G.+S+presedimentador</b>	$T_0 \leq 200 \text{ UT}; C_0 \leq 40 \text{ UC}$	$T_0 \text{ Max} \leq 1000 \text{ UT}$

Fuente: MVCS, 2018

Donde:

$T_0$  : turbiedad del agua cruda presente el 80% del tiempo.

$C_0$  : color del agua cruda presente el 80% del tiempo

$T_0$  : Max: turbiedad máxima del agua cruda, considerando que este valor se presenta por lapsos cortos de minutos u horas en alguna eventualidad climática o natural.

Cualquiera de las 04 alternativas señaladas anteriormente puede ser complementada por un desarenador si esta contiene arenas. Adicionalmente, y en forma obligatoria, se deberá incluir cerco perimétrico y lechos de secado de lodos.

#### **4.4.5. Reservorio**

Los reservorios permiten almacenar agua en las horas en los cuales la demanda es menor que el suministro de agua además de mantener la presión adecuada en la red de distribución. (Agüero, 2003, p. 77).

El reservorio se debe diseñar para que funcione exclusivamente como reservorio de cabecera. El reservorio se debe ubicar lo más próximo a la población, en la medida de lo posible, y se debe ubicar en una cota topográfica que garantice la presión mínima en el punto más desfavorable del sistema (Agüero, 2003).

Debe ser construido de tal manera que se garantice la calidad sanitaria del agua y la total estanqueidad. El material por utilizar es el concreto, su diseño se basa en un criterio de estandarización, por lo que el volumen final a construir será múltiplo de 5 m<sup>3</sup>. El reservorio debe ser cubierto, de tipo enterrado, semi enterrado, apoyado o elevado. Se debe proteger el perímetro mediante cerco perimetral. El reservorio debe disponer de una tapa sanitaria para acceso de personal y herramientas (Agüero, 2003).

##### **a. Caseta de válvulas de reservorio**

La caseta de válvulas es una estructura de concreto y/o mampostería que alberga el sistema hidráulico del reservorio, en el caso reservorios el ambiente es de paredes planas, salvo el reservorio de 70 m<sup>3</sup>, en este caso el reservorio es de forma cilíndrica, en este caso, una de las paredes de la caseta de válvulas es la pared curva del reservorio (Agüero, 2003).

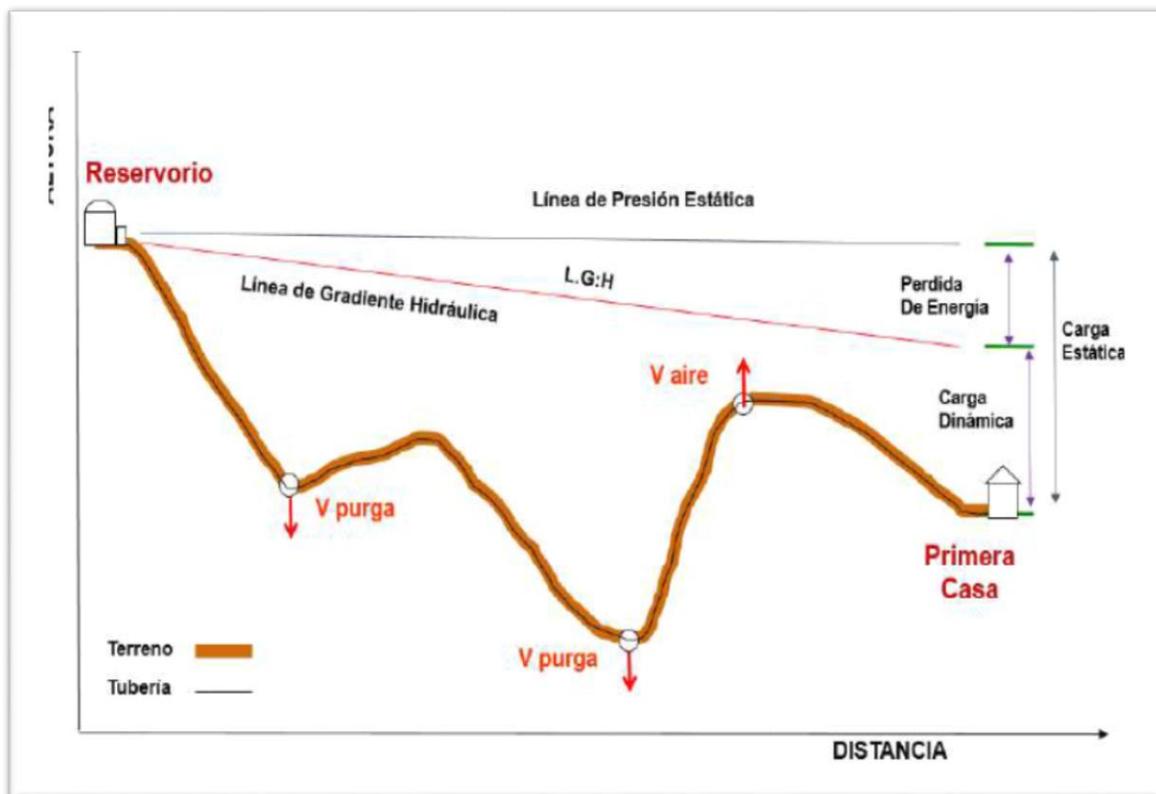
#### **4.4.6. Línea de aducción**

Según Norma Técnica de Diseño: Opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural del ministerio de vivienda y construcción y saneamiento, para el trazado de la línea debe tenerse en cuenta lo siguiente:

- Se debe evitar pendientes mayores del 30% para evitar altas velocidades, e inferiores al 0,50%, para facilitar la ejecución y el mantenimiento.

- Con el trazado se debe buscar el menor recorrido, siempre y cuando esto no conlleve excavaciones excesivas u otros aspectos. Se evitarán tramos de difícil acceso, así como zonas vulnerables.
- En los tramos que discurran por terrenos accidentados, se suavizará la pendiente del trazado ascendente pudiendo ser más fuerte la descendente, refiriéndolos siempre al sentido de circulación del agua (MVCS, 2018, p. 76).

Se representa la línea gradiente hidráulica de la aducción a presión en la Figura 6.



**Figura 6: Línea gradiente hidráulica de la aducción a presión**  
Fuente: MVCS, 2018

- Evitar cruzar por terrenos privados o comprometidos para evitar problemas durante la construcción y en la operación y mantenimiento del sistema.
- Mantener las distancias permisibles de vertederos sanitarios, márgenes de ríos, terrenos aluviales, nivel freático alto, cementerios y otros servicios.

- Utilizar zonas que sigan o mantengan distancias cortas a vías existentes o que por su topografía permita la creación de caminos para la ejecución, operación y mantenimiento.
- Evitar zonas vulnerables a efectos producidos por fenómenos naturales y antrópicos.
- Tener en cuenta la ubicación de las canteras para los préstamos y zonas para la disposición del material sobrante, producto de la excavación.
- Establecer los puntos donde se ubicarán instalaciones, válvulas y accesorios, u otros accesorios especiales que necesiten cuidados, vigilancia y operación.

**a. Diseño de la línea de aducción**

Según Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural del Ministerio de Vivienda y Construcción y Saneamiento Se deben de seguir los siguientes criterios:

- Caudal de diseño: La línea de aducción tendrá capacidad para conducir como mínimo, el caudal máximo horario (Q<sub>mh</sub>).
- Carga estática dinámica: La carga estática máxima aceptable será de 50 m y la carga dinámica mínima será de 1 m.
- Diámetros: El diámetro se diseñará para velocidades mínima de 0,6 m/s y máxima de 3,0 m/s. El diámetro mínimo de la línea de aducción es de 25 mm (1") para el caso de sistemas rurales.
- Dimensionamiento: Para el dimensionamiento de la tubería, se tendrán en cuenta las siguientes condiciones:
  - La línea gradiente hidráulica estará siempre por encima del terreno. En los puntos críticos se podrá cambiar el diámetro para mejorar la pendiente.
  - Para el propósito de diseño se consideran:

- Ecuaciones de Hazen y Williams para diámetros mayores a 2“, y
- Ecuaciones de Fair Whipple para diámetros menores a 2”.

Cálculo de diámetro de la tubería podrá realizarse utilizando las siguientes fórmulas (para tuberías de diámetro superior a 50 mm, Hazen-Williams) de la ecuación 2. antes mencionada.

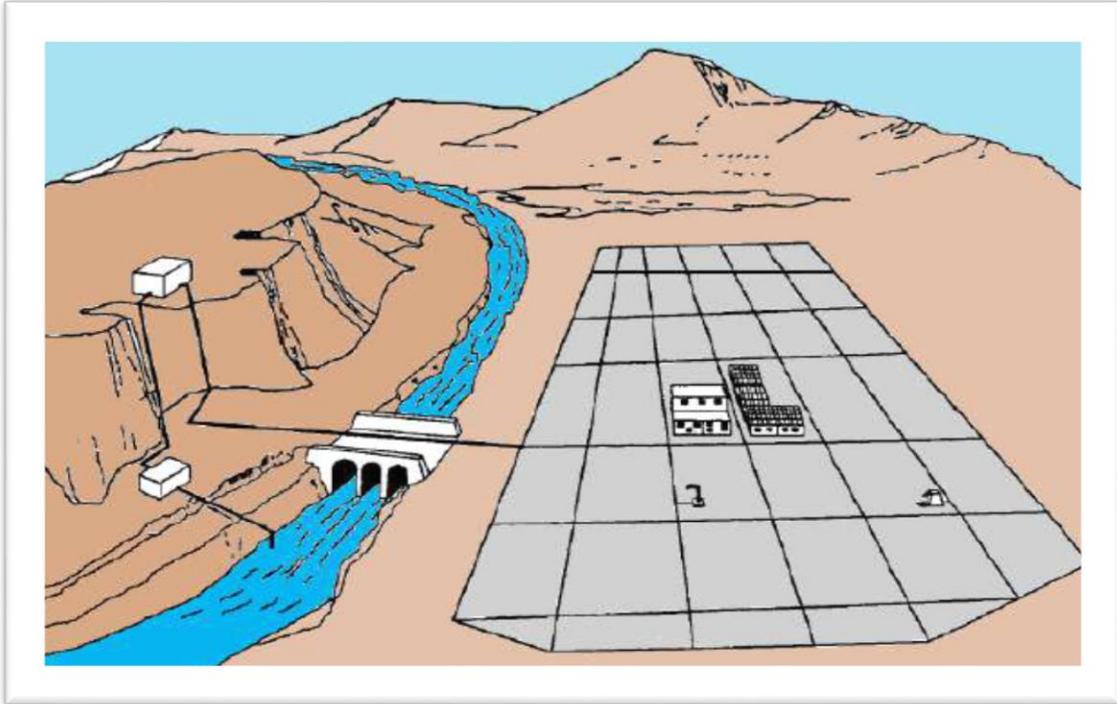
#### **4.4.7. Sistema de distribución**

Es sistema de distribución es el conjunto de tuberías de diferentes diámetros, válvulas, grifos y demás accesorios cuyo origen está en el punto de entrada al pueblo (final de la línea de aducción) y que se desarrolla por todas las calles de la población hasta llegar a las viviendas. (Agüero, 2003, p. 93). Se representa las redes de distribución en la Figura 7.

##### **a. Aspectos generales**

Para la red de distribución se debe cumplir lo siguiente:

- Las redes de distribución se deben diseñar para el caudal máximo horario ( $Q_{mh}$ ).
- Los diámetros mínimos de las tuberías principales para redes cerradas deben ser de 25 mm (1”), y en redes abiertas, se admite un diámetro de 20 mm ( $\frac{3}{4}$ ”) para ramales.
- En los cruces de tuberías no se debe permitir la instalación de accesorios en forma de cruz y se deben realizar siempre mediante piezas en Tee de modo que forme el tramo recto la tubería de mayor diámetro. Los diámetros de los accesorios en Tee, siempre que existan comercialmente, se debe corresponder con los de las tuberías que unen, de forma que no sea necesario intercalar reducciones.
- La red de tuberías de abastecimiento de agua para consumo humano debe ubicarse siempre en una cota superior sobre otras redes que pudieran existir de aguas grises.



