



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**MEJORAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS Y MÉTODOS EN LA  
CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE POR GRAVEDAD, EN LA  
ASOCIACIÓN PRO AGUA DEL PUEBLO**

**Erick Francisco Sum Quijvix**

Asesorado por la Inga. Sigrid Alitza Calderón de León

Guatemala, abril de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MEJORAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS Y MÉTODOS EN LA  
CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE POR GRAVEDAD, EN LA  
ASOCIACIÓN PRO AGUA DEL PUEBLO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**ERICK FRANCISCO SUM QUIJIVIX**  
ASESORADO POR LA INGA. SIGRID ALITZA CALDERÓN DE LEÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, ABRIL DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADORA	Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
EXAMINADORA	Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **MEJORAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS Y MÉTODOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE POR GRAVEDAD, EN LA ASOCIACIÓN PRO AGUA DEL PUEBLO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 20 de enero de 2010.

  
**Erick Francisco Sum Quijivix**



Guatemala, 24 de octubre de 2011.  
REF.EPS.DOC.1378.10.11.

Ingeniera  
Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano  
Directora Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimada Inga. Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Industrial, **Erick Francisco Sum Quijivix**, Carné No. **2830363** procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"MEJORAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS Y MÉTODOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE POR GRAVEDAD, EN LA ASOCIACIÓN PRO AGUA DEL PUEBLO"**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

  
Inga. Sigrid Alitza Calderón de León  
**Asesora-Supervisora de EPS**  
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



/ra



Guatemala, 24 de octubre de 2011.  
REF.EPS.D.984.10.11

Ingeniero  
César Ernesto Urquizú Rodas  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ing. Urquizú Rodas.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"MEJORAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS Y MÉTODOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE POR GRAVEDAD, EN LA ASOCIACIÓN PRO AGUA DEL PUEBLO"** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Erick Francisco Sum Quijivix** quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Sigrid Alitza Calderón de León.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte de la Asesora-Supervisora de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zedera de Serrano  
Directora Unidad de EPS



NISZ/ra



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **MEJORAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS Y MÉTODOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE POR GRAVEDAD, EN LA ASOCIACIÓN PRO AGUA DEL PUEBLO**, presentado por el estudiante universitario **Erick Francisco Sum Quijivix**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

CONSEJO DE INGENIERIA Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, noviembre de 2011.

/mgp



REF.DIR.EMI.091.013

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **MEJORAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS Y MÉTODOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE POR GRAVEDAD, EN LA ASOCIACIÓN PRO AGUA DEL PUEBLO**, presentado por el estudiante universitario **Erick Francisco Sum Quijivix**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas  
**DIRECTOR**  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, marzo de 2013.

/mgp






DTG. 262 .2013

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **MEJORAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS Y MÉTODOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE POR GRAVEDAD, EN LA ASOCIACIÓN PRO AGUA DEL PUEBLO**, presentado por el estudiante universitario **Erick Francisco Sum Quijivix**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, 12 de abril de 2013

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por guiar mis pasos y brindarme las oportunidades para alcanzar mis metas.
- Mis padres** Fausto Antonio Sum Cojóm y Esperanza Quijivix López, por el amor y el apoyo que siempre me han brindado y por creer en mi desde el inicio.
- Mi hermano** Victor Antonio Sum Quijivix, por el apoyo y consejos brindados desde siempre y por los buenos momentos compartidos.
- Mis abuelos** Victoriano Quijivix Ixcolín (q.e.p.d.) y Juana López Xicará (q.e.p.d.), Victor Manuel Sum Reyes (q.e.p.d.) y Macedonia Cojóm Quixtán (q.e.p.d.), por el legado que me han dejado, gracias donde sea que me estén viendo.
- Mis familiares** Por la motivación brindada de una u otra manera para alcanzar esta meta.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**El personal de la  
Asociación Proagua del  
Pueblo**

Por la colaboración para realizar este trabajo,  
haciéndolo una amena experiencia.

**Inga. Sigrid Alitza  
Calderón de León**

Por el interés y paciencia puesto en el  
asesoramiento de este trabajo.

**Inga. Norma Ileana  
Sarmiento Zeceña**

Por la supervisión y revisión de este trabajo.

**Ing. César Ernesto  
Urquizú**

Por la supervisión y revisión de este trabajo.

**La familia Pérez Malín**

Por brindarme su apoyo en la época estudiantil,  
lo cual fue algo valioso en esa etapa.

**La Facultad de  
Ingeniería de la  
Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Por todo lo que he aprendido dentro y fuera de  
sus aulas y por los inolvidables momentos de la  
vida estudiantil.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	IX
GLOSARIO .....	XI
RESUMEN .....	XIII
OBJETIVOS .....	XV
INTRODUCCIÓN .....	XVII
1. INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA .....	1
1.1. Antecedentes de la empresa.....	1
1.2. Visión y misión de la empresa.....	2
1.3. Estructura de la empresa .....	2
1.4. Servicios que presta.....	6
1.5. Departamento de Aguas y Saneamiento.....	6
1.5.1. Estructura del Departamento de Agua y Saneamiento.....	6
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL .....	9
2.1. Situación actual del Departamento de Agua y Saneamiento .....	9
2.1.1. Organigrama del Departamento de Agua y Saneamiento.....	10
2.1.2. Relación con otros departamentos.....	16
2.1.2.1. Departamento de Cotizaciones y Compras.....	18
2.1.2.2. Departamento de Cotizaciones y Compras.....	18
2.1.2.3. Compras.....	18

	2.1.2.4.	Departamento Financiero Contable ...	18
2.1.3.		Descripción del proceso de construcción de sistemas de agua .....	19
2.1.4.		Elementos del proceso de construcción .....	22
2.1.5.		Diagrama Ishikawa del proceso de construcción de los sistemas de agua .....	36
	2.1.5.1.	Análisis del diagrama .....	39
2.1.6.		Propuesta de mejoras del proceso de construcción de los sistemas.....	42
	2.1.6.1.	Propuesta y mejora de los métodos constructivos que eleven la cantidad de los sistemas de agua .....	42
	2.1.6.2.	Propuesta de implementación normas y estandarización de las medidas las obras a construir.....	67
	2.1.6.3.	Propuesta de mejoras en el aspecto de calidad del agua.....	68
	2.1.6.4.	Propuesta de mejoras en el aspecto de funcionalidad.....	70
	2.1.6.5.	Propuesta de mejoras en el aspecto de medidas y revisión de la calidad de los materiales.....	74
2.1.7.		Implementación de mejoras del proceso de construcción de los sistemas.....	76
	2.1.7.1.	Implementación y mejoras de los métodos constructivos que eleven la calidad de los sistemas .....	76

2.1.7.2.	Implementación de normas y estandarización de las medidas de las obras a construir .....	77
2.1.7.3.	Implementación de mejoras en el aspecto de calidad del agua .....	77
2.1.7.4.	Implementación de mejoras en el aspecto de funcionalidad .....	84
2.1.7.5.	Implementación de mejoras en el aspecto de medidas y revisión de la calidad de los materiales .....	84
2.1.8.	Diagnóstico del personal técnico.....	87
2.1.8.1.	Diagnóstico del descriptor del puesto .	87
2.1.8.2.	Actividades que realiza el personal del Departamento de Agua y Saneamiento .....	88
2.1.8.3.	Capacitación al personal para llenar el perfil.....	88
2.1.9.	Equipo a mejorar .....	89
2.2.	Diseño del sistema de calidad .....	89
2.2.1.	Personal .....	89
2.2.1.1.	Capacitación del personal en los nuevos procesos propuestos.....	90
2.2.2.	Procedimientos .....	90
2.2.2.1.	Diagrama de actividades (PERT) de la metodología a implementar .....	90
2.2.2.2.	Propuesta del proceso mejorado de revisión de la calidad de los materiales.....	94

2.2.2.3.	Propuesta del proceso mejorado de revisión de la funcionalidad del sistema de agua.....	95
2.2.2.4.	Propuesta de la implementación del Control de la calidad del agua.....	95
3.	FASE DE INVESTIGACIÓN .....	97
3.1.	Plan de contingencias implementado .....	97
3.1.1.	Contenido general del plan de contingencias actual .....	97
3.1.2.	Plan de contingencias para proyectos de agua .....	98
3.1.3.	Identificación de amenazas e impactos .....	99
4.	FASE DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE .....	117
4.1.	Capacitaciones en toma de muestras de agua para análisis .....	117
4.2.	Capacitación en la implementación de los métodos y procesos mejorados para la construcción de los sistemas de agua .....	117
4.3.	Capacitación del personal en el tema del plan de contingencia .....	118
4.4.	Capacitación sobre el marco legal en que se desenvuelve el trabajo realizado por el Departamento de Aguas y Saneamiento .....	118
	CONCLUSIONES .....	121
	RECOMENDACIONES .....	123
	BIBLIOGRAFÍA .....	125
	ANEXOS .....	127

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Organigrama general de la Asociación Proagua del Pueblo .....	3
2.	Organigrama del Departamento de Agua y Saneamiento .....	10
3.	Relación del Departamento de Agua y Saneamiento con otros departamentos.....	16
4.	Diagrama de bloques del proceso de construcción de un sistema de agua .....	21
5.	Elementos básicos de un sistema de agua por gravedad .....	22
6.	Diagrama PERT actual para la construcción de un sistema de agua ..	35
7.	Diagrama de Ishikawa aplicado a los sistemas de agua defectuosos .	38
8.	Diagrama de bloques para la prueba preliminar de material orgánico en arena .....	45
9.	Diagrama de bloques para la prueba de materiales finos en arena ....	46
10.	Diagrama de bloques para la prueba de materia orgánica en arena ...	47
11.	Diagrama de bloques para la prueba de control en la proporción de los agregados del concreto .....	50
12.	Diagrama de bloques para la prueba de control en la elaboración del concreto .....	52
13.	Descriptor del puesto para el ingeniero supervisor .....	54
14.	Descriptor del puesto para el técnico en agua .....	56
15.	Descriptor del puesto para el maestro de obras.....	58
16.	Dibujo de trampa de grasa utilizado actualmente.....	69
17.	Diagrama de bloques para la factibilidad de campo.....	71



18.	Diagrama de bloques para la revisión de un diseño elaborado externamente .....	72
19.	Diagrama de bloques para la revisión de un diseño elaborado internamente .....	73
20.	Diagrama de bloques para la compra de materiales por parte de la Unidad de Cotizaciones y Compras .....	75
21.	Diagrama de bloques para tomar muestras de agua para sus análisis .....	79
22.	Técnico tomando una muestra de agua en una caja de captación .....	80
23.	Tipo de envase utilizado para tomar la muestra .....	81
24.	Resultado de análisis microbiológico.....	82
25.	Resultado de análisis físico químico.....	83
26.	Elaboración de la prueba de asentamiento del concreto .....	85
27.	Medición de asentamiento del concreto .....	86
28.	Diagrama PERT a implementar para la construcción de un sistema de agua .....	93

## **TABLAS**

I.	Matriz FODA para el Departamento de Aguas y Saneamiento .....	13
II.	Diagrama actual del proceso del flujo para construcción de cada obra .....	25
III.	Diagrama actual del proceso del flujo para la construcción de caja de captación.....	26
IV.	Diagrama actual del proceso del flujo para la construcción de Caja rompedor .....	27
V.	Diagrama actual del proceso del flujo para la construcción de Paso aéreo o de zanjón.....	29

VI.	Diagrama actual del proceso del flujo para la construcción de caja para válvula de aire o válvula de limpieza.....	30
VII.	Diagrama actual del proceso del flujo para la construcción de tanque de distribución .....	31
VIII.	Diagrama actual del proceso del flujo para la construcción de acometida domiciliar .....	32
IX.	Secuencia actual de actividades para la construcción de un sistema de agua.....	34
X.	Diagrama del proceso del flujo para la prueba de calidad del concreto .....	53
XI.	Diagrama mejorado del proceso del flujo para la construcción de caja de captación .....	60
XII.	Diagrama mejorado del proceso del flujo para la construcción de caja rompedora.....	62
XIII.	Diagrama mejorado del proceso del flujo para la construcción de paso aéreo o paso de zanjón .....	63
XIV.	Diagrama mejorado del proceso del flujo para la construcción de caja de válvula de aire o limpieza.....	64
XV.	Diagrama mejorado del proceso del flujo para la construcción de tanque de distribución .....	65
XVI.	Diagrama mejorado del proceso del flujo para la construcción de acometida domiciliar.....	66
XVII.	Secuencia de actividades simultáneas mejoradas para la construcción de un sistema.....	92
XVIII.	Características del lugar, descripción del sistema y sus componentes .....	101
XIX.	Identificación de vulnerabilidades y propuesta de mitigación .....	103
XX.	Vulnerabilidad operativa.....	105
XXI.	Vulnerabilidad administrativa.....	107

XXII.	Medidas de mitigación: vulnerabilidad operativa.....	110
XXIII.	Medidas de mitigación: vulnerabilidad administrativa.....	112
XXIV.	Información del estado del sistema después del desastre .....	114

## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
○	Actividad
▽	Bodega
D	Demora
□	Inspección
%	Porcentaje
Q	Quetzal
⇒	Transporte



## GLOSARIO

<b>Aforo</b>	Procedimiento para determinar el caudal de cualquier tipo de fuente superficial o subterránea.
<b>Agua potable</b>	Es el agua que por su calidad química, física y bacteriológica es apta para el consumo humano y cumple con las normas de calidad establecidas en la Norma que corresponda para cada región.
<b>Altimetría</b>	Es la determinación de la altura sobre un nivel o plano de referencia, normalmente la altura sobre el nivel del mar.
<b>Coliforme</b>	Designa a un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos.
<b>Coliforme fecal</b>	Coliformes de origen intestinal, ( <i>escherichia coli</i> ).
<b>Límite máximo aceptable (LMA)</b>	Es el valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba de la cual el agua pasa a ser rechazable por los consumidores, desde un punto de vista sensorial pero sin que implique un

daño a la salud del consumidor.

**Límite máximo permisible (LMP)**

Es el valor de la concentración de cualquier característica de calidad del agua, arriba del cual, el agua no es adecuada para el consumo humano.

**Sistema de agua por gravedad**

El abastecimiento de agua por gravedad es un tipo de abastecimiento de agua en la que el agua cae por su propio peso desde una fuente elevada hasta los consumidores situados más abajo. La energía utilizada para el desplazamiento es la energía potencial que tiene el agua por su altura.

## **RESUMEN**

El presente trabajo tiene como finalidad mejorar los aspectos constructivos para los sistemas de agua potable en el área rural. Este documento es el resultado de la práctica supervisada en el Departamento de Agua y Saneamiento de la Asociación Proagua del Pueblo. A través de herramientas de ingeniería se determinaron puntos críticos, se mejoraron los procesos constructivos y se implementaron nuevas actividades, con la finalidad de mejorar la calidad de los sistemas de agua que desde hace tiempo estaban fallando en diferentes aspectos, como mal funcionamiento del sistema, agua sin potabilizar, malos acabados de las obras del sistema y obras construidas sin estandarización de medidas.