**Figura 7: Redes de distribución**  
**Fuente: MVCS, 2018**

**b. Velocidades admisibles**

Para la red de distribución se debe cumplir lo siguiente:

- La velocidad mínima no debe ser menor de 0,60 m/s. En ningún caso puede ser inferior a 0,30 m/s.
- La velocidad máxima admisible debe ser de 3 m/s.

**c. Trazado**

El trazado de la red se debe ubicar preferentemente en terrenos públicos siempre que sea posible y se deben evitar terrenos vulnerables.

**d. Materiales**

El material de la tubería que conforma la red de distribución debe ser de PVC y compatible con los accesorios que se instale para las conexiones prediales.

#### **e. Presiones de servicio**

Para la red de distribución se deberá cumplir lo siguiente:

- La presión mínima de servicio en cualquier punto de la red o línea de alimentación de agua no debe ser menor de 5 m.c.a. y
- La presión estática no debe ser mayor de 60 m.c.a.

De ser necesario, a fin de conseguir las presiones señaladas se debe considerar el uso de cámaras distribuidora de caudal y reservorios de cabecera, a fin de sectorizar las zonas de presión.

#### **f. Tipos de redes**

Según la forma de los circuitos, existen dos tipos de sistemas de distribución: el sistema abierto o de ramales abiertos y el sistema circuito cerrado, conocido como malla, parrilla, etc.

##### **- Sistema abierto o ramificado**

Son redes de distribución que están constituidas por un ramal matriz y una serie de ramificaciones. Es utilizado cuando la topografía dificulta o no permite la interconexión entre ramales y cuando las poblaciones tienen un desarrollo lineal, generalmente a lo largo de un río o camino. (Agüero, 2003, p. 94).

##### **- Sistema cerrado**

Son aquellas redes constituidas por tuberías interconectadas formando mallas. Este tipo de red es el más conveniente y tratará de lograrse mediante la interconexión de tuberías, a fin de crear un circuito cerrado que permita un servicio más eficiente permanente. (Agüero, 2003, p. 94).

#### **4.4.8. Conexión domiciliaria**

En el caso de las conexiones domiciliarias, se tienen que seguir los siguientes criterios:

- Cuando el suministro se realice mediante redes de distribución, cada vivienda debe dotarse de una conexión predial y de esta conexión hasta la UBS y el lavadero multiusos.
- Se debe ubicar al frente de la vivienda y próxima al ingreso principal.

- El diámetro mínimo de la conexión domiciliaria debe ser de 15 mm (1/2”).
- La conexión debe contar con los siguientes elementos:
  - Elementos de toma: mediante accesorios tipo TEE y reducciones.
  - Elemento de conducción: Es la tubería de conducción que empalma desde la transición del elemento de toma hasta la conexión predial, ingresando a ésta con una inclinación de 45°.
  - Elemento de unión con la instalación interior: Para facilitar la unión con la instalación interna del predio se debe colocar a partir de la cara exterior de la caja un niple de 0.3m; para efectuar la unión, el propietario obligatoriamente debe instalar al ingreso y dentro de su predio una llave de control.
- La conexión domiciliaria se realizará a través de una caja prefabricada de concreto u material termoplástico, e ir apoyada sobre el solado de fondo de concreto.

#### 4.4.9. Principales sistemas rurales de saneamiento

Los principales sistemas de saneamiento vienen determinados por las necesidades atendidas (Unifamiliar y multifamiliar) y por las opciones tecnológicas (Con recolección por red de tuberías con arrastre hidráulico o Sin red de recolección (disposición in situ) con o sin arrastre hidráulico). De las cuales podemos resumirla en la Tabla 3.

**Tabla 3. Principales Sistemas Rurales de Saneamiento**

	<b>Opción Tecnológica</b>		<b>Nivel de servicio</b>
<b>Con sistemas de recolección en red de tuberías</b>	Alcantarillado convencional	Multifamiliar	Disposición de excretas y de aguas residuales
	Alcantarillado condominial		
	Alcantarillado de pequeño diámetro		
<b>Sin sistemas de recolección en red de tuberías</b>	Unidad sanitaria con pozo séptico	Unifamiliar	Disposición de excretas y de aguas residuales
	Unidad sanitaria con biodigestor		
	Letrina de hoyo seco ventilado	Unifamiliar	Disposición de excretas.
	Letrina de pozo anegado		
	Baño de arrastre hidráulico		
Letrina compostera o baño ecológico			

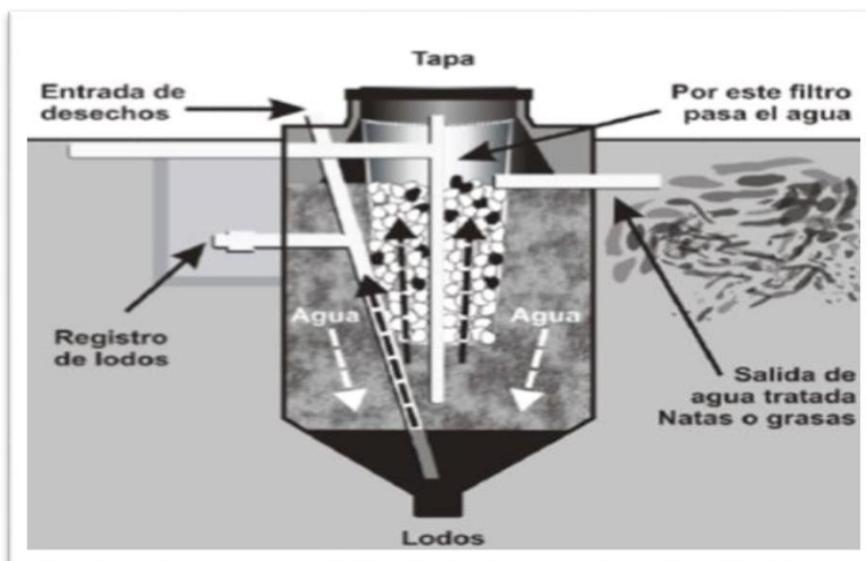
**Fuente: Barrios, Torres, Lampoglia y Agüero, 2009.**

#### 4.4.10. Biodigestor autolimpiable

Este sistema usa un biodigestor prefabricado y una zanja de infiltración para el tratamiento de las aguas residuales producidas. Las aguas negras generadas (con excrementos) son conducidas a un biodigestor prefabricado y posteriormente transferidas a una zanja de infiltración. El biodigestor es un equipo de tratamiento de aguas residuales, autolimpiable, que no necesita instrumentos para la extracción de lodos sino solo abrir una válvula para extraerlos cada 18 a 24 meses. En su interior, las aguas negras tienen una digestión anaeróbica (sin aire) y las aguas residuales, cuando salen del biodigestor, se pueden volver a usar, previo secado, para pequeños sembríos (Barrios, Torres, Lampoglia y Agüero, 2009, p. 57). La Figura 8, muestra un biodigestor autolimpiable.

#### 4.4.11. Obra pública

Según La Contraloría General de la República, una obra pública se define como el resultado derivado de un conjunto de actividades materiales que comprenden la construcción, reconstrucción, remodelación, mejoramiento, demolición, renovación, ampliación y habilitación de bienes inmuebles, tales como edificaciones, estructuras, excavaciones, perforaciones, carreteras, puentes, entre otros, que requieren dirección técnica, expediente técnico, mano de obra, materiales y/o equipos; destinadas a satisfacer necesidades públicas (La Contraloría General de la República, 2018).



**Figura 8. Biodigestor Autolimpiable**  
**Fuente: Barrios, Torres, Lampoglia y Agüero, 2009.**

#### **4.4.12. Formas de ejecución de obra pública**

Según Alvarado (2018), la ejecución presupuestaria de una obra pública se sujeta a los siguientes tipos:

**a. Por ejecución presupuestaria directa, a través de una administración directa.**

Una Obra por administración directa es aquella en la cual la entidad utiliza sus propios recursos para realizar la ejecución. No cuenta con ningún tercero o privado para ejecutar la obra, solo con su propio personal, equipos o maquinaria e infraestructura.

**b. Por ejecución presupuestaria indirecta, mediante un contrato o convenio.**

La entidad mediante un procedimiento de selección encarga la ejecución de la obra a una empresa constructora.

#### **4.4.13. Sistemas de contratación de obra pública**

Dentro de los sistemas de contratación tenemos.

**a. Sistema de suma alzada.**

Cuando las cantidades, magnitudes y calidades de la prestación están definidas en los planos, especificaciones técnicas, memoria descriptiva y presupuesto de obra, que forman parte del expediente técnico. Este sistema se aplica a obras de edificación.

**b. Sistema a precios unitarios**

Se utiliza en las obras públicas cuando no se conoce con exactitud o precisión las cantidades o magnitudes requeridas. Este sistema se aplica a las obras donde hay grandes movimientos de tierras como carreteras, saneamiento, canales, presas, etc. (Alvarado, 2018).

#### **4.4.14. Inicio del plazo de ejecución de obra**

El inicio del plazo de ejecución de obra comienza a regir desde el día siguiente de que se cumplan las siguientes condiciones:

- Que la entidad notifique al contratista quien es el inspector o el supervisor, según corresponda.

- Que la entidad haya hecho entrega del terreno o lugar donde se ejecuta la obra, según corresponda.
- Que la entidad provea el calendario de entrega de los materiales e insumos que, de acuerdo con las Bases, hubiera asumido como obligación.
- Que la entidad haya hecho entrega del expediente técnico de obra completo, en caso este haya sido modificado con ocasión de la absolución de consultas y observaciones.
- Que la entidad haya otorgado al contratista el adelanto directo, en las condiciones y oportunidad establecidas en el artículo 156° (Alvarado, 2018).

#### **4.4.15. Adelantos otorgados al contratista**

Con la finalidad de otorgarle financiamiento y/o liquidez para la ejecución del contrato, la entidad puede entregar adelantos al contratista, siempre que estos hayan sido previstos en los documentos del procedimiento de selección. (Alvarado, 2018). Clases de adelantos:

- Adelantos directos, los que en ningún caso exceden en conjunto el diez por ciento (10%) del monto del contrato original.
- Adelantos para materiales o insumos, los que en conjunto no deben superar el veinte por ciento (20%) del monto del contrato original.

#### **4.4.16. Cuaderno de obra**

Según reglamento en la fecha de entrega del terreno, el contratista entrega y abre el cuaderno de obra, el mismo que debe encontrarse legalizado y es firmado en todas sus páginas por el inspector o supervisor, según corresponda, y por el residente, a fin de evitar su adulteración. Dichos profesionales son los únicos autorizados para hacer anotaciones en el cuaderno de obra, salvo en los casos de ausencia excepcionales debidamente autorizados por la entidad (Alvarado, 2018).

#### **4.4.17. Residente de obra**

El residente de obra representa al contratista como responsable técnico de la obra (Alvarado, 2018).

#### **4.4.18. Valorización**

Las valorizaciones tienen el carácter de pagos a cuenta y son elaboradas el último día de cada periodo previsto en las Bases, por el inspector o supervisor y el contratista (Alvarado, 2018).

#### **4.4.19. Prestaciones adicionales y reducciones**

La prestación adicional de obra es aquella no considerada en el expediente técnico, ni en el contrato original, cuya realización resulta indispensable y/o necesaria para dar cumplimiento a la meta prevista de la obra principal y que da lugar a un presupuesto adicional (Alvarado, 2018).

#### **4.4.20. Ampliación del plazo contractual**

El contratista puede solicitar la ampliación de plazo pactado por cualquiera de las siguientes causales ajenas a su voluntad, siempre que modifiquen la ruta crítica del programa de ejecución de obra vigente al momento de la solicitud de ampliación:

- Atrasos y/o paralizaciones por causas no atribuibles al contratista.
- Cuando es necesario un plazo adicional para la ejecución de la prestación adicional de obra. En este caso, el Contratista amplía el plazo de las garantías que hubiera otorgado.
- Cuando es necesario un plazo adicional para la ejecución de los mayores metrados que no provengan de variaciones del expediente técnico de obra, en contratos a precios unitarios (Alvarado, 2018).