Como complemento a la implementación de procesos mejorados se capacitó al personal del departamento presentándole la nueva forma de trabajo la cual requiere más involucramiento de parte del personal para tener un mejor control en la calidad de los materiales y supervisión más estricta de los diseños que realicen.

Un factor importante para mantener la funcionalidad de los sistemas de agua es la elaboración de un plan de contingencias el cual no existía en la Asociación Proagua del Pueblo, por lo que se realizaron capacitaciones al personal sobre los pasos a seguir antes, durante y después de un desastre en cuanto a sistemas de agua se refiere.





## **OBJETIVOS**

### **General**

Mejorar e implementar procesos y métodos en la construcción de los sistemas de agua potable por gravedad, en la Asociación Proagua del Pueblo.

### **Específicos**

1. Efectuar un análisis del proceso mediante la aplicación de técnicas de ingeniería y determinar las actividades críticas.
2. Mejorar los métodos de trabajo en el Departamento de Agua y Saneamiento mediante la implementación de una metodología de trabajo mejorada.
3. Reducir al máximo los daños provocados por fenómenos naturales o intervenciones humanas en los sistemas de agua rural ya construidos o por construir, a través de la propuesta de un plan de contingencias o la mejora del ya existente.
4. Capacitar al personal en el tema de calidad del agua y las nuevas metodologías en la construcción de sistemas de agua.



## INTRODUCCIÓN

Este trabajo presenta las diferentes mejoras en métodos y procesos usados para la construcción de sistemas de agua rural, debido a las fallas que se tenían anteriormente en el departamento de agua y saneamiento de la Asociación Proagua del Pueblo.

Se hicieron propuestas para que las deficiencias encontradas se eliminen y se implementaron mejoras en la calidad de los sistemas en los diferentes aspectos donde antes habían deficiencias. Para determinar los puntos críticos se recurrió a herramientas de ingeniería como diagramas de recorrido del proceso, diagramas PERT y para determinar las causas de los problemas en los sistemas de agua se utilizó el método de Espina de pescado o Ishikawa para lo cual se hicieron reuniones con el personal para hacer entrevistas no estructuradas que dieron información valiosa para determinar los problemas en los sistemas.

Se capacitó al personal con el nuevo método y al ponerlo en práctica se determinó que la calidad de las obras y de los sistemas de agua en general mejoró en comparación con los que se hicieron sin supervisión, estandarización de medidas, etcétera.

Se trabajó durante la práctica con el acompañamiento del personal técnico para conocer los métodos empleados actualmente.

Este trabajo incluye la propuesta de un plan de contingencias para sistemas de agua del área rural. Dicho trabajo se realizó con base en la experiencia que tiene el Departamento de Agua y con bibliografía consultada. Ya que el departamento tiene conocimientos prácticos pero no el registro de una metodología establecida en caso de emergencias.

# **1. INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA**

## **1.1. Antecedentes de la empresa**

Agua del Pueblo es una organización de desarrollo de carácter privado que integra a profesionales identificados y consecuentes con el desarrollo integral de Guatemala. Fue establecida en 1972, para implementar sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento básico para el consumo y la producción agrícola en comunidades rurales del país.

A través del agua se buscan otros impactos que permitan que los sistemas puedan no sólo ser sostenibles en el largo plazo, si no que trasciendan a otros aspectos de desarrollo rural, como el fortalecimiento del tejido social comunitario y el empoderamiento del desarrollo que debe nacer en las propias comunidades.

Desde que se construyó el primer proyecto la Asociación Proagua del Pueblo ha construido más de 800 proyectos e instalado 8 500 letrinas de distinto tipo, beneficiando a 450 000 personas en distintas regiones del país. A través de los diferentes proyectos donde 704 han sido sistemas de agua por gravedad, 80 sistemas de agua por bombeo y 16 sistemas de agua por cosecha de lluvia.

## **1.2. Visión y misión de la empresa**

La misión y visión están establecidas en los estatutos de constitución de la asociación los cuales se presentan a continuación.

“Misión<sup>1</sup>: satisfacer necesidades vitales de agua y saneamiento básico y de producción, en las comunidades del país basada en alternativas tecnológicas integrales para la organización y la participación ciudadana, orientada al poder y desarrollo local.”

“Visión<sup>2</sup>: ser una organización de vanguardia, comprometida con el desarrollo sostenible de las comunidades del país; especializada y líder en la ejecución de proyectos integrales de agua para el consumo humano y la producción, con un equipo humano eficiente y profesional.”

## **1.3. Estructura de la empresa**

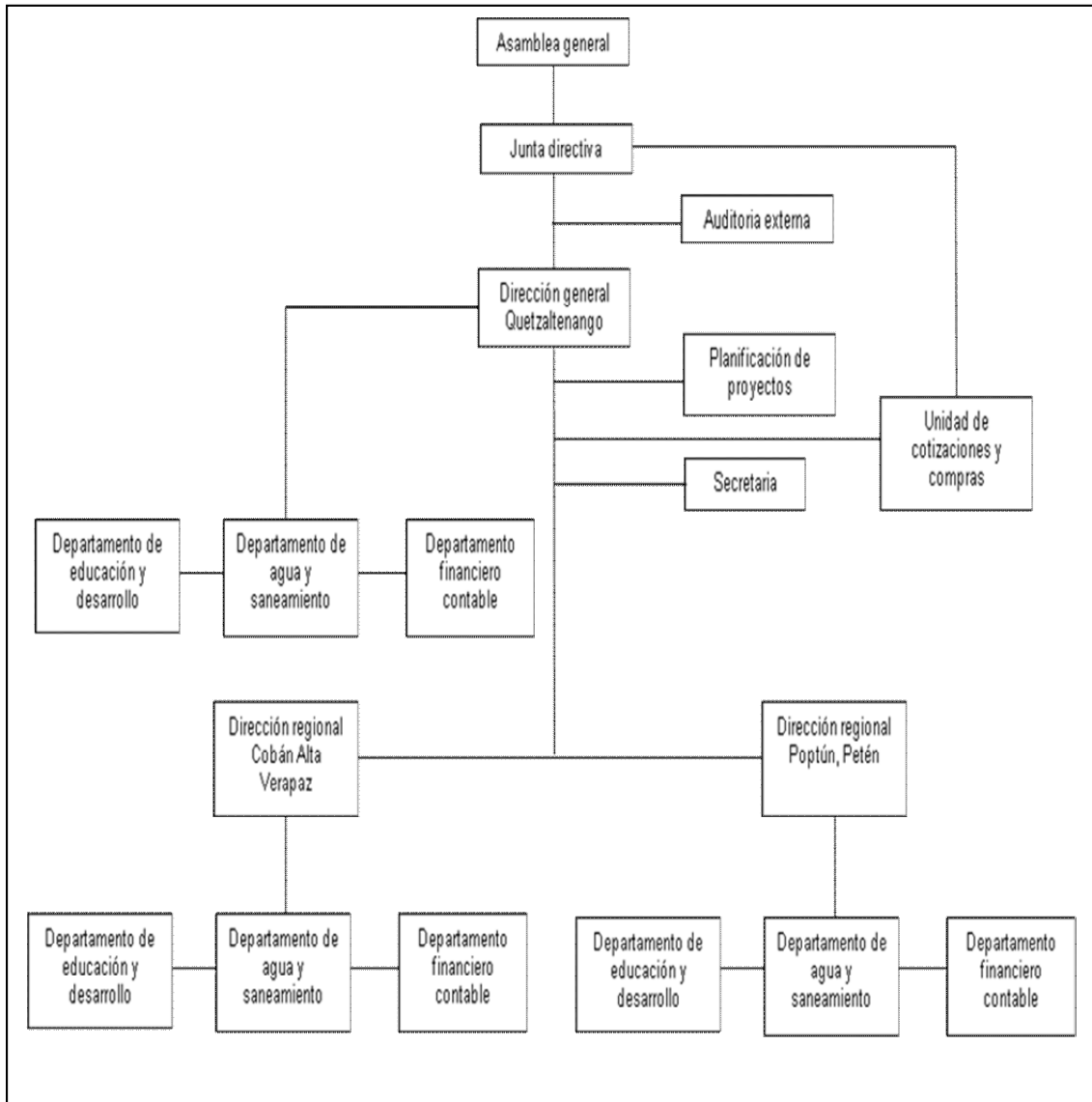
Agua del pueblo está conformada por una asamblea general, una junta directiva y el equipo técnico administrativo. De lo anteriormente mencionado se presenta a continuación un organigrama general de la institución donde se ve cómo está relacionado el Departamento de Agua y Saneamiento con los demás.

---

<sup>1</sup> www.aguadelpueblo.org. Consulta: noviembre de 2009.

<sup>2</sup> Ibíd.

Figura 1. **Organigrama general de la Asociación Proagua del Pueblo**



Fuente: elaboración propia.



Del organigrama anterior se describen las actividades que realizan los departamentos de la Asociación Proagua del Pueblo:

- Departamento de Agua y Saneamiento: es el encargado de construir los proyectos con base en los requerimientos y especificaciones técnicas estructurales y de calidad en los acabados de las obras, además, tiene la función de formular un proyecto en el aspecto técnico desde la topografía y aforos. Otra función que tiene es formar personal de las comunidades beneficiadas en el tema de fontanería, los que se encargarán de darle el mantenimiento respectivo al sistema.
- Departamento Financiero Contable: es el encargado de hacer tanto propuestas económicas como informes económicos a las agencias donantes con base en los presupuestos presentados por el Departamento de Agua cuando se solicita financiamiento o cuando se concluye un proyecto financieramente.
- Departamento de Educación y Desarrollo: es el encargado de capacitar y formar a los beneficiarios de las comunidades con que se trabaja en los temas de liderazgo, género, organización comunitaria, contabilidad básica, reforestación, orientadores locales en salud, etcétera.
- Unidad de Planificación y Proyectos: es la unidad encargada de realizar informes narrativos tomando en cuenta los formatos establecidos por las agencias para la entrega de los informes parciales y finales.

#### 4.4.1.1.

Además, es la unidad encargada de realizar informes de las nuevas propuestas donde debe aparecer toda la información necesaria de la comunidad.

- Departamento de Diseño y Presupuestos: es el encargado de realizar presupuestos, diseños y estandarizar los planos típicos de las obras para los proyectos a construir. Este departamento se acaba de implementar y está a prueba su aprobación definitiva, tiene relación directa con el departamento de agua y saneamiento.
- Departamento de Cotizaciones y Compras: es el encargado de toda la logística para proveer de los materiales adecuados a los proyectos a construir. Debe presentar como mínimo 3 cotizaciones de los materiales requeridos por parte de las empresas ofertantes. También es el que contrata la mano de obra calificada para los proyectos.
- Secretaría: tiene a su cargo apoyar en las diferentes actividades al personal de la institución.
- Dirección general: responsable de que la Asociación Proagua del Pueblo permanezca desarrollando el trabajo de apoyo a las comunidades del interior con proyectos de agua y riego. Es la responsable de gestionar con agencias donantes el apoyo necesario para el financiamiento de los proyectos, administrar los recursos y al personal de la oficina central y las regionales, tomar decisiones que beneficien a la asociación.
- Junta directiva: comité electo por una asamblea general con el fin de velar por el buen desempeño de la administración por parte de la dirección o del personal. También tiene participación en la actividad de fiscalizar las cotizaciones y compras cuando los montos de las cotizaciones sobrepasen los Q30 000,00.

- Asamblea general: grupo de profesionales identificados y consecuentes con el desarrollo integral de Guatemala, enfocados al desarrollo de las comunidades rurales del país a través del abastecimiento de agua y saneamiento básico.

#### **1.4. Servicios que presta**

Construcción de proyectos de agua por gravedad, bombeo y cosecha de lluvia, construcción de minirriegos y adicionalmente con letrización, donde todos los proyectos incluyen capacitaciones en temas de agua, salud, reforestación, organización comunitaria y principios básicos de contabilidad.

#### **1.5. Departamento de Agua y Saneamiento**

Es el encargado directo de planificar, diseñar y construir los proyectos de agua en sus diferentes formas, así como, de letrización. De manera que entre las actividades que realiza están las de coordinar con las comunidades la construcción de proyectos con base en las actividades de trabajo programadas.

##### **1.5.1. Estructura del Departamento de Agua y Saneamiento**

Se realizaron entrevistas no estructuradas con el director del departamento, supervisores, técnicos y maestros de obra. A continuación se presenta la información obtenida:

- El director del departamento es el encargado de coordinar las actividades con base en la programación de los proyectos por construir, es el encargado de resolver dudas y apoyar a los supervisores o técnicos cuando estos no puedan resolver los problemas en el momento.

Es el responsable de que los proyectos se desarrollen, de acuerdo con lo planificado y con la calidad requerida. Debe monitorear los proyectos y los reportes de los supervisores, rendir un informe general de avance de cada proyecto a su inmediato superior.

- Tiene como inferior inmediato a los supervisores y su superior es el director general.
- La unidad de diseño y presupuestos es la encargada de realizar el diseño, planos y presupuestos de los proyectos factibles.
- La función del supervisor es velar por la buena calidad de la construcción de las obras y funcionamiento del sistema. Además, es un apoyo para el técnico en la solución de problemas que puedan surgir en el campo.
- El técnico encargado es la persona que tiene como responsabilidad organizar los recursos para la construcción de las obras, además, organiza el trabajo comunitario y el trabajo de los maestros de obra y albañiles.
- Los maestros de obra son los encargados directos de construir las obras con su equipo de albañiles. Los maestros de obra son contratados dependiendo la cotización que presenten.



## **2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

Con base en entrevistas no estructuradas con el personal del Departamento de Agua se obtuvo la información correspondiente para determinar cómo desarrolla el trabajo este departamento.

### **2.1. Situación actual del Departamento de Agua y Saneamiento**

El Departamento de Agua y Saneamiento tiene una estructura interna entre los empleados que van desde el director del departamento hasta los maestros de obra. Además, este departamento se relaciona con otros departamentos para coordinar la construcción de los proyectos.