#### **4.4.21. Suspensión del plazo de ejecución de obra**

Cuando se produzcan eventos no atribuibles a las partes que originen la paralización de la obra, estas pueden acordar la suspensión del plazo de ejecución de la misma, hasta la culminación de dicho evento, sin que ello suponga el reconocimiento de mayores gastos generales y costos, salvo aquellos que resulten necesarios para viabilizar la suspensión. Reiniciado el plazo de ejecución de la obra corresponde a la Entidad comunicar al contratista la modificación de las

fechas de ejecución de la obra, respetando los términos en los que se acordó la suspensión (Alvarado, 2018).

#### **4.4.22. Culminación de obra**

En la fecha de culminación de la obra, el residente anota tal hecho en el cuaderno de obras y solicita la recepción de la misma. El inspector o supervisor, en un plazo no mayor de cinco (5) días posteriores a la anotación señalada, lo informa a la entidad, ratificando o no lo indicado por el residente, previa anotación en el cuaderno de obra de los alcances de su informe.

#### **4.4.23. Recepción de obra**

La Recepción de la obra comprende diversos aspectos que se llevan a cabo luego de culminada la prestación, procediéndose a verificar el fiel cumplimiento de lo establecido en los planos y especificaciones técnicas y a efectuar las pruebas que sean necesarias para comprobar el funcionamiento de las instalaciones y equipos. La recepción de obra es realizada por el comité de recepción que, al efecto, designe la entidad. (Alvarado, 2018)

#### **4.4.24. Liquidación del contrato de obra**

Proceso de cálculo técnico, bajo las condiciones normativas y contractuales aplicables al contrato, que tiene por finalidad determinar, principalmente, el costo total de la obra y el saldo económico, que puede ser a favor o en contra del contratista o de la entidad. (Salinas, 2003).

### **4.5. Metodología**

El presente trabajo consistió en la descripción de los problemas presentados, durante la ejecución de la obra pública “Instalación del sistema de agua potable y saneamiento para once comunidades del distrito de Nuevo Progreso, provincia de Tocache, departamento de San Martín”. Además de ello se despliega la respuesta ante las dificultades enumerados por casos. Dichas respuestas forman parte de la experiencia laboral profesional, como ingeniero agrícola, apoyada en la educación impartida por la Facultad de Ingeniería Agrícola, de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

#### **4.6. Casos**

Las infraestructuras de la obra son diversas, de las cuales se tomó seis partidas importantes las cuales se pasa a mencionar:

##### **Estructura de captación**

Consiste en la construcción de un barraje mixto (fijo y móvil), y estará conformada por alerones de concreto armado tipo alero, cámara húmeda, cámara seca para protección de válvulas. Se instalará una válvula de compuerta. Además, comprende la instalación de tubería de desagüe, con una salida hacia la línea de conducción de diámetro 4 pulgadas. Incluye construcción de cerco perimétrico.

##### **Línea de conducción**

Comprende el suministro de materiales, mano de obra y equipos para la instalación de aproximadamente 4.86 Km de tuberías y sus accesorios, para conectar la captación con los reservorios. El diámetro de tubería será de 110 a 63 MM. PN de 10 a 7.5. Para una capacidad de 9.05 l/s.

La línea de conducción proyectada es un sistema por gravedad. Con cota de salida de captación de 850.22 m.s.n.m. y cota de llegada de 670.338 m.s.n.m.

##### **Reservorios**

Comprende la construcción de dos reservorios:

- Reservorio 01, será de concreto armado de forma circular con cúpula. La caseta de válvulas será con muros de concreto armado y losa de concreto armado.
- Reservorio 02, será de concreto armado de forma circular con cúpula. La caseta de válvulas será con muros de concreto armado y losa de concreto armado.

##### **Línea de aducción**

Comprende la instalación las líneas de aducción:

Línea de aducción 01 (Reservorio 1 – Rio Blanco); Comprende la instalación de 12.15 Km. de tubería PVC – UF variable de DN 110 – 75 mm - PN 15 - 7.5, desde el reservorio 01 hasta la comunidad de Rio Blanco pasando por las comunidades de Los Ángeles, Las Palmeras y San Pedro. Comprende además la instalación de 14 válvulas purga y 23 de aire con sus respectivas cajas de protección.

Línea de aducción 02 (Reservorio 2 – Fray Martín); Comprende la instalación de 14.40 Km. de tubería PVC – UF variable de DN 110 – 63mm PN 7.5, desde el reservorio 02 hasta la comunidad de Fray Martín pasando por las comunidades de Guantánamo, Independencia, Nueva Piura, Pacota, Nuevo Nazaret, Fray Martín, Río Uchiza Y Manteca. Comprende además la instalación 06 válvulas de purga y 21 válvulas de aire de 1” con sus respectivas cajas de protección

Derivación Pacota; Comprende la instalación de 2.81 Km. de tubería PVC – UF, PN 7.5 de 63mm de diámetro, desde el empalme de la línea de aducción 2 (Reservorio 2 – Fray Martin), hasta la localidad de Pacota, comprende además la instalación 07 válvulas de purga y 05 válvulas de aire de 1” con sus respectivas cajas de protección

Derivación Independencia; Comprende la instalación de 0.31 Km. de tubería PVC - UF, PN 7.5 de 40mm de diámetro, desde el empalme de la línea de aducción 2 (Reservorio 2 – Fray Martin), hasta la localidad de Independencia, comprende además la instalación 01 válvula de purga y 01 válvula de aire de 1” con sus respectivas cajas de protección

Derivación Rio Uchiza y Manteca; Comprende la instalación de 4.09 Km. de tubería PVC – UF variable, PN 7.5 desde el empalme de la línea de aducción 2 (Reservorio 2 – Fray Martin), hasta la localidad de Manteca, pasando por la localidad de Rio Uchiza. Comprende además la instalación 07 válvulas de purga y 09 válvula de aire de 1” con sus respectivas cajas de protección.

## **Redes de distribución**

Comprende la instalación del sistema de distribución, el cual será para cada una de las once comunidades, las que se empalmarán en las líneas de aducción correspondientes, teniendo lo siguiente:

- Red de Distribución Rio Uchiza. - Se instalarán a lo largo de la ciudad un total de 2.71 Km de tuberías de diámetros que varían de 75 mm a  $\frac{3}{4}$ " de PVC clase 10.
- Red de Distribución Las Palmeras. - Se instalarán a lo largo de la ciudad un total de 2.51 Km. de tuberías de diámetros que varían de  $1\frac{1}{2}$ " a  $\frac{3}{4}$ " de PVC clases 15 – 10.
- Red de Distribución San Pedro. - Se instalarán a lo largo de la ciudad un total de 3.01 Km. de tuberías de diámetros que varían de  $1\frac{1}{2}$ " a  $\frac{3}{4}$ " de PVC clase 10.
- Red de Distribución Rio Blanco. - Se instalarán a lo largo de la ciudad un total de 1.69 Km. de tuberías de diámetros que varían de  $1\frac{1}{2}$ " a  $\frac{3}{4}$ " de PVC clase 10.
- Red de Distribución Guantánamo. - Se instalarán a lo largo de la ciudad un total de 2.28 Km. de tuberías de diámetros que varían de  $1\frac{1}{2}$ " a  $\frac{3}{4}$ " de PVC clase 10.
- Red de Distribución Pacota. - Se instalarán a lo largo de la ciudad un total de 2.56 Km. de tuberías de diámetros que varían de  $1\frac{1}{2}$ " a  $\frac{3}{4}$ " de PVC clase 10.
- Red de Distribución Independencia. - Se instalarán a lo largo de la ciudad un total de 1.31 Km. de tubería de diámetro  $\frac{3}{4}$ " de PVC clase 10.
- Red de Distribución Nueva Piura. - Se instalarán a lo largo de la ciudad un total de 1.55 Km. de tuberías de diámetros que varían de 1" a  $\frac{3}{4}$ " de PVC clase 10.
- Red de Distribución Nueva Nazaret. - Se instalarán a lo largo de la ciudad un total de 1.92 Km. de tuberías de diámetros que varían de 1" a  $\frac{3}{4}$ " de PVC clase 10.
- Red de Distribución Fray Martin. - Se instalarán a lo largo de la ciudad un total de 2.24 Km. de tuberías de diámetros que varían de  $1\frac{1}{2}$ " a  $\frac{3}{4}$ " de PVC clase 10.

- Red de Distribución Manteca. - Se instalarán a lo largo de la ciudad un total de 0.95 Km. de tuberías de diámetros que varían de 1 ½’’ a ¾’’ de PVC clase 10.

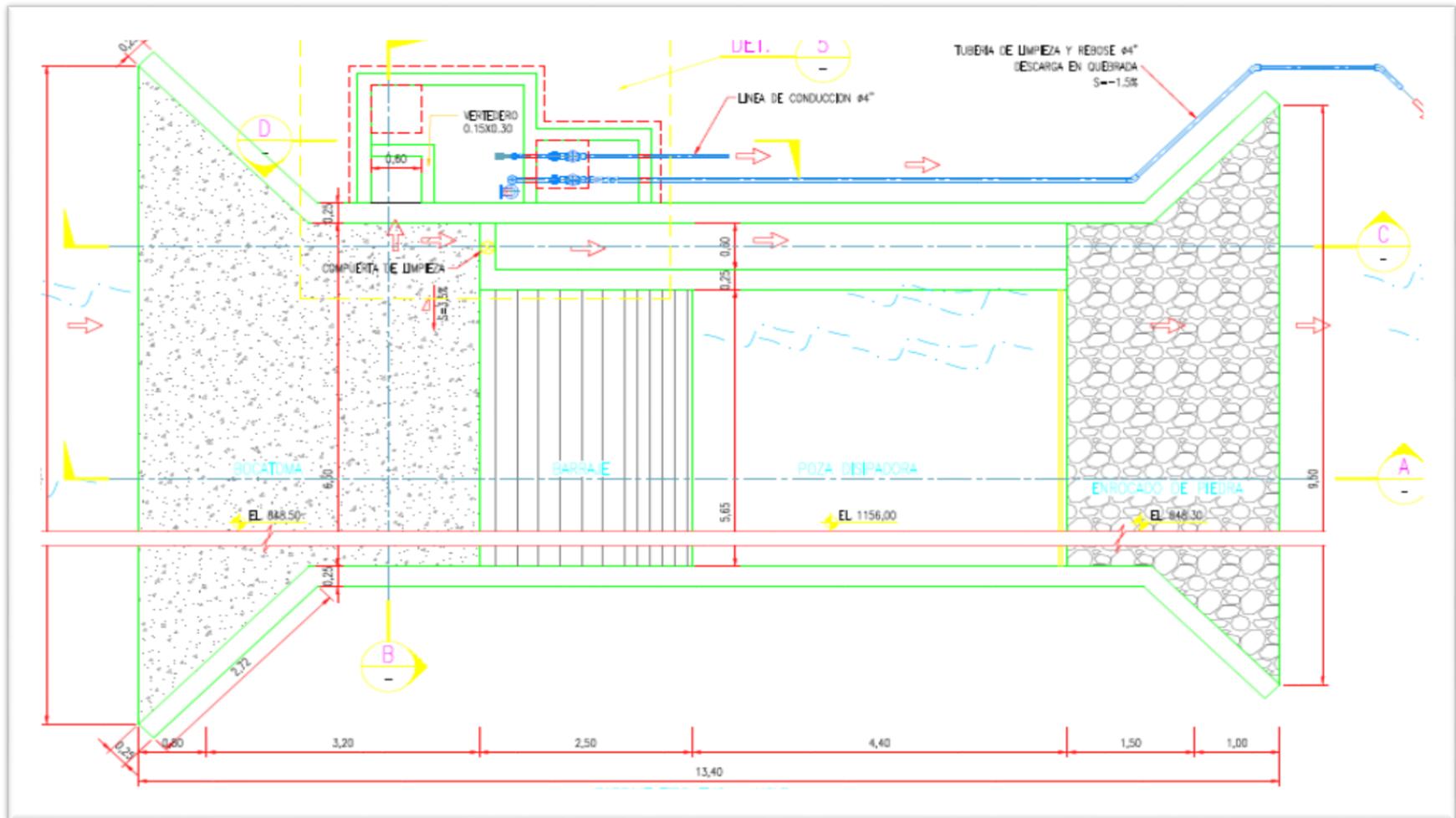
### **Sistema de saneamiento proyectado**

El sistema de saneamiento comprende la construcción de 1212 módulos sanitarios, que incluye inodoro, ducha, lavatorio para baños y lavatorio de concreto, con instalación de agua y desagüe. El tratamiento de las aguas residuales se realizará mediante un Biodigestor de 600 litros, y zanja de percolación para cada vivienda.