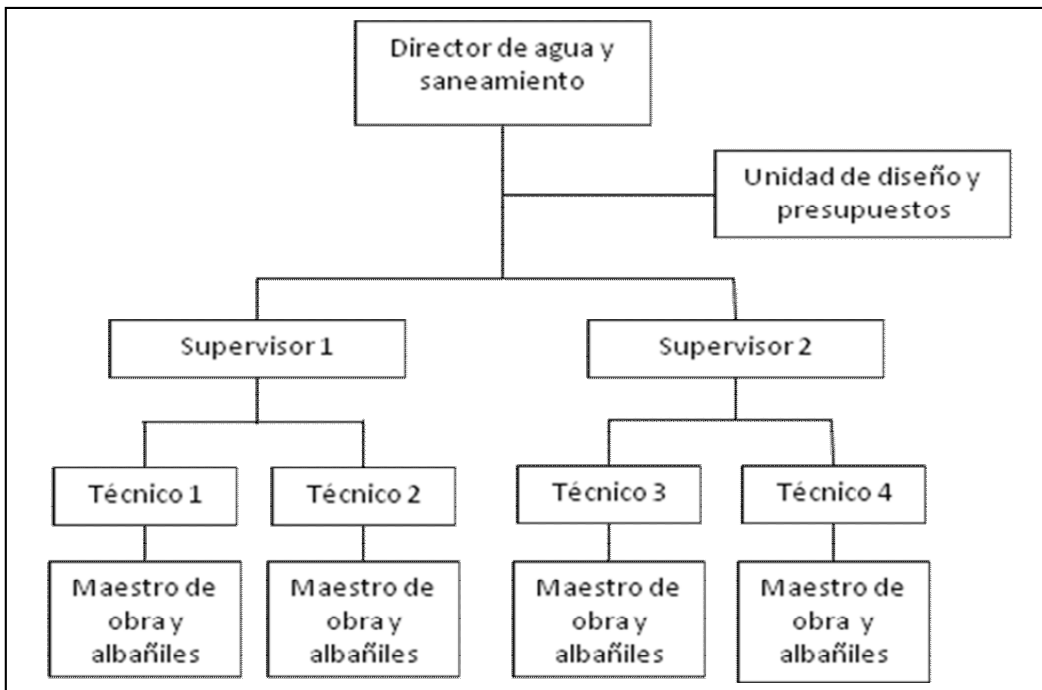
En el departamento se han tenido problemas en cuanto a los presupuestos, mal diseño de los sistemas por lo que en algunas ocasiones se ha tenido que reparar el proyecto durante su construcción lo cual ha venido a afectar técnica, social y financieramente a la asociación. Como ejemplo se tiene el proyecto de agua por gravedad de la aldea Vásquez, Totonicapán, en el cual el diseño y planificación realizados por el Fondo de Inversión Social, indicaba funcionalidad, sin embargo, en la realidad el terreno no se adaptó a lo planificado por lo que el agua no llegó a la comunidad. Por lo que además de problemas técnicos se tuvieron problemas económicos, legales y sociales.

El problema se debió por falta de supervisión de lo planificado con el terreno.

### 2.1.1. Organigrama del Departamento de Agua y Saneamiento

El Departamento de Agua y Saneamiento tiene un organigrama interno que se presenta a continuación. El director de agua y saneamiento coordina 2 equipos de trabajo, cada uno está formado por 1 supervisor, 2 técnicos y el maestro de obras con su equipo de albañiles y ayudantes.

Figura 2. Organigrama del Departamento de Agua y Saneamiento



Fuente: elaboración propia.

- El puesto de director del Departamento de Agua y Saneamiento ha cambiado a seis veces de director en los últimos cuatro años. Esto refleja una falta de continuidad en este puesto ya que las personas lo han ocupado por períodos de 4 a un máximo de 18 meses. No se ha contratado con base a capacidad si no a cotización más baja por lo que se han tomado decisiones erróneas en varias ocasiones.
- La Unidad de Diseño y Presupuestos se encarga de hacer los diseños, planos y presupuestos de los proyectos con base en el costo de estos se toman decisiones financieras para su viabilidad en la construcción. Con base en la información técnica de campo como topografía, situación geográfica del lugar, aforos, cantidad de población existente en la comunidad etcétera, se hacen los diseños de los proyectos.
- La Unidad de Diseño y Presupuestos trabaja con base a solicitudes requeridas por las agencias donantes y cuando se va a trabajar en un área específica del país de la cual no se tiene información o propuestas de presupuestos, se tiene que hacer el trabajo técnico de campo, diseños y presupuestos en poco tiempo. Y esta unidad no tiene la capacidad de realizar lo solicitado por lo que los diseños y presupuestos no son revisados y al construir los proyectos a veces salen sobrevalorados o subvalorados por lo que financieramente afecta tanto a la Asociación Proagua del Pueblo como a las agencias donantes.

Cuando esto ocurre, las agencias proporcionan la diferencia entre lo proyectado y lo real como otro aporte y otras veces se ha tenido que buscar otro donante para el pago de la diferencia lo cual hace que los proyectos se detengan y se construyan fuera de lo programado.

#### 4.4.1.2.



- Los técnicos en agua se han formado con base a jornadas de capacitación proporcionadas por ingenieros civiles quienes en varios módulos con conocimientos básicos de topografía, hidráulica, construcción y presupuestos. Sin embargo, de los técnicos que tienen este tipo de instrucción, solamente se encuentran 2, de los cuales 1 tiene 8 años de antigüedad y el otro 15, por lo que desde ese tiempo no se ha implementado otro tipo de capacitación de ese tipo.
- El resto de técnicos son 2 estudiantes universitarios con 2 años de contratación, sin embargo, la experiencia obtenida durante este tiempo no es suficiente para desenvolver el puesto requerido, debido a que cuando surgen problemas técnicos ellos no los pueden resolver por falta de capacitación.
- Los maestros de obra: son los encargados directos de construir las obras, la mayoría de maestros de obra han tenido experiencia en otras instituciones como el INFOM, INTERVIDA, FIS, etcétera. Por lo que se construyen las obras con base a la experiencia donde trabajaron, sin embargo, cada institución maneja sus especificaciones propias por lo que no se construyen las obras de manera uniforme, por ejemplo INTERVIDA construye las obras con concreto armado (concreto y acero estructural) y en la Asociación Proagua del Pueblo se construye con mampostería tradicional (piedra y sabieta).
- Los maestros de obra no han recibido ningún tipo de capacitación para reforzar o mejorar los conocimientos adquiridos. Actualmente, se están contratando otros maestros de obra que están cotizando más bajo que el resto, por lo que algunos proyectos han quedado con desperfectos.

A continuación se presenta un cuadro de análisis FODA para este departamento que se obtuvo a través de entrevistas no estructuradas con el director general y los integrantes del Departamento de Agua y Saneamiento.

Tabla I. **Matriz FODA para el Departamento de Agua y Saneamiento**

<p>FACTORES INTERNOS</p> <p>FACTORES EXTERNOS</p>	<p><b>FORTALEZAS</b></p> <p>Hay afinidad en el departamento entre supervisores, técnicos y director. Las comunidades del área rural se identifican con el personal. Conocimiento del área de trabajo (región del país) por parte del personal del departamento. La mayoría del personal tiene 2 años o más de experiencia en trabajar en el departamento de agua. Los técnicos poseen estudios a nivel medio y tienen aspiración a seguir en la universidad, los supervisores tienen estudios universitarios.</p>	<p><b>DEBILIDADES</b></p> <p>Los sistemas de agua se están construyendo con fallas en cuanto a funcionalidad, variación de medidas en las obras, calidad del agua etcétera. El equipo de oficina del departamento de agua es obsoleto. No se tiene capacitado al personal con nuevas técnicas de diseño o alternativas que se pueden implementar. Se han impartido algunas capacitaciones pero no son las que el personal requiere. El personal no cuenta con equipo de campo necesario para el puesto que ocupan. Altímetros, GPS, etcétera. Se construyen proyectos con planos y presupuestos de empresas particulares por lo que esto produce fallos y correcciones durante la construcción. No se tiene motivación salarial ni de otro tipo.</p>
<p><b>OPORTUNIDADES</b></p> <p>Nuevas fuentes de financiamiento que se pueden contactar. Demanda de proyectos de agua, y riego por parte de agencias donantes.</p>	<p><b>FO (Maxi-Maxi)</b></p> <p>Dar un incentivo económico a quien haga nuevos contactos con comunidades o sea enlace entre fuentes de financiamiento nuevas (F2, F3, O1, O2).</p> <p>Promover la formación técnica o universitaria para el personal técnico. (F1, F4, O3).</p>	<p><b>DO (Mini-Maxi)</b></p> <p>Proporcionar al personal con equipo de oficina y de campo actualizado a los requerimientos de sus puestos. (D2, D4). Capacitar al personal del Departamento de Agua y Saneamientos en temas de su interés que estén de acuerdo a los requerimientos de los sistemas actuales. (D3). Establecer un sistema de incentivo salarial, de acuerdo con el puesto y a la distancia que se encuentra el proyecto. (D6).</p>
<p><b>AMENAZAS</b></p> <p>El financiamiento que ofrecen las agencias donantes no cubren la construcción de proyectos grandes. Conflictos entre comunidades por el agua. Algunas agencias donantes han mencionado retirarse debido a las fallas en los sistemas por lo que ellos también quedan mal al rendir cuentas con sus superiores.</p>	<p><b>FA (Maxi-Mini)</b></p> <p>Coordinar con el departamento de educación y desarrollo para que proporcione un dictamen si es factible o no socialmente la comunidad a beneficiar. (A2). Trabajar con más de una agencia donante para cubrir el presupuesto de proyectos millonarios. (A1).</p>	<p><b>DA (Mini-Mini)</b></p> <p>Implementar estandarización de obras de los sistemas de agua y la supervisión desde el diseño hasta la construcción y calidad de los materiales para los sistemas de agua. (D1, D5, A3).</p>

Fuente: elaboración propia.

De la matriz anterior se observa que las fortalezas son un factor importante para mejorar el desempeño del Departamento de Agua debido a la identificación del personal con las comunidades y el conocimiento geográfico que poseen.

Por lo anterior, es necesario promover la educación universitaria para los empleados o tecnificarlos en el área que sea de su interés para mejorar la capacidad instalada.

- En cuanto a las oportunidades, se debe aprovechar la demanda de construcción de proyectos, así como de nuevas fuentes de financiamiento que surgen o no se habían contactado. El problema es que no se da ningún tipo de incentivo económico ya que el técnico hace el enlace o el nuevo contacto y les desmotiva que no se le reconozca este aspecto por lo que es necesario implementar un incentivo económico a convenir.
- De las debilidades, la falta de equipo adecuado causa que algunas veces el personal tenga que prestarlo para realizar sus actividades, por lo tanto, es necesario proporcionárselo. Deben mejorarse los aspectos de diseño y presupuestos además de estandarizar las medidas de las obras y mejorar la forma que se construyen estas. Es necesario capacitar al personal con temas afines al trabajo que desempeñan ya que se les capacita en aspectos sociales que si bien son complementarios no reducen las fallas en los proyectos.

- En cuanto a las amenazas, se pudo encontrar que las agencias donantes no cubren la construcción de proyectos millonarios que son los que se tienen archivados en el departamento por falta de fondos suficientes para la construcción.

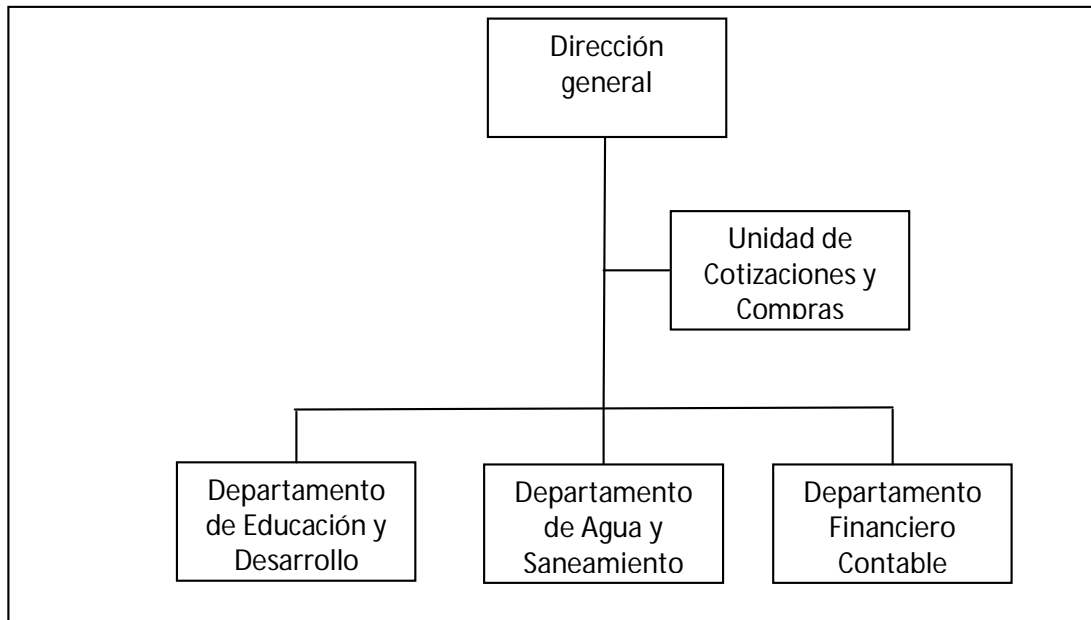
Es necesario involucrar más donantes para construir los proyectos millonarios. Hay proyectos en los que a pesar de que tienen agua para abastecer a las comunidades no se pueden realizar por conflictos entre estas, lo cual ha perjudicado ya que se hace todo el estudio, presupuesto, etcétera y después ya no se construye.

Por lo que se debe coordinar con el Departamento de Educación y Desarrollo para que este proporcione un informe de factibilidad social de los proyectos. De varias agencias donantes una ya se retiró y otra aún no ha tomado la misma decisión debido a los fallos observados en un proyecto que apoyaron, por lo que es necesaria la implementación de controles que minimicen las fallas en los proyectos de agua.

### 2.1.2. Relación con otros departamentos

El siguiente organigrama muestra de una manera simple los departamentos que tienen más relación con el Departamento de Agua y Saneamiento.

Figura 3. **Relación del Departamento de Agua y Saneamiento con otros departamentos**



Fuente: elaboración propia.

- La dirección general coordina con el Departamento de Agua y Saneamiento los proyectos que van a iniciar su construcción y recibe información de las comunidades que deben ser atendidas con realización de aforos, topografías, diseños, etcétera. También se programan las actividades a realizar semanalmente con el personal.

Sin embargo, la dirección carece de conocimientos técnicos que a veces son requeridos por las agencias donantes en el momento de presentar propuestas ante los representantes, por lo que la dirección no lleva personal técnico que resuelva las dudas presentadas en el momento.

- La Unidad de Cotizaciones y Compras coordina con el Departamento de Agua la cantidad de materiales de construcción que deben comprarse en determinado momento para realizar cada proyecto. El problema actual es que los materiales se compran con base en la cotización más baja por lo que no se toma en cuenta la calidad de los materiales.
- El Departamento de Educación y Desarrollo es el encargado de realizar capacitaciones a los usuarios y comités del proyecto para reforzar los aspectos sociales como organización comunitaria, además debe hacer una evaluación de la situación socioeconómica de la comunidad. Este departamento coordina con el Departamento de Agua y Saneamiento las jornadas de capacitación según el avance físico del proyecto. El Departamento de Educación y Desarrollo no tiene contemplado proporcionar al Departamento de Agua un informe de factibilidad social para verificar que no existen conflictos con otras comunidades por el agua o propiedad de tierras y la situación legal de los nacimientos de agua.
- El Departamento Financiero informa a las agencias donantes sobre la situación financiera de los proyectos para así, realizar los desembolsos con base en los informes de avance de los proyectos avalados por el Departamento de Agua y Saneamiento.

4.4.1.3.

4.4.1.4.

4.4.1.5.

4.4.1.6.

4.4.1.7.

#### **2.1.2.1. Departamento de Cotizaciones y Compras**

Cuando el proyecto está próximo a iniciar, este departamento se encarga de cotizar y comprar todos los materiales de construcción con la calidad especificada por los proyectos que van a construirse; también debe coordinar el transporte de materiales al lugar del proyecto.

Este departamento tiene problemas en cuanto a comprar material de calidad ya que sólo se basa en la cotización más baja sin tomar en cuenta que los materiales reúnan las calidades requeridas para los materiales.

#### **2.1.2.2. Departamento Financiero Contable**

Se encarga de administrar los desembolsos proporcionados por las agencias y hacer los pagos a los proveedores, también se encarga del pago de viáticos y combustible para el desplazamiento del personal técnico del Departamento de Agua.

Para los proyectos existe un rubro de viáticos el cual cubre:

- Hospedaje
- Alimentación

- Transporte, ya sea en automóvil, motocicleta o en autobús, según el acceso, distancia o las necesidades de la actividad a realizar en el proyecto.

4.4.1.8.

4.4.1.9.

4.4.1.10.

Al finalizar la semana, el técnico presenta las facturas o comprobantes correspondientes a los gastos realizados para cubrir las actividades programadas, estas facturas deben ir respaldadas por el director de agua y saneamiento para la justificación del gasto, el cual se le paga con un cheque para tener registro del desembolso.

### **2.1.3. Descripción del proceso de construcción de sistemas de agua**

Inicialmente todo proyecto debe cumplir con los requisitos técnicos, sociales y económicos.

En cuanto a los requisitos técnicos se refiere a que tanto la topografía, el aforo y el número de habitantes cumpla con los requerimientos para que el sistema sea funcional.

Los requisitos sociales se basan en la participación e involucramiento de la comunidad a participar en la construcción del proyecto así como participar en capacitaciones y actividades sociales que incluye el proyecto.

El requisito económico consiste en que el presupuesto no debe exceder más de Q250 000,00 para que sea financiado o si fuese más alto el costo se



debe conseguir más financiamiento a través de municipalidades u otras agencias donantes.

La etapa de construcción se inicia con la organización de los grupos de trabajo en la comunidad, ubicación o construcción de bodega de materiales y designación de tareas para cada beneficiario.

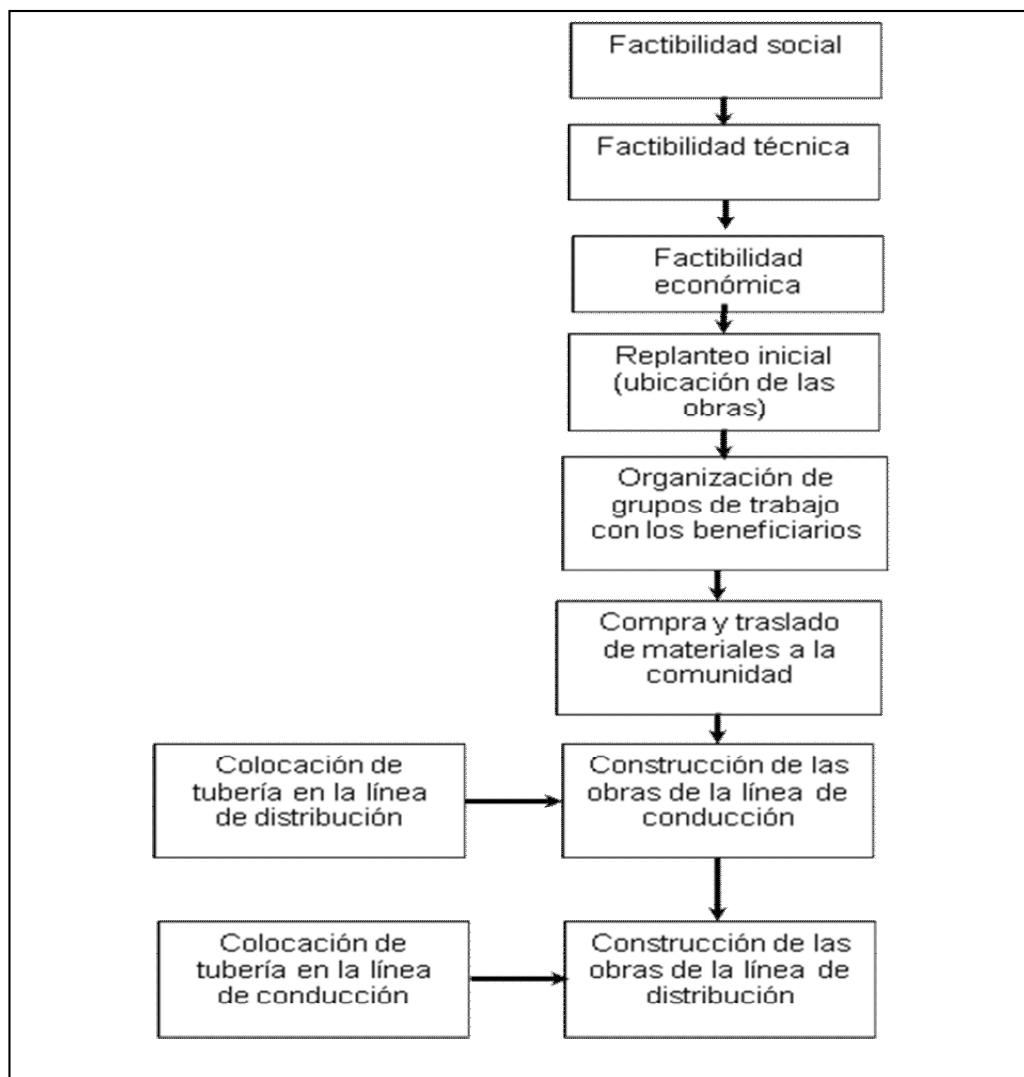
Se continúa con el replanteo inicial el cual consta de ubicación de las obras según los planos con base a estacas colocadas en la topografía o información geográfica en los planos en caso no hubiera, se tiene que medir y orientar con brújula para aproximar la obra. Al tener ubicadas las obras se inicia el acarreo de materiales al lugar donde se construirán las obras del proyecto, mientras otros grupos ayudan a los albañiles. Se organizan otros grupos para el zanjeo de la línea de conducción y distribución, el zanjeo se organiza por tareas y cada beneficiario hace cierta cantidad de zanjeo para que todo el trabajo sea equivalente.

Lo primero que se construye son las captaciones de agua y seguidamente el resto de obras, se coloca la tubería hasta llegar al tanque de distribución.

Se construye el tanque de distribución, posteriormente se continúa con los trabajos en la red de distribución de la misma manera que en la línea de conducción y se finaliza con la instalación de las conexiones domiciliarias.

A continuación se presenta un diagrama de bloques para representar las actividades descritas anteriormente.

Figura 4. Diagrama de bloques del proceso de construcción de un sistema de agua

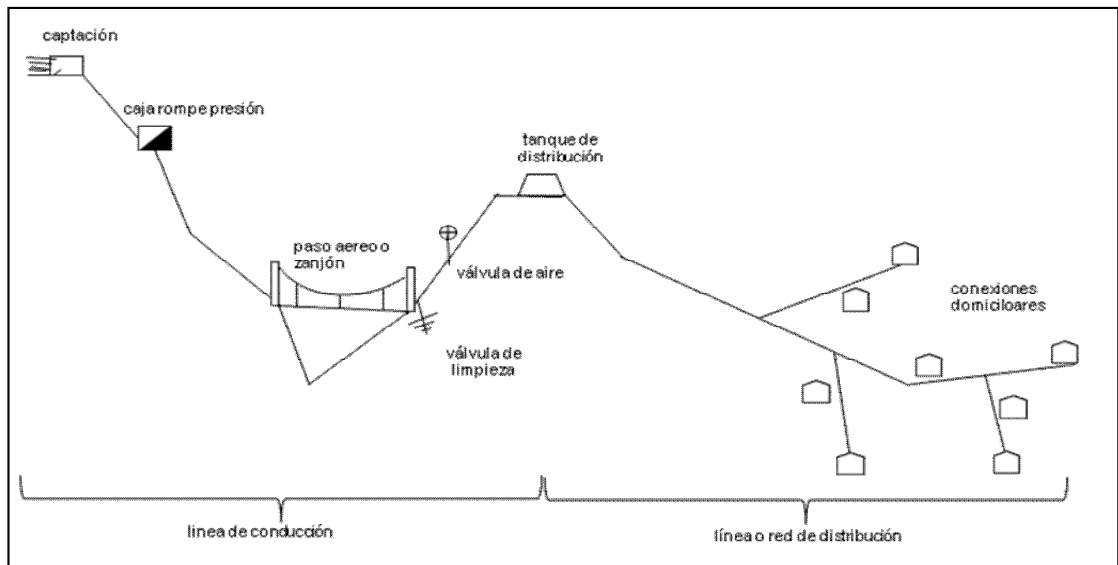


Fuente: elaboración propia.

#### **2.1.4. Elementos del proceso de construcción**

Los sistemas de agua funcionan por medio de varias obras, las cuales están distribuidas a lo largo del sistema, cada una tiene una función específica y por lo general, están ubicadas de la forma que se presenta en la figura 5.

Figura 5. **Elementos básicos de un sistema de agua por gravedad**



Fuente: elaboración propia.

A continuación se describe brevemente la función de cada obra que forma parte de un sistema de agua y se presentan algunos conceptos que se manejan en este tipo de proyectos:

- Línea de conducción: son todas las obras que están en el sistema desde la captación hasta antes de llegar al tanque de distribución.
- Línea de distribución: son todas las obras del sistema que están incluidas desde el tanque de distribución hasta las acometidas domiciliarias.
- Zanjeo: excavación uniforme de una zanja para la colocación de tubos.
- Relleno: actividad que consiste en rellenar la zanja cuando la tubería ya está colocada.

- Tubería de conducción: toda la tubería incluida desde la captación hasta antes del tanque de distribución, puede ser de pvc o de hierro galvanizado según el diseño.
- Tubería de distribución: es toda la tubería que está en el sistema desde el tanque de distribución hasta los ramales de distribución, puede ser de pvc o de hierro galvanizado según el diseño.
- Ramal de distribución: ramificaciones de tubería que distribuyen el agua en toda la línea central de la calle donde están las viviendas.
- Captación: obra hidráulica que se construye para captar el agua del nacimiento y conducirla a la tubería.
- Caja rompe presión: obra hidráulica encargada de eliminar la presión hidrostática en partes que el diseño lo requiera para evitar rompimientos en la tubería debido a la sobrepresión.
- Paso aéreo: obra que se construye con la finalidad que la tubería pueda pasar sobre ríos, barrancos, etcétera.

#### 4.4.1.11.

- Válvula de limpieza: esta obra se coloca en las partes bajas de la línea de conducción y se abre para eliminar sedimentos que se depositan en estas partes y evitar que tapen la tubería.

#### 4.4.1.12.

- Válvula de aire: es la encargada de evacuar el aire que se introduce en la tubería desde la captación o al abrir las válvulas de limpieza. El aire acumulado sale a través de esta válvula para que el agua corra sin obstrucción.

- Tanque de distribución: obra hidráulica encargada de almacenar el agua que se distribuye hacia las acometidas domiciliarias.
- Conexión domiciliar: está compuesto por la tubería que se conecta desde el ramal de la calle hacia la vivienda y chorro para abastecimiento.

Las visitas de campo se hicieron en tres proyectos de las comunidades de Loma Real Tajumulco, Nueva Escocia Nuevo Progreso y Quiacjul, San Miguel Ixtahuacán, pertenecientes al departamento de San Marcos, se visitaron los diferentes lugares donde están las obras, por lo que a continuación se presenta el modelo del diagrama de proceso del flujo actual que se utiliza en cada obra, las actividades no cambian, lo que cambia para cada obra es el tiempo y la distancia en kilómetros. Los diagramas siguientes se obtuvieron mediante la toma de tiempos y distancias en los proyectos visitados.

**Tabla II. Diagrama actual del proceso del flujo para la construcción de cada obra**

Ubicación:	Actividad	Actual	Propuesto	Ahorros
Actividad:	Operación	9,00		
Fecha:	Transporte	1,00		
Operador:	Demora	2,00		
Método: <u>actual</u> propuesto	Inspección	0,00		
Tipo: obrero    material    máquina	Almacenaje	1,00		
Comentarios:	Tiempo			
	Distancia			
	Costo			
Descripción del proceso	Símbolos	Tiempo en días	Distancia en kilómetros	Método recomendado
El bodeguero despacha herramientas y materiales solicitados un día antes, los materiales pueden ser: hierro, cemento, madera, alambre, clavos, accesorios, tubería, etcétera	○ □ ▽			
La comunidad traslada los materiales al área de trabajo.	○ □ ▽		1,00	
Se limpia y se nivela el terreno.	○ □ ▽		1,00	
Se hace el armado con el hierro y el alambre según medidas de los planos (cortar varillas, unirlos con alambre de amarre).	○ □ ▽		1,00	
Se hace la formaleta con tabla, regla y clavos (medir, cortar y clavar).	○ □ ▽		1,00	
Se hace el concreto con los materiales: cemento, arena, pedrín y agua.	○ □ ▽		1,00	
Se funde la obra (echar el concreto dentro de la formaleta).	○ □ ▽		1,00	
Se debe esperar a que el concreto fragüe (secado del concreto).	○ □ ▽		1,00	
Quitar formaleta.	○ □ ▽		1,00	
Preparar las proporciones y hacer sabieta para los acabados internos y externos (mezclar arena de río, cemento y agua en proporción 1:3).	○ □ ▽		1,00	
Repellar interna como externamente.	○ □ ▽		1,00	
Secado de acabados.	○ □ ▽		1,00	
Colocación de los accesorios y valvulería.	○ □ ▽		1,00	

Fuente: elaboración propia.

Del diagrama anterior se informa que el tiempo está dado en días de 8 horas cada uno de lunes a viernes y sábado 4 horas.

A continuación se presentan los diagramas de proceso del flujo actual para cada obra que se construye en el sistema de agua.