#### **4.6.1. Caso I. Estructura de captación**

Para la construcción de la estructura de captación, se tomó como referencia la NORMA OS.010 captación y conducción de agua para consumo humano, del reglamento nacional de edificaciones (Vásquez, 2020). Además, tomaremos de referencia las especificaciones técnicas del expediente técnico de la obra (Proyecto Especial Huallaga Central y Bajo Mayo, 2017). Para la estructura de captación se dispuso un barraje mixto como muestra la Figura 9. Es así que se tuvo en cuenta, los preceptos siguientes:

- La calidad del agua de la fuente, deberá satisfacer los requisitos establecidos en la legislación vigente en el Perú. Esto quiere decir que las características físicas, químicas, y bacteriológicas del agua la hagan aptas para el consumo humano, sin implicancias para la salud incluyendo apariencia, gusto y olor.
- Las obras de toma que se ejecuten en los cursos de aguas superficiales, en lo posible no deberán modificar el flujo normal de la fuente, deben ubicarse en zonas que no causen erosión o sedimentación.



**Figura 9: Barraje Mixto (Fijo y Móvil)**  
**Fuente: Proyecto Especial Huallaga Central y Bajo Mayo, 2017.**

- Toda toma debe de disponer de los elementos necesarios para impedir el paso de sólidos y facilitar su remoción, así como un sistema de regulación y control. El exceso de captación deberá retornar al curso original.
- La toma, deberá ubicarse de tal manera que las variaciones de nivel no alteren el funcionamiento normal de la captación (Vásquez, 2020).

### **Problema 01. Accesos.**

La estructura de captación se encontrará ubicada en la naciente de la quebrada Pacotillo, en el límite de la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Cordillera Azul (en adelante PNCAZ). Zona de montaña, densa vegetación y de acceso accidentado.

En el expediente técnico de la obra, no menciona la habilitación de accesos a la captación, solo en el presupuesto existe de manera GLOBAL, el pago por flete de material, hacia dicha infraestructura.

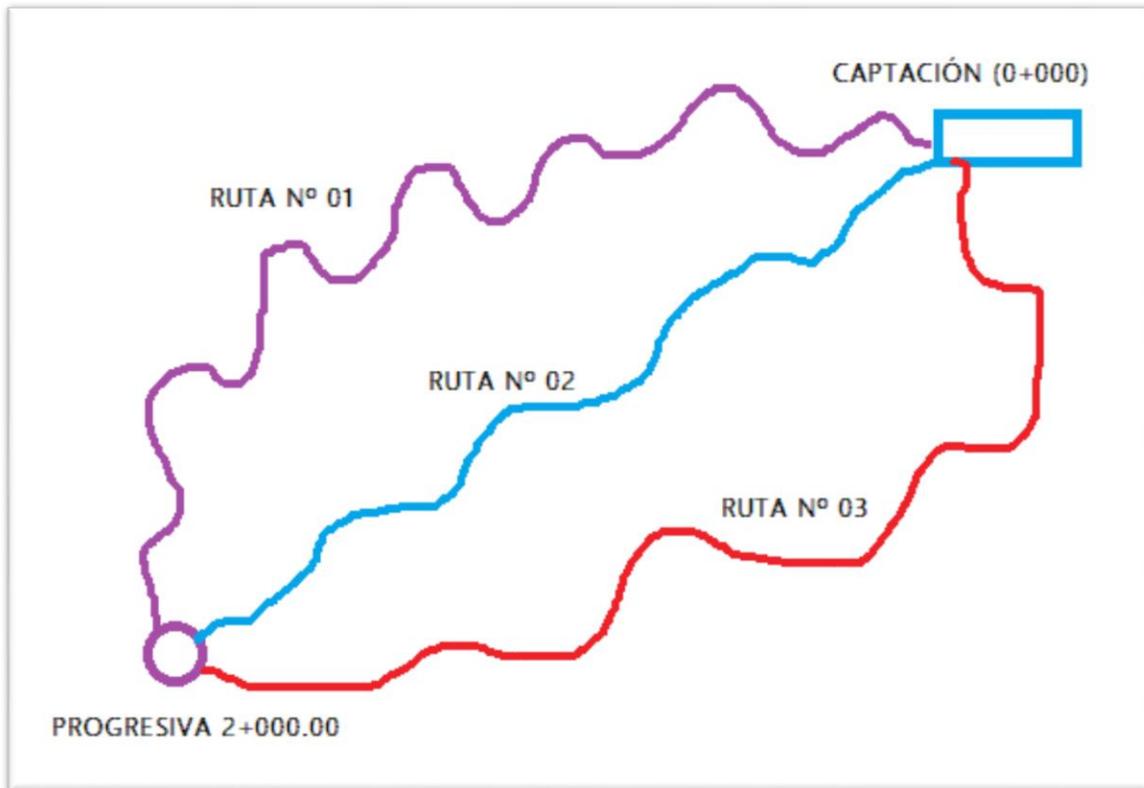
Sabiendo que la línea de conducción inicia en la captación (progresiva 0+000.00). Se tuvo que antes de la progresiva 2+000.00 de la línea de conducción, solo existía un camino de herradura, por donde se trazaría la línea de conducción. Se sobrentendía que el acceso a dicha infraestructura sería por el camino mencionado. La supervisión recomendaba el traslado en acémila de los materiales (cemento, acero, agregados, etc.).

Mas como personal técnico del contratista se hizo un estudio de accesos, analizando la parte técnica (acceso libre de personal técnico, acceso de maquinaria, estudio ambiental, etc.) y económica (teniendo de referencia el pago del flete de material en obra). Para lo cual se analizó tres opciones, como se muestra en la Figura 10:

Analizando cada Ruta:

- Ruta N° 01.

Comprendía la recomendación de la supervisión, el de llevar el material de construcción en acémilas. Esto siguiendo la ruta, trazada para la instalación de la línea de conducción.



**Figura 10: Opciones de Rutas Hacia la Captación**

Características de la elección de esta ruta eran:

- Bajo costo de traslado de material a pie de obra.
  - Nulo talado de árboles.
  - Limitado acceso del personal técnico en el lugar de construcción.
  - Escases de acémilas en la zona. (Traer de otras zonas los animales).
  - Excesiva logística de los animales y los arrieros.
  - El tiempo calculado para el traslado de material era excesivo.
  - Interferencias con los trabajos de instalación de la línea de conducción.
- Ruta N° 02.
- Comprendía la habilitación de un camino existente anteriormente utilizado por los explotadores de madera de la zona, la cual era carrozable, pero que necesitaba de limpieza y acondicionamiento del camino. Esta ruta llevaba de la progresiva 2+000.00 de la línea de conducción hasta pie de obra.

Características de la elección de esta ruta eran:

- Mayor costo de traslado de material a pie de obra, debido a la utilización de maquinaria pesada para la habilitación del camino y el traslado de material a pie de obra. Esto último debido a que la superficie del terreno era arcillosa, y ante precipitaciones moderadas, era inaccesible el traslado de material en camioneta 4x4, por ejemplo. Necesitando del apoyo de una retroexcavadora para su traslado.
  - Si bien es cierto que no posibilitaba el acceso de material a obra las precipitaciones moderadas. Si era posible el traslado en camioneta del personal técnico (Ingenieros, mano de obra calificada y no calificada).
  - Menor tiempo en trabajos de traslado de material a pie de obra.
  - Talado de árboles moderada.
- Ruta N° 03.
- Comprendía la habilitación de un camino existente anteriormente utilizado por los explotadores de madera de la zona, el cual era carrozable, pero que necesitaba de limpieza y acondicionamiento del camino. Esta ruta nos llevaba de la progresiva 2+000.00 de la línea de conducción hasta pie de obra.

Características de la elección de esta ruta eran:

- Mayor costo de traslado de material a pie de obra, debido a la utilización de maquinaria pesada para la habilitación del camino y el traslado de material a pie de obra. Esto último debido a que la superficie del terreno era arcillosa, y ante precipitaciones moderadas, era inaccesible el traslado de material en camioneta 4x4, por ejemplo. Necesitando del apoyo de una retroexcavadora para su traslado.
- Si bien es cierto que no posibilitaba el acceso de material a obra las precipitaciones moderadas. Si era posible el traslado en camioneta del personal técnico (Ingenieros, mano de obra calificada y no calificada).

- Menor tiempo en trabajos de traslado de material a pie de obra.
- Talado de árboles excesivos. Además de ello esta ruta recorría, por tramos, zona de amortiguamiento del PNCAZ.

### **Solución:**

Para solucionar este inconveniente como bien se ha dicho se analizaron las tres rutas desde un punto de vista técnico y económico.

Se desprende del análisis que la ruta N° 01, a pesar de ser menor costo el traslado de material y realizar un campamento para la mano de obra calificada y no calificada. No era aconsejable ya que impedía la presencia del personal técnico (ingenieros), además de ello ocasionaba contratiempos con los trabajos de línea de conducción. Y, por último, la excesiva logística.

La ruta N° 02, así también la ruta N° 03, eran las más factibles de tomar en cuenta, ya que a pesar del mayor costo que ocasionaba su implementación, este no excedía de la limitante de presupuesto, esto quiere decir que generaba utilidad al contratista.

Finalmente se decidió por la ruta N° 02, debido a que no se encontraba en zona de amortiguamiento del Parque. Esto siempre en asesoramiento, del especialista ambiental de la obra. Esto no implicó a talar cualquier tipo de árbol, solo se talo los arboles no maderables.

### **Competencias de la carrera de ingeniería agrícola:**

Según la problemática presentada la solución de dicha situación, en la parte económica conllevó la realización de presupuestos por ruta, en las que se analizó los costos en cada ruta se tuvo entonces que analizar el costo de alquilar las acémilas y todo lo que con ellas complementara su trabajo, para ello entender de presupuestos, como se vieron en distintos talleres de cursos impartidos en la universidad, por ejemplo, en el taller de metrados del curso de Técnicas de la Construcción.

Como ya se mencionó se tuvo que trabajar muy cercanos al PNCAZ, donde se trabajó de la mano del especialista ambiental, para ello fue de ayuda el curso de ecología aplicada para tener

nociones de los informes ambientales, y las recomendaciones expuestas en las evaluaciones de impacto ambiental.

La ruta elegida tuvo que ser evaluada en sus componentes, principalmente en la utilización de la maquinaria pesada, como bien se vio en el curso de administración de maquinaria, la posibilidad de compra o alquiler; así como si es alquiler, si es a todo costo o sin operador, o máquina seca o combustible.

Ante dichas interrogantes se hizo el análisis general de la obra, si se recomendaba para la obra, la compra de un tractor de oruga, para el mejoramiento del acceso. Se llegó a la conclusión, que los pocos trabajos (horas máquina) que se realizarían con dicha maquinaria, no correspondía comprar. Se eligió el alquiler de un tractor caterpillar modelo D6D, que permitieron la realización de los trabajos.

Ahora como se realizaría el alquiler, si es máquina seca, sin operador o a todo costo. La recomendación del curso de administración de maquinaria, es el de administrar la máquina, proveyéndola lo necesario para su operación. Pero por la zona hay una escasez de tractores orugas, y el alquiler de los pocos que hay, es a todo costo.

Así también se evaluó la maquinaria para el traslado de material, y se terminó alquilando una retroexcavadora con capacidad de cuchara de 1 m<sup>3</sup>.

En mi calidad de coordinador de obra, estaba encargado de proveer dichas maquinarias. Trabajar de la mano con el capataz de maquinarias para llevar un mejor control. Y cuidar siempre el margen de utilidad estimado.

### **Problema 02. Replanteo.**

El proceso de replanteo es guiado según indicaciones de los planos y son llevados fielmente al terreno. Partiendo de las ubicaciones de referencia, y puntos monumentados (BMs) del expediente técnico.

En la práctica lo que ocurre con los proyectos, es que se hace difícil el encontrar las referencias y los BMs, esto por diversos motivos. Para nuestro proyecto, en particular, no fue ajeno a estos

inconvenientes; no se encontraron las referencias, los pocos BMs que se lograron hallar en el replanteo, no correspondía a monumentaciones bien realizadas, se anulaba como punto de referencia, por la manipulación de personas ajenas al proyecto o por deterioro del ambiente.

La gran pregunta era como hallar el lugar que mandaba los planos para cuyo punto de desfogue correspondía el estudio hidrológico. Y una vez hallado el lugar, como trazar los ejes de la estructura. Además de ello la ubicación del almacén de materiales.

### **Solución.**

Administrativamente, ante errores u omisiones que generen dudas acerca del expediente técnico, según el reglamento nacional de contrataciones, proporciona la vía de consulta al proyectista (creador del expediente técnico). Es por ello, que por medio de la entidad contratante, se realizó las consultas de ubicación de la captación, entendiéndose que el replanteo es una de las labores más importantes dentro de una obra. Un replanteo erróneo puede afectar al coste económico, además de retrasar su ejecución y mermar la calidad final de la obra (Villena, 1996, p. 15).

A pesar de las cartas cursadas al proyectista, no se pudo coordinar la visita del mismo. Se tuvo que buscar otras opciones. La más fiable, fue la de convocar a los pobladores que participaron en el levantamiento topográfico. Gracias a los pobladores, que participaron como ayudantes de topografía y guías se pudo encontrar la ubicación exacta de la captación, la cual fue reafirmada por la supervisión.

Seguidamente se tuvo que realizar el replanteo del mismo de una forma correcta en el curso del río, siguiendo recomendaciones de la bibliografía.

- Hacer un levantamiento de la zona de trabajo, se recomienda que el levantamiento abarque el área de ubicación de las estructuras planteadas como mínimo.
- Par disminuir la entrada de los sedimentos es conveniente situar las obras de toma en la orilla cóncava de un río. Por lo general de este lado existe un barranco y la playa se encuentra en el lado convexo, y es necesario disponer de un terreno relativamente plano para situar el desripador y la transición. Por este motivo muchas veces el sitio se desplaza hacia aguas abajo ubicándolo donde termina la concavidad y comienza la parte convexa (Crochin, 1996).

- El nivel mínimo de la cresta del barrage debe ser igual al nivel energético que presenta el canal de derivación. conduciendo el caudal requerido, más un margen de seguridad debido a la pérdida de carga que sufriera el agua al derivarse del río al canal. (Velázquez T., 2013)
- Tomar en cuenta el aspecto constructivo. Si bien las obras deben ser construidas durante la época de estiaje, de todos modos, el agua que viene por el río es un estorbo y debe ser desviado. Esto se hace por medio de ataguías o sea diques provisionales. Normalmente se construye primero en la orilla protegida por las ataguías las obras de compuerta de purga, desripiador, transición y compuerta de entrada. Una vez realizado este trabajo, el río se desvía hacía estas obras, llevando el agua por la compuerta de salida del desripiador o si es posible por el canal hasta el primer aliviadero, y cerrando el cauce con una ataguía, se construye el azud, el zampeado y los muros de ala de la otra orilla. (Crochin S., 1996)
- La cota de rasante en el inicio del canal será tomada en cuenta para la construcción de la Toma.

Siguiendo las consideraciones y otras que da la experiencia, se realizó el correcto replanteo; monumentando BMs, estacando, y dejando referencias para la continuación de los trabajos aguas abajo, en este caso la línea de conducción.

De esta forma tener en campo la ubicación exacta de toda la infraestructura y para que sea aprobada por la supervisión e iniciar la construcción.

Una vez realizada la ubicación exacta de la captación, se puede desplegar y/o construir el almacén de materiales, que deben de ser adecuadamente acopiados. Analizando la cercanía de pie de las obras y el correcto almacenamiento.

### **Competencias de la carrera de ingeniería agrícola:**

En la construcción y diseño de una obra de captación se emplean varias especialidades de la carrera de ingeniería agrícola como son la de: estudio de la demanda, topografía, meteorología, hidrología, transporte de sedimentos, hidráulica fluvial, geología y geotécnica, materiales de construcción, diseño hidráulico, diseño estructural, procedimientos de construcción, modelos

hidráulicos, costos y presupuestos, análisis económico y financiero, estudio de impacto ambiental, entre otros.

En este caso en particular como se ha descrito, tomamos la topografía, ya que el propósito es el de llevar la infraestructura presentada en planos al terreno. Para ello como futuros ingenieros agrícolas, se nos impartió de manera obligatoria los cursos de topografía I y topografía II, donde se capacita en la utilización los conceptos, métodos, técnicas, equipos y procedimientos para la realización de levantamientos topográficos y replanteos. Así también los trabajos topográficos, que se realizaron en los cursos de topografía II y topografía III, nos da la suficiente práctica para la realización de las labores topográficas.

La infraestructura de captación, como se sabe, es una infraestructura hidráulica, comprendida en el desarrollo del curso de estructuras hidráulicas I, en la cual se integran conocimientos como hidráulica, hidrología, mecánica de suelos, análisis estructural y concreto reforzado para el planeamiento, diseño y construcción de las obras hidráulicas.

El curso estructuras hidráulicas I, da la base para poder abordar obras como el de los tipos de barrajes en captaciones, criterios y recomendaciones basados en bibliografía especializada, para la correcta ejecución de la infraestructura.

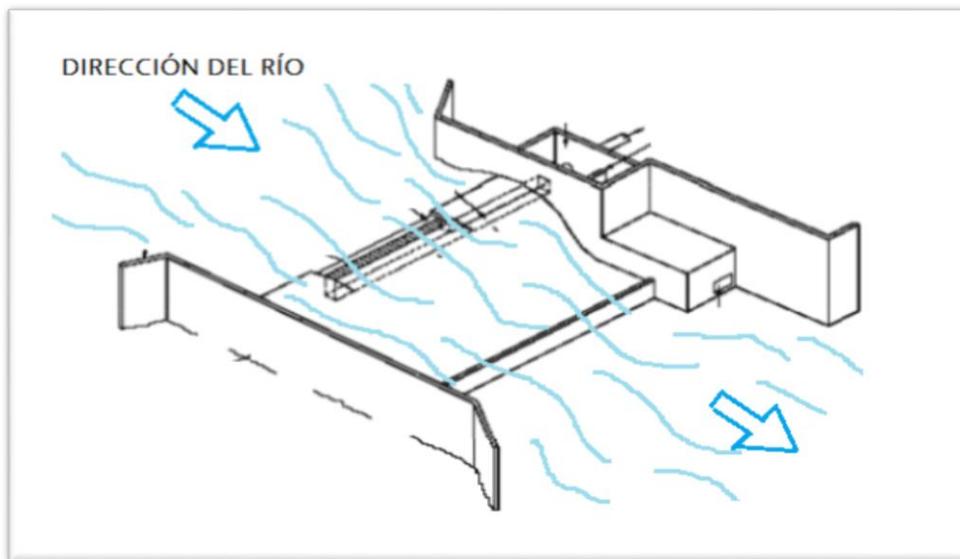
Como tal los cursos de materiales de construcción y técnicas de la construcción, sirven como preparación básica, para la correcta manipulación y almacenamiento de los materiales a utilizar y procedimientos constructivos.

En mi calidad de coordinador de obra, estaba encargado coordinar los frentes de trabajo, en este caso posibilitar el cursar la documentación hacia la entidad, para su posterior consulta al proyectista. Así también como equipo multidisciplinario, dar las recomendaciones bibliográficas en apoyo al residente de obra, para la aprobación de los trabajos por la supervisión. Llevar un control de metas de los trabajos en la captación. Todo esto con el fin de realizar trabajos de calidad y sustentados administrativamente, en el tiempo estimado.

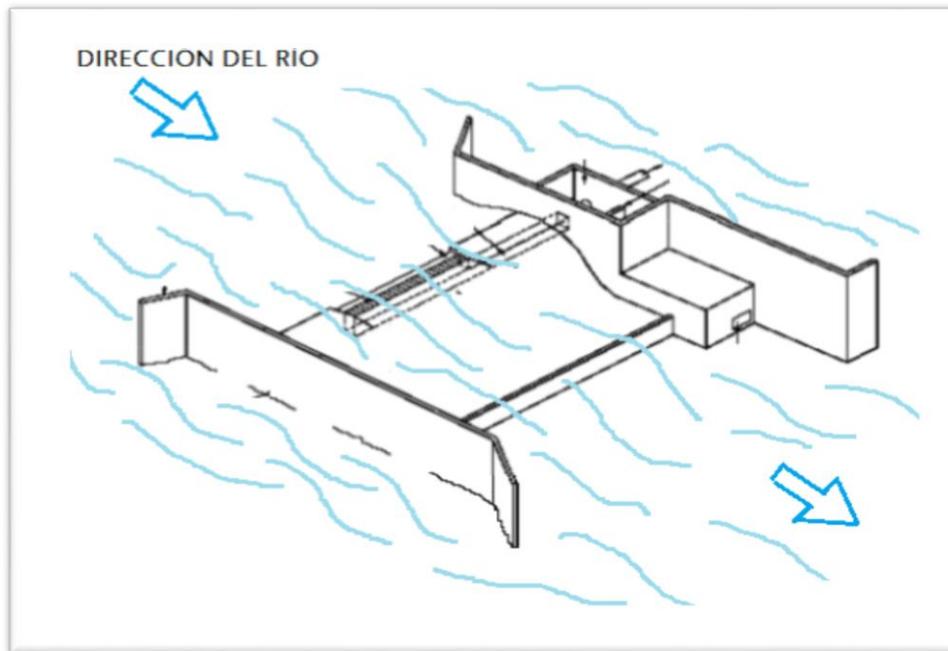
### Problema 03. Aleros.

Por definición, la captación de tipo barraje fijo y móvil es; una represa construida a través del río con el objeto de elevar el nivel de agua, su altura debe ser tal que permita una carga de agua suficiente en la toma, para el ingreso seguro del agua considerando las pérdidas de carga que se producen en los muros, rejillas y compuertas en la toma. (Crochin S., 1996)

Lo que se entiende, es que el barraje tiene que cerrar el curso del río o quebrada, más para el caso, el diseño presentado en los planos, no cerraba por completo el curso del agua en la quebrada Pacotillo. Se tenía que solucionar este inconveniente ya que los diseños, son con el propósito de controlar las aguas del curso. Si ocurre lo contrario se dañaría la estructura, por ejemplo; las cámaras húmedas y secas, así como socavaría, en posiciones no reforzadas, la infraestructura, según el diseño. Como vemos en la Figura 11 y 12.



**Figura 11: Infraestructura ideal en el curso del río.**



**Figura 12: Infraestructura no recomendable en el curso del río.**

### **Solución.**

En los distintos proyectos de aprovechamiento de agua, donde se construirá una captación, por lo general hay partidas para la construcción de encauzamientos del curso del río, partida que no comprendía esta obra en particular. Ante esta necesidad se planteó a la supervisión la generación de una partida nueva de encauzamiento, como un adicional de obra, ya que se comprendía, que era un trabajo necesario para el cumplimiento de la meta del proyecto.

La supervisión no aprobó la partida nueva, en cambio recomendó proyectar los aleros en 2.5 metros, pasando de ser 2.72 metros a 5.22 metros quedando de la siguiente manera como nos muestra la Figura 13.