Tabla III. Diagrama actual del proceso de flujo para la construcción de caja de captación

Ubicación:	Actividad	Actual	Propuesto	Ahorros
Actividad: construcción de caja de captación	Operación	9,00		
Fecha:	Transporte	1,00		
Operador: albañil	Demora	2,00		
Método: <u>actual</u> propuesto	Inspección	0,00		
Tipo: <u>obrero</u> material máquina	Almacenaje	1,00		
Comentarios:	Tiempo	13,24		
	Distancia	1,50 km		
	Costo			
Descripción del proceso	○ □ ▷ ▽	Tiempo en días	Distancia en kilómetros	Método recomendado
El bodeguero despacha herramientas y materiales solicitados un día antes, los materiales pueden ser: hierro, cemento, madera, alambre, clavos, accesorios, tubería, etcétera.	○ □ ▷ ▽			
La comunidad traslada los materiales al área de trabajo.	○ □ ▷ ▽	1,50	1,50	
Se limpia y se nivela el terreno.	○ □ ▷ ▽	1,50		
Se hace el armado con el hierro y el alambre según medidas de los planos (cortar varillas, unirlos con alambre de amarre).	○ □ ▷ ▽	0,67		Hacer supervisión
Se hace la formaleta con tabla, regla y clavos (medir, cortar y clavar).	○ □ ▷ ▽	1,00		
Se hace el concreto con los materiales: cemento, arena, pedrín y agua.	○ □ ▷ ▽	0,02		Hacer supervisión
Se funde la obra (echar el concreto dentro de la formaleta).	○ □ ▷ ▽	1,50		
Se debe esperar a que el concreto fragüe (secado del concreto).	○ □ ▷ ▽	4,00		Agregar acelerante al concreto
Quitar formaleta.	○ □ ▷ ▽	0,50		
Preparar las proporciones y hacer sabieta para los acabados internos y externos (mezclar arena de río, cemento y agua en proporción 1:3).	○ □ ▷ ▽	0,05		Hacer supervisión
Repellar interna como externamente.	○ □ ▷ ▽	1,00		
Secado de acabados.	○ □ ▷ ▽	1,00		
Colocación de los accesorios y valvulería (para pasos aéreos o pasos de zanjón en vez de valvulería y accesorios se coloca cable y tubería de hierro galvanizado).	○ □ ▷ ▽	0,50		Hacer supervisión

Fuente: elaboración propia.



Tabla IV. Diagrama actual del proceso del flujo para la construcción de caja rompepresión

	Actividad	Actual	Propuesto	Ahorros
Actividad: construcción de caja rompe presión	Operación	9,00		
Fecha:	Transporte	1,00		
Operador: albañil	Demora	2,00		
Método: <u>actual</u> propuesto	Inspección	0,00		
Tipo: <u>obrero</u> material máquina	Almacenaje	1,00		
Comentarios:	Tiempo	12,57		
	Distancia	1,00 km		
	Costo			
Descripción del proceso	Símbolos	Tiempo en días	Distancia en kilómetros	Método recomendado
El bodeguero despacha herramientas y materiales solicitados un día antes, los materiales pueden ser: hierro, cemento, madera, alambre, clavos, accesorios, tubería, etcétera.	<del>O → D □ ▽</del>			
La comunidad traslada los materiales al área de trabajo.	<del>O → D □ ▽</del>	1,50	1,00	
Se limpia y se nivela el terreno.	<del>O → D □ ▽</del>	0,50		
Se hace el armado con el hierro y el alambre según medidas de los planos (cortar varillas, unirlos con alambre de amarre).	<del>O → D □ ▽</del>	1,00		Hacer supervisión
Se hace la formaleta con tabla, regla y clavos (medir, cortar y clavar).	<del>O → D □ ▽</del>	1,00		
Se hace el concreto con los materiales: cemento, arena, piedrín y agua.	<del>O → D □ ▽</del>	0,02		Hacer supervisión
Se funde la obra (echar el concreto dentro de la formaleta).	<del>O → D □ ▽</del>	1,50		
Se debe esperar a que el concreto fragüe (secado del concreto).	<del>O → D □ ▽</del>	4,00		Agregar acelerante al concreto
Quitar formaleta.	<del>O → D □ ▽</del>	0,50		
Preparar las proporciones y hacer sabieta para los acabados internos y externos (mezclar arena de río, cemento y agua en proporción 1:3).	<del>O → D □ ▽</del>	0,05		Hacer supervisión
Repellar interna como externamente.	<del>O → D □ ▽</del>	1,00		
Secado de acabados.	<del>O → D □ ▽</del>	1,00		
Colocación de los accesorios y valvulería.	<del>O → D □ ▽</del>	0,50		Hacer supervisión

Fuente: elaboración propia.

En los diagramas anteriores y en los siguientes se marca la tendencia en que la mayor parte donde se pierde tiempo es en las demoras del fraguado del concreto, además que no se tiene contemplada la supervisión de las operaciones realizadas para la construcción de obras, esto se indica en la tabla con la columna del método recomendado. Además, para reducir la demora se tiene contemplado agregarle al concreto un aditivo acelerante del fraguado para reducir el tiempo de espera. También se puede ver que entre más grandes son las obras mayor es la demora del fraguado.

Las supervisiones que no se hacen y que son importantes están en el armado del acero de las obras, calidad del concreto, la fundición, aplicación de acabados y la instalación de accesorios. En las tablas siguientes se puede ver que el comportamiento de las demoras es por las mismas causas que las anteriores.

Tabla V. Diagrama actual del proceso del flujo para la construcción de paso aéreo o paso de zanjón

Ubicación:	Actividad	Actual	Propuesto	Ahorros
Actividad: construcción de paso aéreo o zanjón	Operación	9,00		
Fecha:	Transporte	1,00		
Operador: albañil	Demora	2,00		
Método: <u>Actual</u> propuesto	Inspección	0,00		
Tipo: <u>obrero</u> material máquina	Almacenaje	1,00		
Comentarios:	Tiempo	12,57		
	Distancia	1,00 km		
	Costo			
Descripción del proceso	Símbolos	Tiempo en días	Distancia en kilómetros	Método recomendado
El bodeguero despacha las herramientas y materiales solicitados un día antes, los materiales pueden ser: hierro, cemento, madera, alambre, clavos, accesorios, tubería, etcétera.	<del>O → D □ ▽</del>			
La comunidad traslada los materiales al área de trabajo.	<del>O → D □ ▽</del>	1,50	1,00	
Se limpia y se nivela el terreno.	<del>O → D □ ▽</del>	0,50		
Se hace el armado con el hierro y el alambre según medidas de los planos (cortar varillas, unir las con alambre de amarre).	<del>O → D □ ▽</del>	1,00		Hacer supervisión
Se hace la formaleta con tabla, regla y clavos (medir, cortar y clavar).	<del>O → D □ ▽</del>	1,00		
Se hace el concreto con los materiales: cemento, arena, pedrín y agua.	<del>O → D □ ▽</del>	0,02		Hacer supervisión
Se funde la obra (echar el concreto dentro de la formaleta).	<del>O → D □ ▽</del>	1,50		
Se debe esperar a que el concreto fragüe (secado del concreto).	<del>O → D □ ▽</del>	4,00		Agregar acelerante al concreto
Quitar formaleta.	<del>O → D □ ▽</del>	0,50		
Preparar las proporciones y hacer sabieta para los acabados internos y externos (mezclar arena de río, cemento y agua en proporción 1:3).	<del>O → D □ ▽</del>	0,05		Hacer supervisión
Repellar interna como externamente.	<del>O → D □ ▽</del>	1,00		
Secado de acabados.	<del>O → D □ ▽</del>	1,00		
Colocación de cable y tubería de hierro galvanizado.	<del>O → D □ ▽</del>	0,50		Hacer supervisión

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Diagrama actual del proceso del flujo para la construcción de caja para válvula de aire o válvula de limpieza**

Ubicación:	Actividad	Actual	Propuesto	Ahorros
Actividad: construcción de caja de válvula de aire o limpieza	Operación	9,00		
Fecha: 4/04/2009	Transporte	1,00		
Operador: albañil	Demora	2,00		
Método: <u>actual</u> propuesto	Inspección	0,00		
Tipo: <u>obrero</u> material máquina	Almacenaje	1,00		
Comentarios:	Tiempo	10,32		
	Distancia	1,00 km		
	Costo			
Descripción del proceso	Símbolos	Tiempo en días	Distancia en kilómetros	Método recomendado
El bodeguero despacha las herramientas y materiales solicitados un día antes, los materiales pueden ser: hierro, cemento, madera, alambre, clavos, accesorios, tubería, etcétera.	<del>O → D □ ▽</del>			
La comunidad traslada los materiales al área de trabajo.	<del>O → D □ ▽</del>	1,00	1,00	
Se limpia y se nivela el terreno.	<del>O → D □ ▽</del>	0,50		
Se hace el armado con el hierro y el alambre según medidas de los planos (cortar varillas, unirlos con alambre de amarre).	<del>O → D □ ▽</del>	0,25		Hacer supervisión
Se hace la formaleta con tabla, regla y clavos (medir, cortar y clavar).	<del>O → D □ ▽</del>	0,50		
Se hace el concreto con los materiales: cemento, arena, pedrín y agua.	<del>O → D □ ▽</del>	0,02		Hacer supervisión
Se funde la obra (echar el concreto dentro de la formaleta).	<del>O → D □ ▽</del>	1,00		
Se debe esperar a que el concreto fragüe (secado del concreto).	<del>O → D □ ▽</del>	4,00		Agregar acelerante al concreto
Quitar formaleta.	<del>O → D □ ▽</del>	0,75		
Preparar las proporciones y hacer sabieta para los acabados internos y externos (mezclar arena de río, cemento y agua en proporción 1:3).	<del>O → D □ ▽</del>	0,05		Hacer supervisión
Repellar interna como externamente.	<del>O → D □ ▽</del>	0,75		
Secado de acabados.	<del>O → D □ ▽</del>	1,00		
Colocación de valvulería y accesorios.	<del>O → D □ ▽</del>	0,50		Hacer supervisión

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. Diagrama actual del proceso del flujo para la construcción de tanque de distribución

Ubicación:	Actividad	Actual	Propuesto	Ahorros			
Actividad: construcción de tanque de distribución	Operación	9,00					
Fecha:	Transporte	1,00					
Operador: albañil	Demora	2,00					
Método: <u>Actual</u> propuesto	Inspección	0,00					
Tipo: <u>Obrero</u> material máquina	Almacenaje	1,00					
Comentarios:	Tiempo	65,60					
	Distancia	1,00 km					
	Costo						
Descripción del proceso	Símbolos				Tiempo en días	Distancia en kilómetros	Método recomendado
El bodeguero despacha las herramientas y los materiales solicitados un día antes. Los materiales pueden ser: hierro, cemento, madera, alambre, clavos, accesorios, tubería, etcétera.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
La comunidad traslada los materiales al área de trabajo.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7,00	1,00	
Se limpia y se nivela el terreno.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7,00		
Se hace el armado con el hierro y el alambre según medidas de los planos (cortar varillas, unirlos con alambre de amarre).	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5,00		Hacer supervisión
Se hace la formaleta con tabla, regla y clavos (medir, cortar y clavar).	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7,00		
Se hace el concreto con los materiales: cemento, arena, piedrín y agua.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0,10		Hacer supervisión
Se funde la obra (echar el concreto dentro de la formaleta).	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3,00		
Se debe esperar a que el concreto fragüe (secado del concreto).	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	28,00		Agregar acelerante al concreto
Quitar formaleta.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,50		
Preparar las proporciones y hacer sabieta para los acabados internos y externos (mezclar arena de río, cemento y agua en proporción 1:3).	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,00		Hacer supervisión
Repellar interna como externamente.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2,00		
Secado de acabados.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3,00		
Colocación de valvulería y accesorios.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,00		Hacer supervisión

Fuente: elaboración propia..

Tabla VIII. Diagrama actual del proceso del flujo para la construcción de acometida domiciliar

Ubicación:	Actividad	Actual	Propuesto	Ahorros
Actividad: construcción acometida domiciliar	Operación	9,00		
Fecha:	Transporte	1,00		
Operador: albañil	Demora	2,00		
Método: <u>actual</u> propuesto	Inspección	0,00		
Tipo: <u>obrero</u> material máquina	Almacenaje	1,00		
Comentarios:	Tiempo	2,95		
	Distancia	1,00 km		
	Costo			
Descripción del proceso	Símbolos	Tiempo en días	Distancia en kilómetros	Método recomendado
El bodeguero despacha herramientas y materiales solicitados un día antes, los materiales pueden ser: hierro, cemento, madera, alambre, clavos, accesorios, tubería, etcétera	<del>O → D □ ▽</del>			
La comunidad traslada los materiales al área de trabajo.	<del>O → D □ ▽</del>	0,06	0,01	
Se limpia y se nivela el terreno.	<del>O → D □ ▽</del>	0,13		
Se hace el armado con el hierro y el alambre según medidas de los planos (cortar varillas, unirlos con alambre de amarre).	<del>O → D □ ▽</del>	0,00		Hacer supervisión
Se hace la formaleta con tabla, regla y clavos (medir, cortar y clavar).	<del>O → D □ ▽</del>	0,25		
Se hace el concreto con los materiales: cemento, arena, pedrín y agua.	<del>O → D □ ▽</del>	0,01		Hacer supervisión
Se funde la obra (echar el concreto dentro de la formaleta).	<del>O → D □ ▽</del>	0,13		
Se debe esperar a que el concreto fragüe (secado del concreto).	<del>O → D □ ▽</del>	1,00		Agregar acelerante al concreto
Quitar formaleta.	<del>O → D □ ▽</del>	0,02		
Preparar las proporciones y hacer sabieta para los acabados internos y externos (mezclar arena de río, cemento y agua en proporción 1:3).	<del>O → D □ ▽</del>	0,02		Hacer supervisión
Repellar interna como externamente.	<del>O → D □ ▽</del>	0,13		
Secado de acabados.	<del>O → D □ ▽</del>	1,00		
Colocación de valvulería y accesorios.	<del>O → D □ ▽</del>	0,20		Hacer supervisión

Fuente: elaboración propia.

De la tabla III a la tabla IV, se puede observar que el fraguado produce demoras de las cuales el tiempo de secado se considera en días de 24 horas y para las actividades el tiempo está en días de 8 horas.

Los datos presentados en las tablas III a la VIII, se obtuvieron de las visitas a los proyectos por lo que se fueron tomando los datos de los pasos que se realizan para la construcción de un proyecto de agua, como se mencionó anteriormente los datos fueron tomados de los proyectos Quiacjul, San Miguel Ixtahuacán; Nueva Escocia, Nuevo Progreso; y Loma Real, Tajumulco San Marcos. Se tomaron tiempos de cada obra y seguidamente se promediaron. La secuencia de construcción es la misma y el tiempo en general varía entre más obras tenga cada proyecto.

Existen actividades como zanjeo, excavación, pegado de tubo que no aparecen en el proceso del flujo debido a que son actividades realizadas por la comunidad como aporte. Estas actividades necesitan poca supervisión, no se han reportado problemas y debido a que el aporte comunitario en mano de obra es suficiente, generalmente siempre se finaliza la colocación de tubo antes que la construcción de obras.

De los tiempos de duración de cada obra de las tablas anteriores y según la secuencia de actividades para la construcción se presenta una tabla con las actividades del proceso de construcción de un sistema de agua.