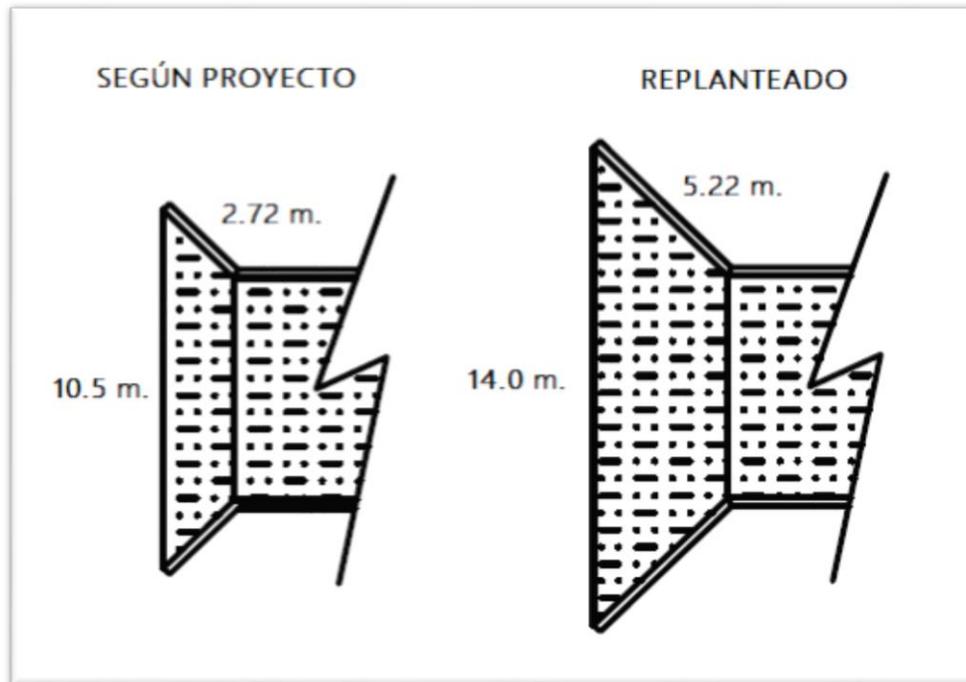


Figura 13: Vista en planta de los aleros

Es así como se tuvo en mejorar el diseño desarrollando los aleros, respetando el espesor del muro, la cota de referencia, así como su respectivo solado para la nueva área generada. Con este artificio se supondrá la solución al problema.

### **Competencias de la carrera de ingeniería agrícola.**

Como ya se dijo líneas arriba, la construcción de una captación interviene varias especialidades de la carrera de ingeniería agrícola para este caso en particular, la hidráulica fluvial, geología y geotécnica, materiales de construcción, el diseño hidráulico, diseño estructural, procedimientos de construcción, costos y presupuestos, análisis económico y financiero, estudio de impacto ambiental.

La carrera de ingeniería abarca estas especialidades, desde la observación del problema surgen las supuestas soluciones que tiene que ir de la mano la parte técnica; la realización de los trabajos de calidad y que funcionen, la parte económica; disponibilidad de financiamiento, y la parte administrativa y legal; para realizar una correcta ejecución dentro del marco establecido para una obra pública.

En mi calidad de coordinador de obra, estaba encargado coordinar la realización de la generación de la nueva partida, así como de su aprobación. En este caso en particular se denegó la solicitud de nueva partida, pero se generó un mayor metrado, debido al mayor desarrollo de los aleros. Esto último, se tuvo que hacer el seguimiento, para su aprobación ante la entidad, para su posterior pago al contratista.

#### **4.6.2. Caso II. Línea de conducción**

Para la instalación y/o construcción de la línea de conducción, al igual que el de la captación, se toma como referencia la norma OS.010 captación y conducción de agua para consumo humano, del reglamento nacional de edificaciones (Vásquez, 2020). Además, tomaremos de referencia las especificaciones técnicas del expediente técnico de la obra (Proyecto Especial Huallaga Central y Bajo Mayo, 2017). Es así que tenemos que tener en cuenta, los preceptos siguientes en la construcción:

- Para el diseño de la conducción con tuberías se tendrá en cuenta las condiciones topográficas, las características del suelo y la climatología de la zona a fin de determinar el tipo y calidad de la tubería.
- La velocidad mínima no debe producir depósitos ni erosiones, en ningún caso será menor de 0.6 m/s. La velocidad máxima admisible será para tuberías de PVC 5 m/s.
- Se colocarán válvulas extractoras de aire cuando haya cambio de dirección en los tramos con pendiente positiva. En los tramos de pendiente uniforme se colocarán cada 2.0 km como máximo.
- Se colocará válvulas de purga en los puntos bajos, teniendo en consideración la calidad del agua a conducirse y la modalidad de funcionamiento de la línea. Estas válvulas deberán ser instaladas en cámaras adecuadas, seguras y con elementos que permitan su fácil operación y mantenimiento.
- En el caso de suelos agresivos o condiciones severas de clima, deberá considerarse tuberías de material adecuado y debidamente protegido.

- Deberá diseñarse anclajes de concreto simple, concreto armado o de otro tipo en todo accesorio, o válvula, considerando el diámetro, la presión de prueba y condición de instalación de la tubería.
- En el diseño de toda la línea de conducción se deberá tener en cuenta el golpe de ariete. (Vásquez, 2020)

### **Problema N° 01. Replanteo.**

El replanteo como bien ya se mencionó, es llevar al terreno lo plasmado en los planos. Para este caso en particular, la línea de conducción, es el de realizar el trazado definitivo de la línea donde se instalará las tuberías. Además de ello, señalar las ubicaciones exactas de infraestructuras para el correcto funcionamiento de la línea; válvulas de aire, válvulas de purga, cámaras rompe presión y pases aéreos.

Según expediente técnico, se consideraba la construcción de 02 cámaras rompe presión, 10 válvulas de purga, 09 válvulas de aire y 02 pases aéreos.

Una vez realizado el levantamiento topográfico, se pudo divisar en el perfil longitudinal, había la necesidad de agregar más estructuras y accesorios para el correcto funcionamiento de la línea. Una vez corroborado en campo se halló; la necesidad de incluir en el trazo 04 válvulas de purga, 02 válvulas de aire y 01 pase aéreo más.

### **Solución:**

Sabiendo que; las válvulas de aire son válvulas ubicadas en puntos altos de las líneas de tubería, que impiden la pérdida de carga y disminución del caudal. Y válvulas de purga son válvulas ubicada en puntos bajos de las líneas de tubería, que facilitan la limpieza por tramos de la tubería. Impidiendo la acumulación de sedimentos. (Agüero, 2003).

Con el levantamiento realizado se pudo entregar a la supervisión los planos replanteados y las observaciones presentadas incluyendo las necesidades por agregar. Enumerándose el porqué de ellas.

- 04 Válvulas de Purga; necesario para realizar la limpieza en dichos tramos de la línea.

- 02 Válvulas de Aire; para la extracción del aire necesario, para que no se deteriore la tubería.
- 01 Pase Aéreo; ante la interferencia de una quebrada, con línea de terreno de considerable desnivel.

La supervisión dio el visto bueno para la implementación de las infraestructuras, para ello se solicitó el adicional correspondiente ante un mayor metrado.

### **Problema N° 02. Traslado de materiales de construcción.**

El trazo de la línea de conducción, como ya se ha dicho, comprendía parte de un camino de herradura angosto. El trabajo de instalación de tubería, correspondía a la apertura de zanjas a mano debido a la imposibilidad del ingreso de maquinaria pesada, así lo estipulaba el expediente técnico. Como se trató en el tema de la captación, solo se había comprendido en el presupuesto el flete de manera global. Es por ello que se tenía la necesidad de ver la manera de llevar los materiales a pie de obra (tuberías, agregados, cemento, accesorios, etc.).

### **Solución:**

Como se vio en la captación, se tuvo que habilitar un camino que posibilite el traslado de material hacia un punto cercano, más para la línea de conducción se tiene aproximadamente 2.0 km. de trazo. Era inviable habilitar otro acceso para el traslado de material a obra.

Analizando la topografía de la zona se observaba que el trazo de la línea de conducción, por tramos, iba paralela al camino habilitado hacia la captación y en las faldas de la montaña.

Se trabajó entonces en puntos de acopio a lo largo del trazo, en los que se almacenaría el material. Posteriormente el material almacenado sería llevado cuesta abajo de la montaña por rutas revisadas por el ingeniero de seguridad.

Es así como se procedió al traslado de todo el material según los requerimientos del trazo. Teniendo en cuenta que la mayor cantidad de material a utilizar sería en las cámaras rompe presión y los pases aéreos.

La cama de arena para la instalación de las tuberías se obtuvo zarandeando el material extraído en la apertura de zanja.

### **Competencias de la carrera de ingeniería agrícola:**

Como se lee en el caso presentado, las soluciones de las problemáticas presentadas pasan por soluciones ingenieriles, correspondientes a las especialidades de topografía, ingeniería hidráulica y procesos constructivos.

Así, por ejemplo, para el levantamiento del terreno tenemos que tener presente los cursos de topografía, y en especial el curso de topografía II, en la cual se capacita para realizar un levantamiento topográfico de un canal, y presentarlo en plano con su respectiva vista en planta y de perfil longitudinal. Bases para la comprensión de una obra hidráulica lineal y poder analizarla para proponer soluciones.

El curso de mecánica de fluidos, hidráulica, así como el curso de ingeniería de riegos, en los cuales se proporcionan conocimientos para comprender el comportamiento del agua en canales abiertos y cerrados, así como la comprensión de las leyes de la hidráulica, orientados básicamente al diseño de estructuras hidráulicas y redes de tuberías.

En este análisis como se está viendo ahora, la importancia del proceso constructivo y que se verá en lo sucesivo. Como ya se mencionó los cursos de materiales de construcción, técnicas de la construcción son importantes para comprender los procedimientos.

En mi calidad de coordinador de obra, estaba encargado coordinar la realización de los mayores metros, así como de su aprobación. Esto debido a la necesidad de mayor cantidad de estructuras. Hacer el seguimiento del pago al contratista, también correspondía. Así mismo llevar un control de las metas de los trabajos en la línea de conducción para la correcta ejecución de la obra.

### **4.6.3. Caso III. Reservorios**

Para la construcción de los reservorios, se toma como referencia la NORMA OS.030 almacenamiento de agua para consumo humano, del reglamento nacional de edificaciones (Vásquez, 2020). Además, tomaremos de referencia las especificaciones técnicas del Expediente

Técnico de la obra (Proyecto Especial Huallaga Central y Bajo Mayo, 2017). Es así que tenemos que tener en cuenta, los preceptos siguientes en la construcción:

- Los reservorios se deben ubicar en áreas libres, el proyecto deberá incluir un cerco que impida el libre acceso a las instalaciones.
- Para el diseño de los reservorios de almacenamiento se deberá contar con información de la zona elegida, como fotografías aéreas, estudios de topografía mecánica de suelos, variaciones de niveles freáticos, características químicas del suelo y otros que se considere necesario.
- Los reservorios no deberán estar ubicados en terrenos sujetos a inundaciones, deslizamientos u otros riesgos que afecten su seguridad.
- Deberán ser diseñados como reservorio de cabecera, su tamaño y forma responderá a la topografía y calidad del terreno, al volumen de almacenamiento, presiones necesarias y materiales de construcción a emplearse. La forma de los reservorios no debe representar estructuras de elevado costo.
- La superficie interna de los reservorios será, lisa y resistente a la corrosión.
- Se debe prever que las labores de mantenimiento sean efectuadas sin causar interrupciones prolongadas del servicio. La instalación debe contar con un sistema de “by pass” entre la tubería de entrada y salida o doble cámara de almacenamiento. (Vásquez, 2020)

### **Problema N° 02. Ubicación.**

Según expediente técnico, se tenía previsto la construcción de 02 reservorios apoyados:

- a. Reservorio 01, con una capacidad de 70 m<sup>3</sup>, el cual abastecería a las comunidades; de Los Ángeles-Las Palmeras, San Pedro y Río Blanco.

- b. Reservorio 02, con una capacidad de 90 m<sup>3</sup>, el cual abastecería a las comunidades; de Guantánamo, Independencia, Nueva Piura, Nuevo Nazaret, Fray Martín, Río Uchiza, Pacota y Manteca.

Mediante el replanteo, se localizaron las ubicaciones, según expediente técnico, de los 02 reservorios. Al momento de la construcción de ambas estructuras, se pudo comenzar con el Reservorio 01 ya que se tenía disponibilidad del terreno, más para el caso del reservorio 02 no se tenía disponibilidad de terreno, ya que este, anteriormente de posesión de la comunidad de Las Palmeras, paso a ser propiedad de un particular, el cual se negaba a brindar el terreno de forma gratuita.

**Solución:**

Según el reglamento de las contrataciones del estado, uno de los requisitos para el inicio del plazo de ejecución de la obra, es la entrega del terreno saneado por parte de la entidad contratante, la Municipalidad distrital de Nuevo Progreso. Valga decir, libre disponibilidad del terreno para el inicio de los trabajos. Se cursaron las cartas a la Municipalidad para la solución del problema.