Tabla IX. **Secuencia actual de actividades para la construcción de un sistema de agua**

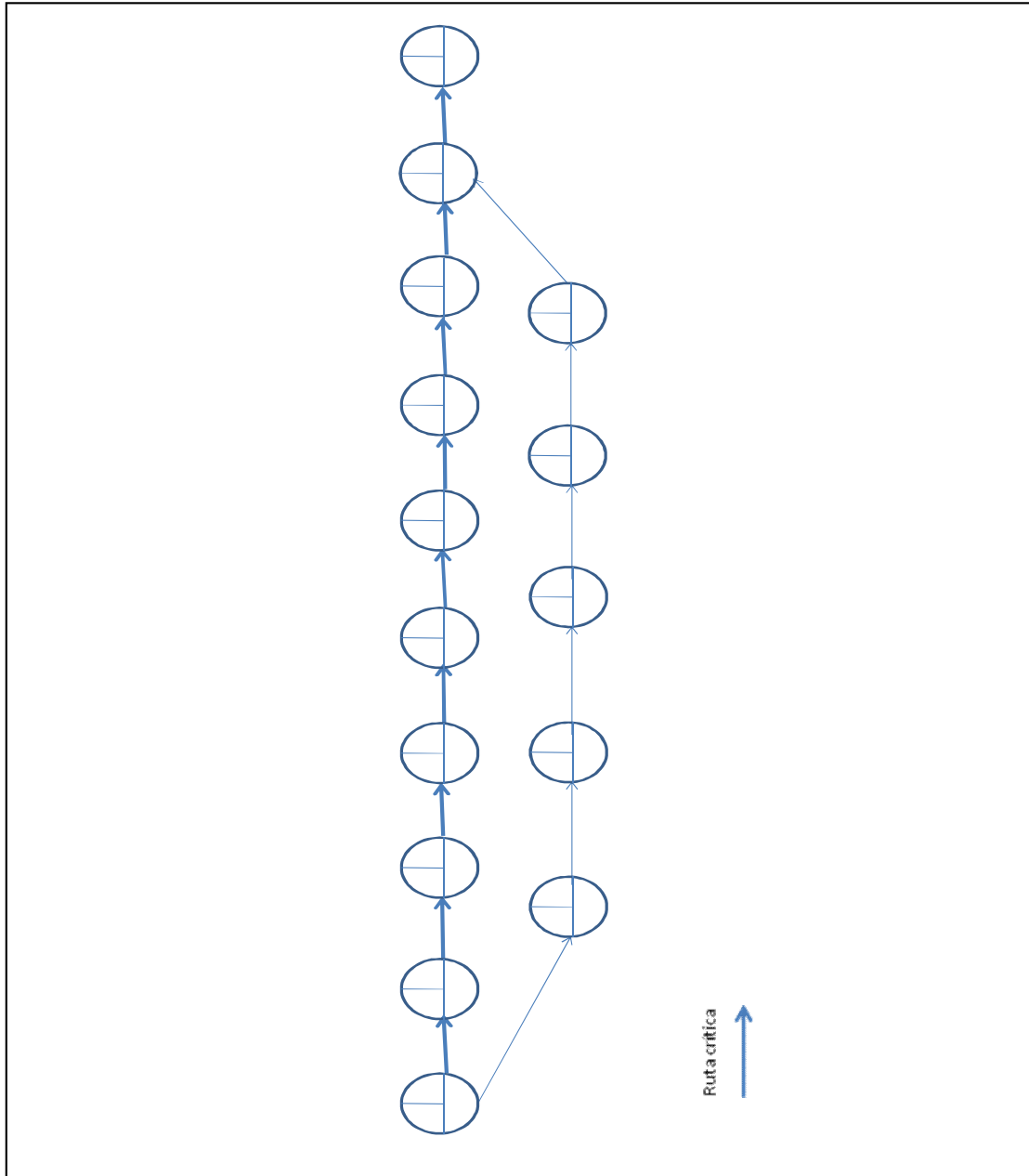
Actividad	Descripción	Duración (días)	Precedente
A	Captación	13,24	----
B	Caja rompe presión*	13,07	A
C	Paso aéreo y/o zanjón*	17,57	B
D	Válvula de limpieza*	10,32	C
E	Válvula de aire*	10,32	D
F	Tanque de distribución	65,60	E
G	Caja rompe presión en distribución*	13,07	F
H	Paso aéreo y/o de zanjón en distribución*	13,07	G
I	Acometidas domiciliars	3,00	H,O
J	Excavación de zanja en línea de conducción	21,00	----
K	Colocación de tubería en línea de conducción	23,00	J
L	Relleno de zanja en línea de conducción	21,00	K
M	Excavación de zanja en línea de distribución	18,00	L
N	Colocación de tubería en línea de distribución	21,00	M
O	Relleno de zanja en línea de distribución	18,00	N

Fuente: elaboración propia.

De la tabla de actividades se pueden ver los tiempos de construcción de cada obra y los precedentes, a continuación se presenta un diagrama PERT donde se determina la ruta crítica en el proceso constructivo.



Figura 6. Diagrama PERT actual para la construcción de un sistema de agua



Fuente: elaboración propia.

De la figura anterior se puede observar que la ruta crítica para este proceso está en las actividades A, B, C, D, E, F, G, H, I, con un tiempo de 156,26 días o 5,20 meses. En esta ruta las actividades varían según la cantidad de obras que tenga el proyecto, las obras se pueden repetir según el diseño.

De la figura 6, se observa que en el recorrido J, K, L, M, N, O, es zanjeo, colocación de tubería y relleno de zanja y que este recorrido no varía en su cantidad de actividades, solo va a variar el tiempo entre cada actividad según la longitud que tenga el proyecto. Esta ruta dura 122 días, lo cual representa 34,26 días menos que la ruta crítica.

#### **2.1.5. Diagrama Ishikawa del proceso de construcción de los sistemas de agua**

Los sistemas de agua construidos presentan defectos en diferentes aspectos, lo cual ha venido a ocasionar problemas entre el personal pues no llegan a un acuerdo de las posibles causas que provocan los defectos, al delegar responsabilidades de los problemas que tienen los sistemas de agua. Por lo anteriormente descrito, se realizó una reunión con el personal del Departamento de Agua y Saneamiento para determinar cuáles son los problemas más frecuentes en los sistemas, para lo cual se hicieron los siguientes pasos:

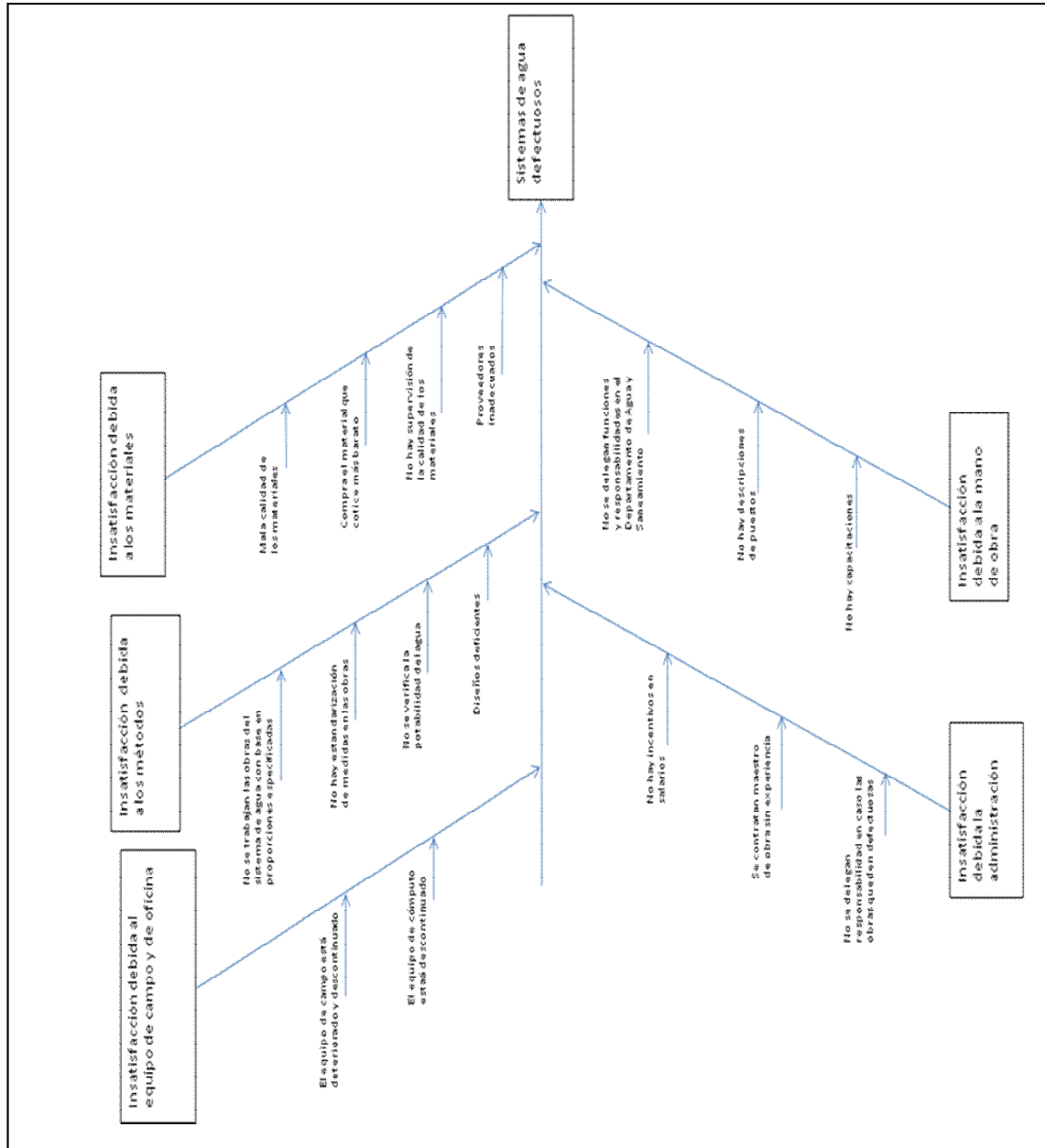
- Se realizó una reunión con el personal del Departamento de Agua y Saneamiento y se dibujó en un pizarrón el diagrama en blanco.
- En la reunión se determinó que el problema o efecto es que los sistemas de agua son defectuosos.

4.4.1.13.

- Se escribieron las categorías que se consideren apropiadas al problema las cuales se presentan como insatisfacciones debidas a la maquinaria (equipo oficina y campo), mano de obra, materiales, métodos, y administración (*management*), que son las más comunes y se aplican en muchos procesos.
- Se realizó una lluvia de ideas (*brainstorming*) de posibles causas y se relacionaron con cada categoría.

De los pasos anteriores se obtuvieron a las diferentes causas y subcausas que se presentan en el siguiente diagrama.

Figura 7. Diagrama de Ishikawa aplicado a los sistemas de agua defectuosos



Fuente: elaboración propia.

Del diagrama anterior a continuación se presenta el análisis de cada ramal del problema con sus respectivos subramales.

### **2.1.5.1. Análisis del diagrama**

#### **4.4.1.14.**

De las entrevistas realizadas con el personal se determinaron las causas que originan la deficiencia en la calidad de los acabados de obras.

De este diagrama aparecen cinco causas primarias que a su vez tienen causas secundarias. Como se puede ver en la figura 7, anterior a las reuniones con el personal se concluyó que los sistemas de agua construidos son defectuosos y las causas principales son:

- Maquinaria o equipo deficiente: el personal no cuenta con equipo de campo adecuado para el trabajo que realizan y por ello, deben realizar préstamos entre ellos de altímetros, teodolitos, etcétera. Además, el equipo de cómputo es deficiente ya que tiene poca capacidad de memoria para los programas que actualmente se utilizan para trabajar en diseños y presupuestos. El Departamento de Agua cuenta con 2 teodolitos de los cuales solamente uno funciona y el otro no está calibrado por lo que provocarán errores en las topografías donde se usen estos datos.
- El personal: a pesar de la presencia de ingenieros, casi no se hacen supervisiones constantes que verifiquen la adecuada construcción de los proyectos, en la práctica no se establecen las funciones de cada empleado o las responsabilidades. El personal no se capacita en temas de su interés.

- Métodos:
  - No se utilizan especificaciones: las obras no tienen medidas estándar. Obras como cajas de limpieza, cajas de válvulas de aire, cajas reunidoras de caudal y tanques de almacenamiento de agua no tienen las mismas dimensiones y son las que deberían tener una única medida debido a que no hay factores que las hagan variar como longitud, variación del terreno, etcétera. En cambio para obras como captaciones, pasos aéreos o pasos de zanjón hay cierta variación debido a que la topografía y geografía del terreno pueden hacer variar el ancho de zanjonés aún en una mínima longitud lo cual demandaría más cable o tubería.

En cuanto a los acabados de las obras, estas no tienen presentación y se construyen con concreto desproporcionado y no se estandarizan las cantidades a utilizar. No hay análisis de la potabilidad del agua, a veces se hace solamente cuando lo exige alguna agencia donante pero no está dentro del proceso de construcción, se puede decir, que los proyectos solamente son para agua entubada.

- Sistemas de agua mal diseñados: hay sistemas en los cuales hay fallas las cuales regularmente son por diseño ya sea que se diseñen por una constructora externa o por la unidad de diseño y presupuestos.

No se hace supervisión de los diseños, a veces porque lo hace un compañero de trabajo se asume que está bien hecho por lo que se omite la supervisión de diseño y cuando una empresa externa presenta el diseño solamente se verifica que las cantidades de materiales del presupuesto estén bien y no se revisa el aspecto técnico.

Los sistemas de agua no contemplan un sistema eficiente de evacuación de aguas servidas, por lo que estas corren superficialmente generando otro tipo de problemas como erosión del suelo y posible propagación de enfermedades al correr el agua sin tratamiento alguno. En algunos proyectos se hicieron pozos de infiltración para aguas servidas sin embargo, el método de eliminación de contaminantes no es eficiente y se vuelven a infiltrar casi sin tratamiento.

- Materiales de construcción: los materiales de construcción no presentan buena calidad ya que a veces se compra arena contaminada o pedrín poroso que no es para la construcción de obras hidráulicas. La unidad de cotizaciones y compras, compra el material más barato sin tomar en cuenta la calidad, cuando un supervisor está en el campo da información de la calidad de los materiales pero por lo general, esta no se toma en cuenta, solamente el precio. No está establecida una supervisión de los materiales para la construcción de obras hidráulicas.

- Administración: no se tienen incentivos en los salarios, por lo que si hay un proyecto que este lejos se paga igual que por un proyecto cercano, no hay una bonificación por distancia por lo que generalmente hace que los técnicos vayan pocas veces a los proyectos.

### **2.1.6. Propuesta de mejoras del proceso de construcción de los sistemas**

Con base a los problemas identificados en la figura 7, se presentan las propuestas de mejoras en los métodos de construcción.