La respuesta de la municipalidad se dilató, y no se veía pronta solución, más como contratistas, no podíamos esperar tanto tiempo. Se tenía que plantear más opciones. Una de ellas era el de buscar otro terreno para el reservorio 02, esto con el apoyo de los dirigentes de la comunidad de Las Palmeras, los cuales finalmente brindaron un terreno propio de la comunidad.

Teniendo en cuenta que:

Los reservorios permiten almacenar agua en las horas en los cuales la demanda es menor que el suministro de agua además de mantener la presión adecuada en la red de distribución. (Agüero, 2003).

Teniendo como referencia las recomendaciones del reglamento nacional de edificaciones. Se tuvo que tener la premisa que el nuevo lugar tenía que cumplir con un lugar adecuado (topografía y calidad del terreno) y las presiones de agua necesarias para abastecer a las comunidades.

Es así que se encontró un terreno que cumplía con los requisitos establecidos, se demostró la calidad del terreno, haciendo un estudio de suelos, el cual dio como resultado que óptimo, para soportar la estructura del reservorio 02. Así también se caracterizó el terreno, con bajo nivel freático. Y la ubicación era la ideal para la operación y el mantenimiento del mismo.

Otro de los puntos que se analizaron fueron las presiones necesarias para la llegada a los puntos críticos de la línea de aducción. Estos puntos fueron la comunidad de San Pedro, por tener la mayor cota de superficie del terreno y la comunidad de Río Blanco, por ser la más alejada. Esto fue verificado gracias al replanteo topográfico.

### **Competencias de la carrera de ingeniería agrícola.**

Para este caso se comprende claramente la necesidad de tener conocimientos en los temas de topografía, mecánica de suelos, geología y geotécnica e hidráulica.

Son cursos ya mencionados que imparten los departamentos de la carrera de ingeniería agrícola y que son obligatorios en la carrera.

La topografía para dirigir un levantamiento topográfico y replanteo, que sirven en realidad para toda la obra. Nos acompaña entonces la topografía desde el inicio hasta el final del proyecto.

La Mecánica de suelos, la geología y geotecnia, son dos cursos importantes, para comprender que toda infraestructura debe estar apoyadas en bases sólidas y son demostradas en los distintos ensayos que se realizan y analizan. Así por ejemplo para ver el soporte del terreno se hace el ensayo de corte directo dentro de los más importantes.

La capacitación en temas Hidráulicos, es constante en la carrera, con ello podemos analizar y comprender el comportamiento del agua, en este caso mediante las tuberías.

En mi calidad de coordinador de obra, como coordinador de los frentes de trabajo, tenía la tarea de posibilitar los vistos buenos para la realización de los trabajos, desde el cursar solicitudes a la entidad para la absolución de dudas, hasta recomendar opciones de solución como parte del equipo técnico. Logrando que las metas se ejecuten correctamente y dentro de los tiempos establecidos.

#### **4.6.4. Caso IV. Línea de aducción**

Para la instalación de la línea de aducción, el reglamento nacional de edificaciones (en adelante RNE) no tiene una norma específica, ya que sobre entiende que se debe de tomar como parte de la Red de Distribución de los proyectos esto quiere decir que se diseñan según la fórmula de Hazen-Williams. Tomamos como referencia entonces la norma técnica de diseño: Opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito Rural (MVCS, 2018). Además, tomaremos de referencia las especificaciones técnicas del expediente técnico de la obra (Proyecto Especial Huallaga Central y Bajo Mayo, 2017). Es así que tenemos que tener en cuenta, los preceptos siguientes en la construcción:

- Se debe evitar pendientes mayores del 30% para evitar altas velocidades, e inferiores al 0,50%, para facilitar la ejecución y el mantenimiento.
- Con el trazado se debe buscar el menor recorrido, siempre y cuando esto no conlleve excavaciones excesivas u otros aspectos. Se evitarán tramos de difícil acceso, así como zonas vulnerables.
- En los tramos que discurren por terrenos accidentados, se suavizará la pendiente del trazado ascendente pudiendo ser más fuerte la descendente, refiriéndolos siempre al sentido de circulación del agua.
- Evitar cruzar por terrenos privados o comprometidos para evitar problemas durante la construcción y en la operación y mantenimiento del sistema.
- Mantener las distancias permisibles de vertederos sanitarios, márgenes de ríos, terrenos aluviales, nivel freático alto, cementerios y otros servicios.
- Establecer los puntos donde se ubicarán instalaciones, válvulas y accesorios, u otros accesorios especiales que necesiten cuidados, vigilancia y operación. (MVCS, 2018).

### **Problema N° 01. Interferencias.**

Como bien se ha dicho en el replanteo de los reservorios se tiene que tener en cuenta las zonas a abastecer, esto quiere decir que llegue la cantidad de agua necesaria, a una presión adecuada. Con este precepto se enlaza los reservorios en la cabecera del terreno, y se traza las líneas de aducción, que llegarán a las entradas de las comunidades, donde comenzará las redes de distribución.

Una vez corroborado las alturas de los terrenos, en los perfiles longitudinales, se comienza el trazado y estacado del trazo de la línea de conducción.

Uno de los problemas presentados en la línea de aducción, fue el de la interferencia con los campos de cultivo de arroz, el cual se riega por inundación en la zona del proyecto. Se entendía entonces, que el suelo estaría saturado gran parte del año. Sabiendo nosotros que, por recomendación de la norma, se tiene que evitar terrenos de inundación e inaccesibles para su operación y mantenimiento. Así también el proceso de constructivo, generaría mayores costes a la obra.

### **Solución:**

Como se describe, el inconveniente que hubo es concretamente con el cruce de los campos de cultivo. La única solución viable que se le propuso a la supervisión, fue el de desviar el trazo por los linderos de aquellas zonas inundadas por lo general, esta solución conto con la anuencia por parte de la supervisión.

Este cambio en el trazo generó 1.5 Km. de línea de aducción más el trazo. El cual cambiaría el trazo, y que ahora sería desarrollado circundando los campos de cultivos, al borde del campo.

Esto generó otro problema, el cual fue que, al estar cercano al campo de cultivo, en diversos tramos, se inundaba el campo de cultivo, se infiltraba el agua hacia las zanjas de excavación, donde iría las tuberías. Imposibilitando la correcta ejecución de las labores.

Para ello también se tuvo que solucionar realizando un artificio constructivo que fue el de mejorar el drenaje del suelo, colocando piedra de canto de río, de diámetro variable de 2 a 4 pulgadas generalmente.

Gracias a ese proceso constructivo, se pudo realizar las labores de instalación correctas.

### **Competencias de la carrera de ingeniería agrícola.**

Como se lee en el caso presentado, las soluciones de las problemáticas presentadas pasan por soluciones ingenieriles, correspondientes a las especialidades de topografía, ingeniería hidráulica, mecánica de suelos y procesos constructivos.

Así, por ejemplo, para el levantamiento del terreno tenemos que tener presente los cursos de topografía, y en especial el curso de topografía II, donde se analiza los perfiles longitudinales para proponer soluciones.

La mecánica de fluidos presente en todo el trazo de la línea de aducción para el diseño de estructuras hidráulicas y redes de tuberías.

En este análisis como se ve, la importancia del proceso constructivo, las recomendaciones por bibliografía normada. Como ya se mencionó los cursos de materiales de construcción, técnicas de la construcción son importantes para comprender los procedimientos.

La Mecánica de Suelos nos ayuda en este caso para comprender el comportamiento de ciertos suelos ante la presencia de agua, y como mejorar a nuestra conveniencia.

En mi calidad de coordinador de obra, estaba encargado coordinar la realización de los mayores metrados, así como de su aprobación. Esto debido a la necesidad de mayor cantidad línea de aducción, hacer el seguimiento del pago al contratista, también correspondía. Así mismo llevar un control de las metas de los trabajos en la línea de conducción para la correcta ejecución de la obra. El artificio que se utilizó que fue el de colocar piedra de río debió entrar como partida nueva y fue presentada a la supervisión para su posterior pago, más no se nos aprobó dicha partida, la cual generó controversia en la obra.

### **4.6.5. Caso V. Redes de distribución de agua.**

Para la instalación de redes de distribución de agua, se toma como referencia la norma OS.050 redes de distribución de agua para consumo humano, del reglamento nacional de edificaciones (Vásquez, 2020). Además, tomaremos de referencia las especificaciones técnicas del expediente

técnico de la obra (Proyecto Especial Huallaga Central y Bajo Mayo, 2017). Es así que tenemos que tener en cuenta, los preceptos siguientes en la construcción:

- Se ubicará en cada habilitación un BM auxiliar como mínimo y dependiendo del tamaño de la habilitación se ubicarán dos o más, en puntos estratégicamente distribuidos para verificar las cotas de cajas a instalar.
- Las redes de distribución se proyectarán, en principio y siempre que sea posible en circuito cerrado formando malla. Su dimensionamiento se realizará en base a cálculos hidráulicos que aseguren caudal y presión adecuada en cualquier punto de la red debiendo garantizar en lo posible una mesa de presiones paralela al terreno.
- El diámetro mínimo de las tuberías principales será de 75 mm para uso de vivienda y de 150 mm de diámetro para uso industrial.
- En caso excepcionales, debidamente fundamentados, podrá aceptarse tramos de tuberías de 50 mm de diámetro, con una longitud máxima de 100 m si son alimentados por un solo extremo o de 200 m si son alimentados por los dos extremos, siempre que la tubería de alimentación sea de diámetro mayor y dichos tramos se localicen en los límites inferiores de las zonas de presión.
- La velocidad máxima será de 3 m/s. En casos justificados se aceptará una velocidad máxima de 5 m/s.
- La Presión estática no será mayor de 50 m en cualquier punto de la red. En condiciones de demanda máxima horaria, la presión dinámica no será menor de 10 m.
- En todos los casos las tuberías de agua potable se ubicarán, respecto a las redes eléctricas, de telefonía, conductos de gas u otros, en forma tal que garantice una instalación segura. (Vásquez, 2020).

### **Problema N° 01. Beneficiarios.**

Dentro de una de las tareas de la especialista del área de intervención social se encontraba el de ubicar a los beneficiarios del padrón presentado en el expediente técnico. La labor se tuvo que complementar con el apoyo de un personal de topografía que generaría el plano catastral de replanteo de las comunidades en las que se ubicaría a los beneficiarios.

En la presentación de los planos, se observó que muchos beneficiarios estaban fuera del área de influencia del proyecto, esto en las once comunidades. El Área de influencia del proyecto viene limitada por las recomendaciones que nos proporciona el reglamento nacional de edificaciones y los costes del proyecto. Se tuvo que analizar la solución y la factibilidad de incorporar a los beneficiarios del proyecto contemplados en el expediente técnico y beneficiarios nuevos existentes dentro del área.

### **Solución:**

Primero se debe saber de qué depende el área de influencia del proyecto, para lo cual vemos que las recomendaciones vienen dadas en el reglamento; ya que limita las longitudes a 100 metros de longitud, para tuberías principales de distribución de diámetro 50 milímetros, si son alimentados por un extremo, y 200 metros para tuberías alimentadas por dos extremos. Así también si se forzaba la red distribución, ampliando los diámetros de tuberías, estaríamos elevando los costos del proyecto.

Se analizó la factibilidad de realizar dichos artificios, se planteó a la supervisión las modificaciones al proyecto para poder abarcar a los beneficiarios fuera del área de influencia. La cual fue negada en su gran mayoría para las once comunidades, fue uno de los factores que disminuyó en gran cantidad, los beneficiarios del proyecto, que finalmente pasó de 1212 a 1051 beneficiarios.

Quedó como recomendación, por parte del contratista, realizar un mejoramiento del proyecto para abarcar dichos lotes que no se pudieron intervenir.

### **Competencias de la carrera de ingeniería agrícola.**

Para este caso se comprende claramente la necesidad de tener conocimientos en los temas de topografía e hidráulica.

Son cursos ya mencionados que imparten los departamentos de la carrera de ingeniería agrícola y que son obligatorios en la carrera.

La topografía para dirigir un levantamiento topográfico y replanteo, que nos sirven en realidad para toda la obra. Nos acompaña entonces la topografía para este caso para realizar un levantamiento primario con GPS, y luego un levantamiento catastral.

La capacitación en temas hidráulicos, es constante en la carrera, con ello podemos analizar y comprender el comportamiento del agua, en este caso mediante las tuberías. Así también cabe mencionar la capacitación que, en el curso de abastecimiento de agua potable, donde se ve los diseños de redes de distribución.

En mi calidad de coordinador de obra, coordino los trabajos de las distintas especialidades, para posibilitar y aprobar frentes de trabajo. El de cursar documentación proponiendo los cambios del proyecto para abarcar a la mayor cantidad de beneficiarios del expediente técnico, con el propósito de lograr que se cumplan las metas del proyecto en lo posible.

#### **4.6.6. Caso VI. Unidades básicas de saneamiento**

Para la instalación y/o construcción de las unidades básicas de saneamiento utilizando biodigestores, el reglamento nacional de edificaciones no tiene una norma específica sobre el tratamiento de las aguas residuales por medio de unidad básica de saneamiento, con implementación de biodigestores. Tomamos como referencia el Manual De Instalación Y Mantenimiento De Biodigestores De Rotoplas (Rotoplas, 2013). Además, tomaremos de referencia las especificaciones técnicas del expediente técnico de la obra (Proyecto Especial Huallaga Central y Bajo Mayo, 2017). Es así que tenemos que tener en cuenta, los preceptos siguientes en la construcción:

- Evitar terrenos pantanosos de relleno o sujetos a inundaciones, evitar cualquier paso de vehículos sobre el biodigestor y no instalar debajo de veredas pues obstaculizará su

mantenimiento. Considere la posibilidad de futuras expansiones de la construcción, veredas, bardas, patios, etc., antes de seleccionar el sitio para instalar el Biodigestor.

- A 60 metros de distancias a embalses o cuerpos de agua utilizados como fuentes de abastecimiento, a 30 metros de distancia a pozos de agua, a 15 metros de distancia a corrientes de agua y a 5 metros de distancia a la edificación o predios colindantes.
- Instalar el producto a 1 metro por encima del nivel freático.
- Se recomienda colocar el biodigestor cerca de la vivienda para no profundizar su colocación y facilitar el acceso a la válvula de extracción de lodos.
- El agua residual que sale del biodigestor termina su tratamiento en el terreno, en el área de percolación y ésta puede ser de dos tipos:
  - Tipo de pozo de absorción vertical; Cuando no tengo área libre, cuando los primeros centímetros del suelo no son permeables y para no perjudicar estructuras aledañas.
  - Tipo de zanjas de infiltración horizontal; Cuando tengo área libre, si no perjudico las cimentaciones y cuando el terreno es permeable (Rotoplas, 2013).

### **Problema N° 01. Sistema de saneamiento.**

Según Expediente Técnico, se tenía previsto el sistema de saneamiento por medio de Unidad Básica de Saneamiento (en adelante UBS), incluyendo el tratamiento de aguas residuales por medio de Biodigestores. El cual trajo resistencia por parte de las comunidades de aceptar dicho sistema de tratamiento. Con el fundamento de que dicho sistema no funcionaba produciendo malos olores, y que era corroborado por otros poblados que fueron beneficiarios de proyectos que incluían dicho sistema de tratamiento y evidenciaban dichos problemas. Solicitaban modificar el proyecto excluyendo el sistema de biodigestores y ser reemplazado por un sistema de alcantarillado y posterior tratamiento en laguna de oxidación.

Al estar en contra de dicho sistema de tratamiento, impidieron la realización de los trabajos de las UBS.

## **Solución**

La solución tenía que estar basada principalmente de la literatura y la normativa vigente. Además de ello de realizar reuniones informativas, donde fueron convocados especialistas, tanto por parte de la municipalidad, así como del ministerio de vivienda, construcción y saneamiento.

Se les hizo saber a la población que los recursos procedieron del ministerio de vivienda y que dicha entidad tenía estipulado diversos requisitos para la aprobación de los expedientes técnicos. Y en base a la normativa, se considera población rural a pueblos menores de 2,000 habitantes. Según la normativa del Ministerio el sistema de alcantarillado solo se instala para poblaciones urbanas (mayores a 2,000 habitantes), así como las lagunas de oxidación. Para el proyecto, como ya se mencionó, son once comunidades y la comunidad con mayor cantidad de habitantes es, según expediente técnico, Las Palmeras, con 858 habitantes por lo tanto no correspondería dicho sistema de tratamiento de aguas residuales.

Todo esto se llevó en reuniones informativas donde se convenció a la población de aceptar dicho proyecto, y para el correcto mantenimiento y operación del sistema, se realizaron las charlas por medio de la especialista del área de Intervención Social.

## **Problema N° 02. Metrados.**

Al revisar con más detalle el expediente técnico, se tiene que comprobar los metrados, sabiendo que en principio la obra es a precios unitarios, donde se paga por trabajo realizado según el metrado ejecutado.

Realizando el metrado, se halló que dos partidas estuvieron mal metrados en el expediente técnico, que fueron; el tarrajeo y enlucido de muros y el asentado de ladrillos.

Para la partida de tarrajeo y enlucido de muros solo se había metrado los muros interiores del baño, no se incluía la parte externa.

Para la partida de asentado de ladrillo se había metrado mal, pero esta vez en exceso.

**Solución:**

La solución tiene que pasar por un tema técnico, administrativo y legal. Técnico porque se requiere hacer las mediciones exactas y hacer una revisión de los planos ya que ante controversias en el expediente técnico (en este caso los metrados) los que nos mandan por orden de prelación son los planos. Administrativo y legal; ya que se tiene que solicitar en el caso que corresponda los adicionales por mayores metrados para el cumplimiento de la meta del proyecto.

Para la partida de tarrajeo y enlucido de muros, se revisó los planos y efectivamente estaba incluido el trabajo en la parte externa del baño, así que se tenía que realizar y ser aprobado los adicionales por mayor metrado la cual se hizo y se realizó el pago al contratista.

Para la partida de asentado de ladrillo se revisaron los planos, y efectivamente se tenía que realizar un menor trabajo, para este caso no se solicitó administrativamente nada, ya que se entendía que sería pagado según lo efectivamente ejecutado.

**Competencias de la carrera de ingeniería agrícola.**

Podemos ver que para este caso se tiene que saber el proceso constructivo y el tener conocimiento de metrados. Conocimientos impartidos en el curso de técnicas de la construcción.

Además de ello tener los conocimientos en los diversos sistemas de saneamiento y su funcionamiento. Para la cual el curso de manejo de aguas residuales me sirvió de base para entender el sistema de saneamiento ejecutado.

En mi calidad de coordinador de obra, coordine el correcto metrado y revisión de la documentación necesaria para solicitudes de adicionales por mayor metrado. Y que como contratista se nos pague lo que nos corresponde por trabajo ejecutado.

## **V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. CONCLUSIONES**

1. Se dio a conocer las labores profesionales, acordes a la carrera de ingeniería agrícola, en la ejecución de la obra: “Instalación del sistema de agua potable y saneamiento para once comunidades del distrito de Nuevo Progreso, provincia de Tocache, departamento de San Martín”. Desprendiéndose que en una obra como la mencionada, intervienen las especialidades tales como; la administración de maquinaria, topografía, hidrología, hidráulica fluvial, geología y geotécnica, mecánica de suelos, materiales de construcción, diseño hidráulico, diseño estructural, procedimientos de construcción, costos y presupuestos, análisis económico y financiero, estudio de impacto ambiental. etc. Especialidades que son tratadas en los distintos cursos impartidos en la carrera del ingeniero agrícola.
2. Se explicó el proyecto; “Instalación del sistema de agua potable y saneamiento para once comunidades del distrito de Nuevo Progreso, provincia de Tocache, departamento de San Martín”. La cual se basó principalmente en la casuística de la problemática presentada en la ejecución de la obra, y tomando en cuenta seis metas importantes del proyecto, que fueron: La captación, la línea de conducción, el almacenamiento (reservorios), las líneas de aducción, las redes de distribución, el sistema de saneamiento. A falta de la planta de tratamiento de agua potable, que solo se dio los conceptos generales de diseño.

Se analizaron las funciones del coordinador de obra, para el proyecto “Instalación del sistema de agua potable y saneamiento para once comunidades del distrito de Nuevo Progreso, provincia de Tocache, departamento de San Martín”. Entre las más importantes tenemos: coordinar la realización de los expedientes para nuevas partidas, adicionales y deductivos vinculantes de obra; hacer el seguimiento de aprobación documentaria para su

posterior ejecución; coordinar las labores de las distintas especialidades, como por ejemplo, el área ambiental, laboratorio de suelos e intervención social; realizar el seguimiento del cumplimiento de las metas e hitos, de la mano del área de producción; coordinar la contratación del alquiler de maquinaria para la obra. Entre otras labores.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

1. Partiendo de su base teórica, se demuestra la importancia del ingeniero agrícola en las obras de abastecimiento de agua potable y saneamiento, más en la actualidad se manejan términos de productividad y eficiencia en los proyectos, por tanto, se recomienda el desarrollo de cursos relacionados con gestión de proyectos, para ampliar la visión del estudiante.
2. Recomiendo mayor cantidad de convenios con instituciones públicas y/o privadas, que beneficien el desenvolvimiento de los estudiantes, en labores prácticas de la carrera.
3. Con respecto a la obra; “Instalación del sistema de agua potable y saneamiento para once comunidades del distrito de Nuevo Progreso, provincia de Tocache, departamento de San Martín”. Se recomienda hacer una adecuada programación de los trabajos topográficos, en especial en obras lineales como la presentada. Realizar replanteo de las principales estructuras en el menor tiempo posible para un mejor control de los trabajos a ejecutar.
4. Se recomienda hacer más investigación con respecto a los sistemas de saneamiento rural, en aplicación de los sistemas de saneamiento. Se tienen que caracterizar más a las poblaciones, por ejemplo, el tema de la densidad; no es lo mismo tener calles anchas y lotes amplios, que lugares tugurizados donde es complicado la instalación de sistemas de tratamientos como los que recomienda el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

## **VI. BIBLIOGRAFÍA**

Agüero, R. 2003. Agua Potable Para Poblaciones Rurales, sistemas de abastecimiento por gravedad sin tratamiento. Lima – Perú. Asociación Servicios Educativos Rurales.

Alvarado, J. 2018. Ejecución y Supervisión de Obras Públicas. Lima: Marketing Consultores SA.

Barrios, C; Torres, R; Lampoglia, T; Agüero R. 2009. Guía de orientación en saneamiento básico para alcaldías de municipios rurales y pequeñas comunidades. Lima: SER. pp 51 - 57

La Contraloría General de la República, 2018. Obras Públicas. Lima – Perú. La Contraloría General de la República.

Moya, P. 2000. Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado. Lima: s.n. pp. 84-166.

MVCS (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento). 2017. Plan Nacional de Saneamiento 2017 – 2021. MVCS. Perú. Pp. 53. Disponible en: <http://direccion.saneamiento.vivienda.gob.pe/DocumentosSecciones/Libro%20Plan%20Nacional%20de%20Saneamiento.pdf>.

MVCS (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento). 2018. Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural. Lima: MVCS.

Proyecto Especial Huallaga Central y Bajo Mayo. 2017. Expediente Técnico del proyecto “Instalación del Sistema de Agua Potable Y Saneamiento para Once Comunidades del Distrito de Nuevo Progreso – Tocache – San Martín. Perú.

Rotoplas, 2013. Manual de Instalación y Mantenimiento de Biodigestores Autolimpiable. Lima: Dalka SAC.

Salinas, M. 2003. Costos, Presupuestos, Valorizaciones y Liquidaciones de Obra. Lima: ICG.

Sviatoslav, K. 1996. Diseño Hidráulico. Quito: S/N.

UNALM (Universidad Nacional Agraria La Molina). 2011. Catálogo General, Facultad de Ingeniería Agrícola. UNALM. Perú. Pp. 10-12.

Vásquez, O. 2020. Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima: Oscar Vásquez SAC.

Villena, I.1996. Topografía De Obras. Barcelona: UPC. pp 15.