#### **2.1.6.1. Propuesta y mejoras de los métodos constructivos que eleven la calidad de los sistemas de agua**

Con base en los diagramas mejorados del proceso del flujo presentados de la tabla XI, a la tabla XVI, se procederá a implementar la supervisión en la construcción de las obras de manera que el proyecto tenga una secuencia uniforme y un acompañamiento técnico durante la construcción.

En estas supervisiones se verificará la calidad de materiales, medidas, calidad de las proporciones del concreto y calidad de los acabados. Para verificar la calidad de los materiales se harán pruebas de campo para determinar qué materiales tienen calidad aceptable, la verificación de la calidad de los materiales se consultará con base en los diagramas 8, 9 y 10.



- Métodos de control de calidad de los agregados del concreto en el campo

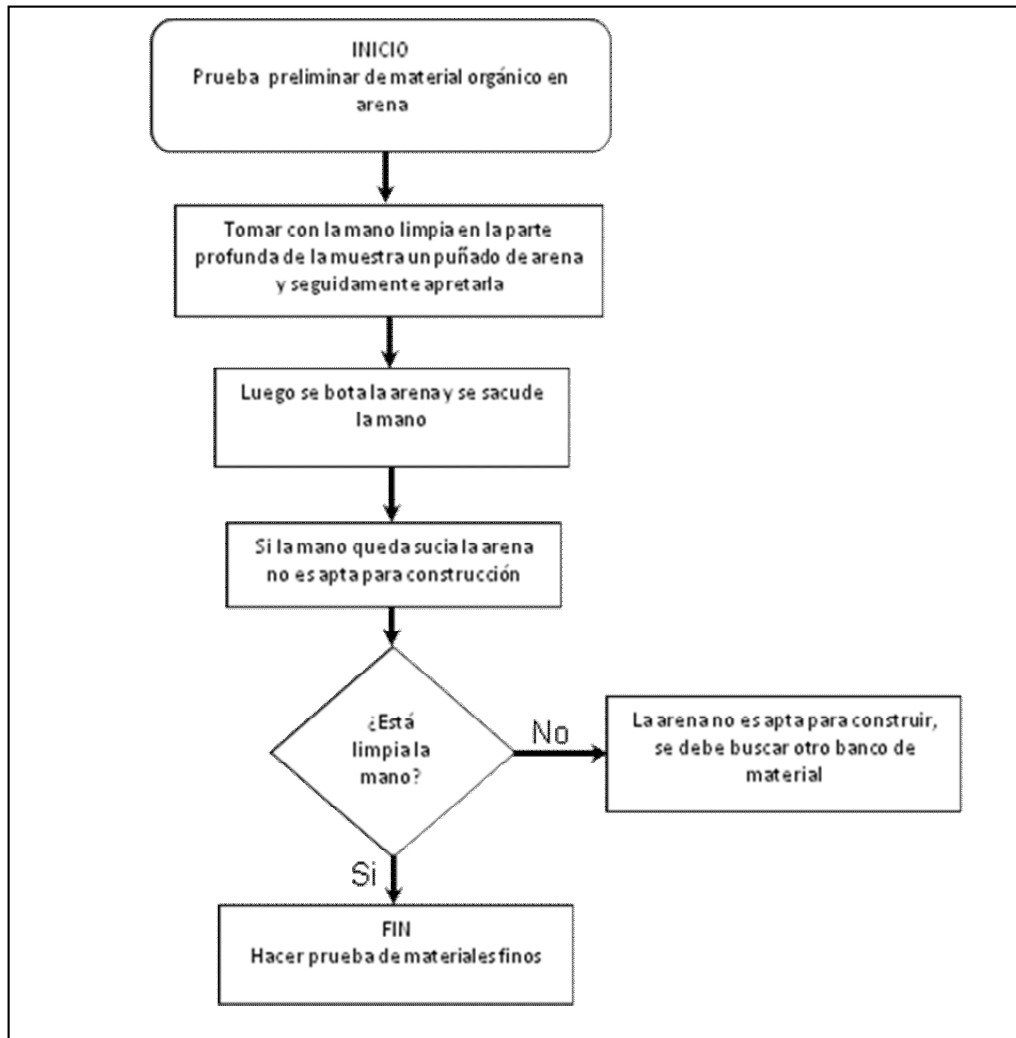
Donde más se han tenido problemas es con la arena debido a que viene sucia o contaminada con otros materiales por lo que se harán las siguientes pruebas de campo:

- La arena por lo regular guarda humedad, por lo que se debe tomar con la mano limpia en la parte profunda de la muestra un puñado de arena y seguidamente apretarla. Luego se bota y se sacude la mano. Si la mano queda sucia la arena no es apta para construcción.
- Para detectar materiales finos como limos o arcillas, se tomará un frasco de vidrio de 1 litro de capacidad, se le echará arena hasta una altura de 5 centímetros y se le agregará agua hasta una altura de  $\frac{3}{4}$  del frasco. Se agitará con fuerza durante 1 minuto y las últimas sacudidas se harán hacia los lados del frasco para que el material se sedimente de manera horizontal.
- Se deja el frasco reposar durante 2 horas y se observa el material muy fino depositado sobre la arena. Si la capa formada tiene más de 3 milímetros de espesor la arena no debe usarse, debe lavarse o usar otro banco de materiales.

- Para detectar materia orgánica se usa un frasco con capacidad de 250 a 350 mililitros con medidas a cada 25 mililitros, se prepara una solución de soda cáustica (hidróxido de sodio) al 3% (30 gramos de soda cáustica por litro), se echa arena hasta un volumen de 125 mililitros. Se agrega una solución de soda cáustica hasta que el volumen de arena llegue a los 200 mililitros. Se tapa el frasco y se deja reposar 24 horas, si el agua no tiene color o queda con un color ámbar claro o de paja, indica ausencia o poco contenido de materia orgánica.
  
- Si el agua queda con un color marrón indica que contiene arena orgánica vegetal y no deberá ser usada a menos que se lave o se demuestre que con la misma puede alcanzarse el 90% o más de la resistencia mínima del concreto y esto se demostrará en un laboratorio de concreto.

A continuación se presenta el diagrama de bloques para la prueba preliminar en campo del material orgánico en la arena, según lo indicado en la página 46, debido a que si se tuviese material orgánico, la resistencia del concreto disminuye y tiende a rajarse la obra por pérdida de resistencia.

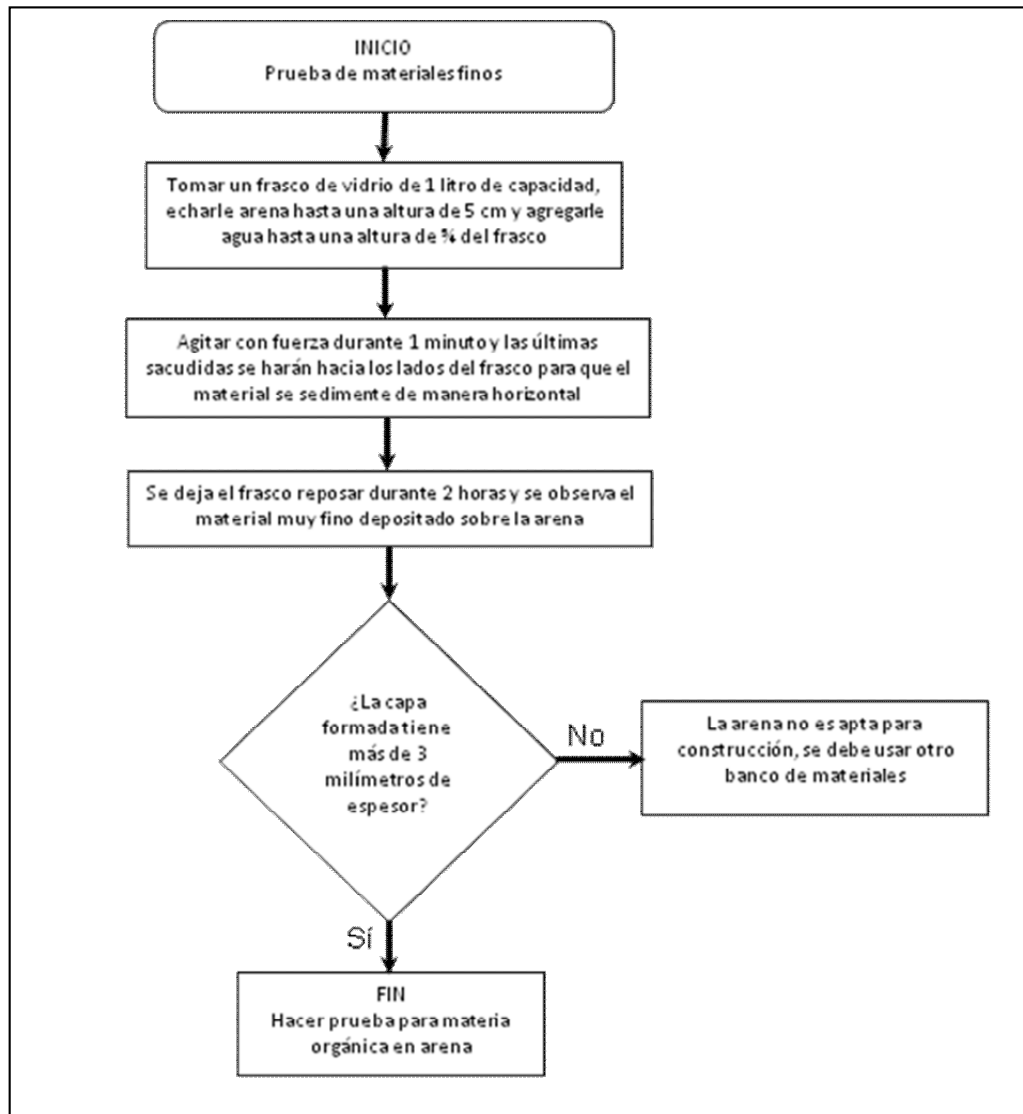
Figura 8. **Diagrama de bloques para la prueba preliminar de material orgánico en arena**



Fuente: elaboración propia.

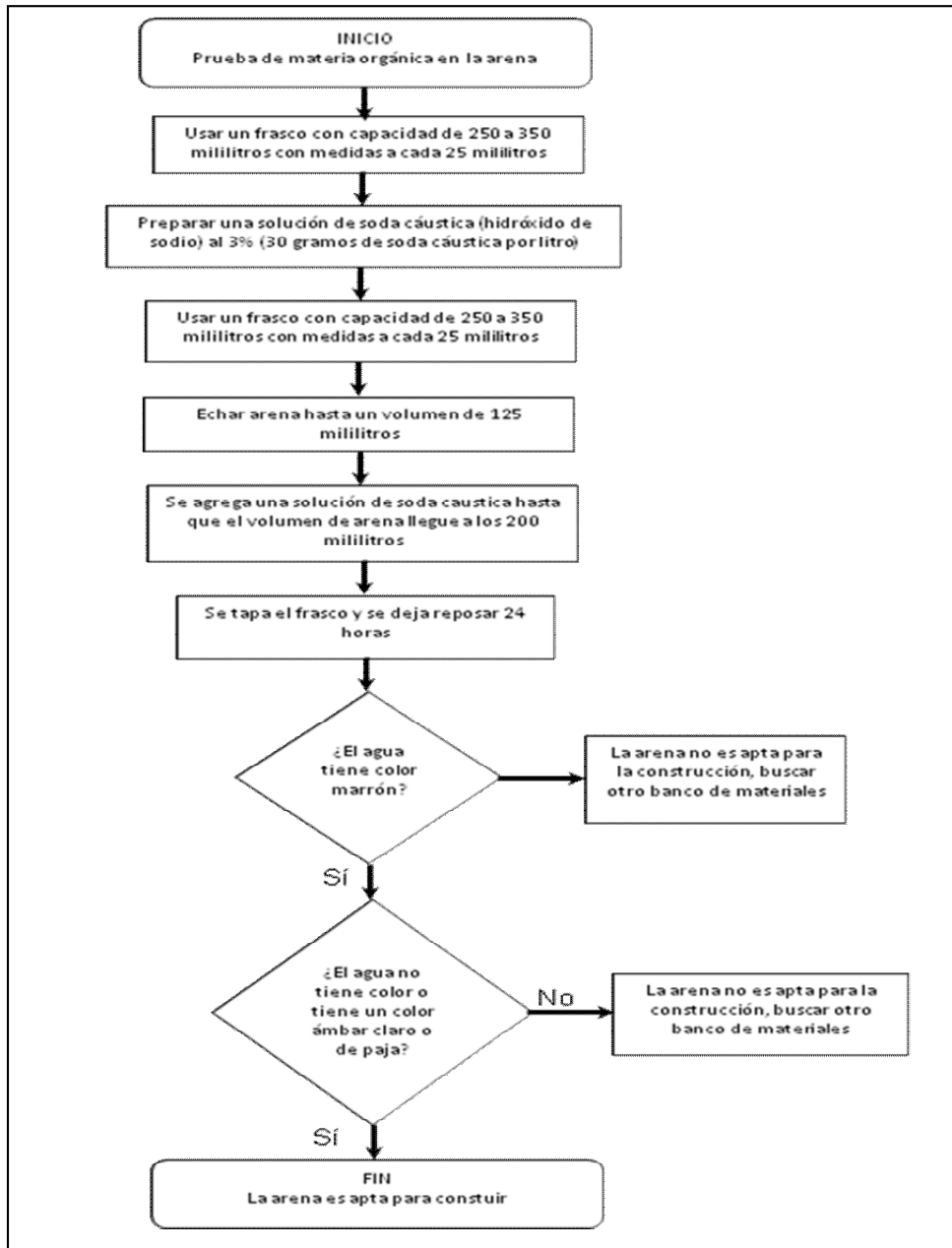
La arena, al pasar la prueba preliminar, se procede a realizar los pasos de la página 44 y 45, para determinar materiales finos en la arena. A continuación se presentan las figuras 9 y 10 de los diagramas de bloques de estos pasos.

Figura 9. Diagrama de bloques para la prueba de materiales finos en arena



Fuente: elaboración propia.

Figura 10. Diagrama de bloques para la prueba de materia orgánica en arena



Fuente: elaboración propia.

- Métodos de control de calidad en la proporción de los agregados del concreto

Para verificar la calidad del concreto se harán pruebas de campo tales como prueba de asentamiento y la utilización de medidores de los materiales en volumen para que la mezcla sea uniforme como se indica en los siguientes pasos:

Para verificar que los agregados reúnan buena calidad para el concreto se verificará que la cantidad y calidad sea la correcta de la siguiente manera:

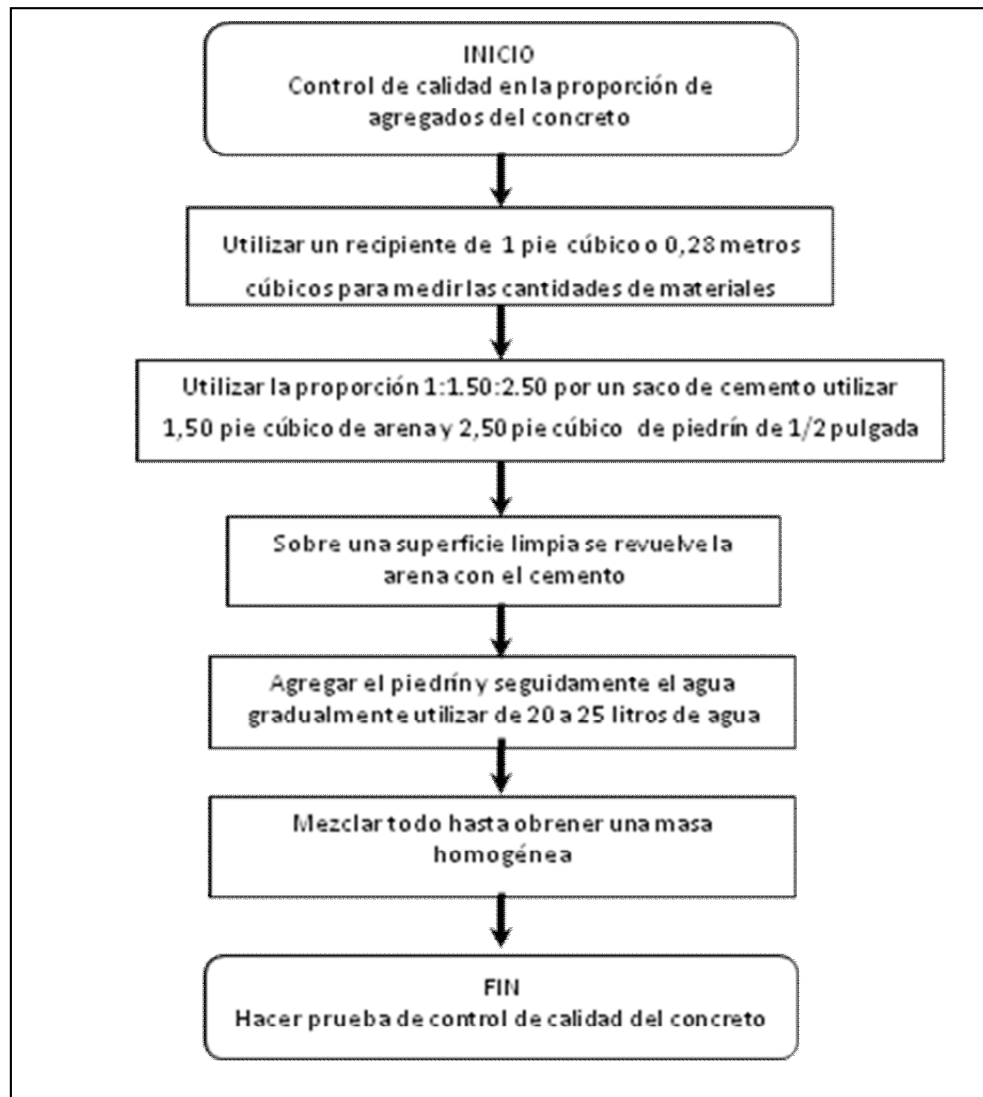
- La arena debe estar seca o ligeramente húmeda (humedad hasta de 5%) al apretarla con la mano y posteriormente soltarla, esta se disgrega.
- La arena húmeda (humedad del 10 al 15%) al apretarla y luego soltarla forma una bola pero no deja agua visible en la palma de la mano.
- Arena mojada (humedad del 20% o más) al apretarla con la mano deja agua visible en la palma y gotea.

- El concreto se hará de la siguiente manera: un saco de cemento tiene un volumen de 1 pie cúbico, 28 litros o 0.28 metros cúbicos, por lo que se tendrá un recipiente de esta capacidad para hacer las proporciones requeridas, la proporción para obras hidráulicas es la 1:1,50:2,50 que significa que por 1 saco de cemento (1 pie cúbico) se agrega 1,50 pie cúbico de arena y 2,50 pie cúbico de pedrín.
  
- El concreto se hará sobre una superficie limpia que no contamine la mezcla.
  
- Se mezcla la arena con el cemento y seguidamente se le agrega el pedrín y por último se agrega el agua que puede variar de 20 a 25 litros. El agua se debe echar poco a poco para que se vaya absorbiendo. Y se pasa de un lado a otro con la pala 3 veces y luego se vacía en la formaleta que se va a fundir.

1234

En la página siguiente, se presenta el diagrama de bloques para la prueba de control de la proporción del concreto y que esta se haga en proporción de las cantidades de material recomendadas para obras hidráulicas.

Figura 11. Diagrama de bloques para la prueba de control en la proporción de los agregados de concreto



Fuente: elaboración propia.



- Control de calidad en la elaboración del concreto

El método recomendado para verificar la calidad del concreto es el método de asentamiento (*slump*).

En el cual se utilizará un cono truncado de metal de 30,50 centímetros de alto y de base inferior 20,30 centímetros de diámetro y base superior de 10,20 centímetros.

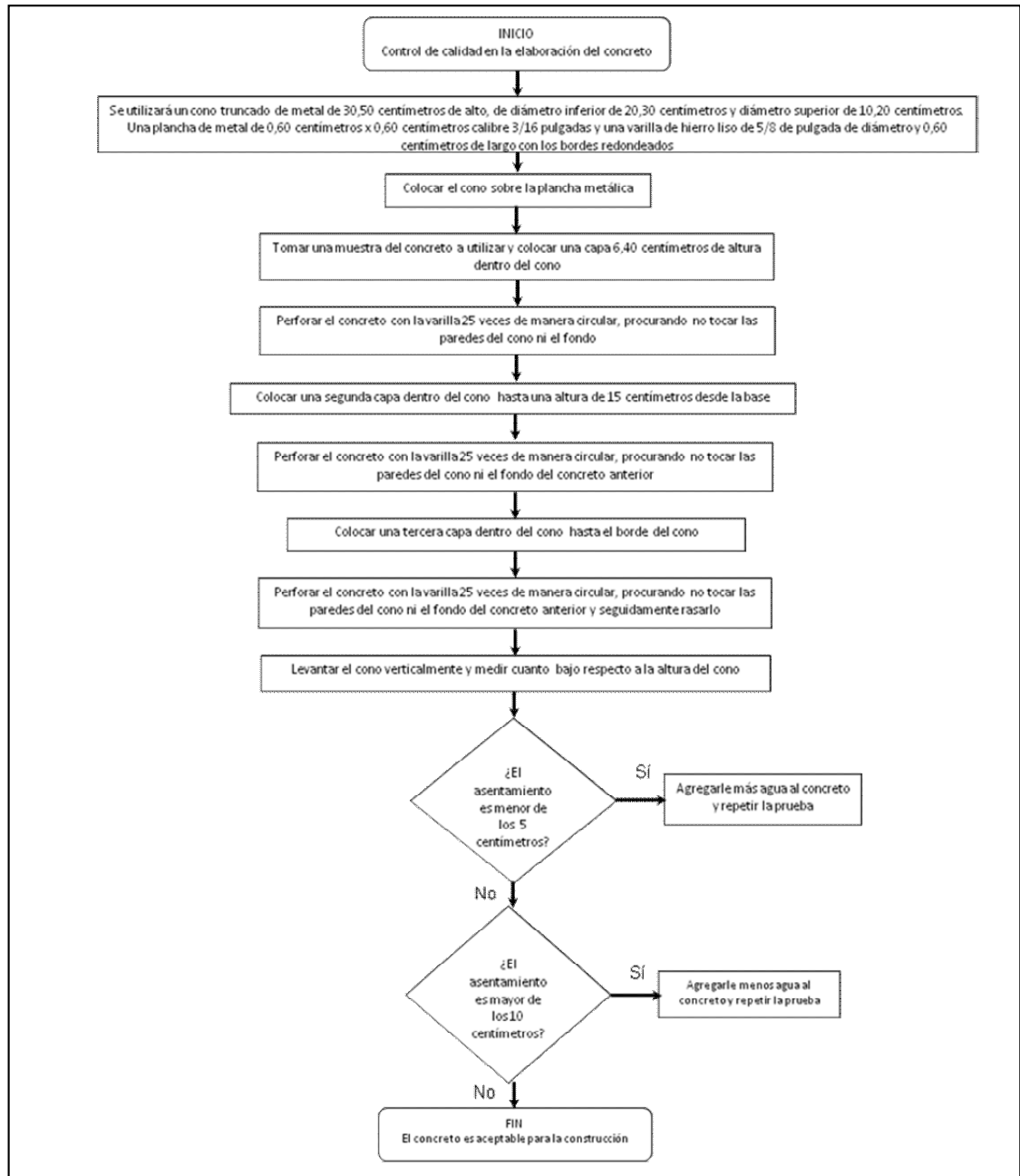
Del concreto que se está haciendo se depositará en el cono hasta una altura de 6,40 centímetros y se perforará 25 veces, seguidamente se añadirá una segunda capa hasta una altura de 15 centímetros de la base y se perforará 25 veces y por último se llena el cono y se perforará 25 veces y se dejará al ras.

Se levantará el cono y se medirá el asentamiento de manera que el concreto será aceptable esta en un rango de 5 a 10 centímetros.

En caso de que el asentamiento sea mayor de 10 centímetros se reducirá la cantidad de agua. Y si el asentamiento es menor de 5 centímetros se recomienda agregarle agua de manera que el asentamiento esté en el rango recomendado.

En la página siguiente se presenta la figura 12, se presenta el diagrama de bloques para la prueba de control para la elaboración del concreto.

Figura 12. Diagrama de bloques para la prueba de control en la elaboración del concreto



Fuente: elaboración propia.

En la tabla siguiente se muestran las actividades realizadas para hacer la prueba de aceptación del concreto, esta prueba está propuesta para que se implemente entre las actividades de supervisión de la calidad de las obras hidráulicas.

Tabla X. **Diagrama del proceso del flujo para la prueba de calidad del concreto**

Ubicación:	Actividad	Actual	Propuesto	Ahorros				
Actividad: prueba de asentamiento del concreto	Operación	12,00						
Fecha:	Transporte							
Operador: albañil	Demora							
Método: <u>actual</u> propuesto	Inspección							
Tipo: <u>obrero</u> material máquina	Almacenaje							
Comentarios:	Tiempo	3,71						
	Distancia							
	Costo							
Descripción del proceso	Símbolos				Tiempo en minutos	Distancia en metros	Método recomendado	
Tomar una muestra del concreto elaborado.	○	⇨	D	□	▽	0,30		
Colocar la plancha metálica en el piso y humedecer la plancha y el cono.	○	⇨	D	□	▽	0,30	1,00	
Se coloca el cono sobre la plancha y colocar los pies en los sujetadores del cono.	○	⇨	D	□	▽	0,10		
Vaciar el concreto dentro del cono hasta 1/3 de la altura del cono.	○	⇨	D	□	▽	0,30		
Picar el concreto con la varilla lisa 25 veces en forma circular.	○	⇨	D	□	▽	0,50		
Vaciar el concreto dentro del cono hasta 2/3 de la altura del cono.	○	⇨	D	□	▽	0,30		
Picar el concreto con la varilla lisa 25 veces en forma circular.	○	⇨	D	□	▽	0,50		
Vaciar el concreto dentro del cono hasta la altura del cono.	○	⇨	D	□	▽	0,30		
Picar el concreto con la varilla lisa 25 veces en forma circular.	○	⇨	D	□	▽	0,50		
Rasar el concreto con la varilla.	○	⇨	D	□	▽	0,10		
Retirar el cono.	○	⇨	D	□	▽	0,01		
Medir cuanto asentó en pulgadas debe estar entre 2 y 4 pulgadas para que sea aceptable.	○	⇨	D	□	▽	0,50		

Fuente: elaboración propia.

Se propone implementar un descriptor del puesto para el maestro de obras, técnico y supervisor los cuales se presentan a continuación:

Para el supervisor de obras el descriptor del puesto deberá contemplar los siguientes aspectos:

**Figura 13. Descriptor del puesto para el ingeniero supervisor**

<p><b>Objetivo:</b></p> <p>Comprobar que la construcción de los sistemas de agua se realice sujetos a los planos y especificaciones.</p> <p><b>Responsabilidades:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>○ Nombre del cargo: ingeniero supervisor de sistemas de agua rural</li><li>○ Principales tareas relacionadas con el puesto:<ul style="list-style-type: none"><li>- Verificar que la obra se construya dentro del tiempo asignado</li><li>- Conocer y aprobar los materiales locales que se utilizarán en el proyecto</li><li>- Constar y aprobar las diferentes pruebas que se le hagan al sistema</li></ul></li><li>○ ¿A quién reporta? director de agua y saneamiento</li><li>○ Número de personas a cargo: 2 a 3 personas técnicos en agua rural.</li><li>○ ¿Cómo se va a evaluar el desempeño del puesto?: con base al buen cumplimiento de los objetivos y responsabilidades</li></ul> <p><b>Liderazgo y toma de decisiones:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>○ Capacidad de liderazgo</li><li>○ Toma de decisiones en el área de trabajo o en oficina según sea el caso, basándose en mantener la calidad el sistema de agua.</li></ul>
--

### Continuación de la figura 13.

<p>Condiciones de trabajo:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>○ Intensidad de viajes, si los hay: viajar por lo menos una vez a la semana al lugar del proyecto a cargo.</li><li>○ Horario de trabajo: en oficina de 8:00 a 13:00 horas y de 14:00 a 17:30 horas.</li><li>○ En los lugares del proyecto el horario está de acuerdo con el lugar de trabajo.</li><li>○ Salario: Q6 000,00</li><li>○ Gastos de traslado, de corresponder: viáticos respaldados con factura contable.</li></ul> <p>Factores personales:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>○ Límite de edad: 40 años</li><li>○ Límite de sexo: ninguno</li><li>○ Estado civil, hijos: ninguno</li><li>○ No requiere vivir en un área en particular</li><li>○ Educación mínima requerida: graduado de Ingeniero Civil, colegiado activo.</li><li>○ En qué campos deberá tener experiencia la persona: diseño, presupuesto y construcción de proyectos de agua y riego.</li><li>○ Años de experiencia mínima requerida: 1 año</li></ul>
--

Fuente: elaboración propia.

El perfil del puesto para el técnico en agua rural deberá contemplar los aspectos: que presenta la figura 14.

Figura 14. **Descriptor del puesto para el técnico de agua**

Objetivo:

Apoyar en la supervisión de la construcción de los sistemas de agua para que se realicen sujetos a los planos y especificaciones.

1.1.1.1.

Responsabilidades:

- Nombre del cargo: técnico en agua rural
- Principales tareas relacionadas con el puesto:
  - Informar continuamente al ingeniero supervisor del avance físico del proyecto
  - Presentar un informe final de supervisión y presentar un finiquito con el constructor para la recepción del proyecto
  - Conoce el funcionamiento de las obras a construir
  - Garantiza que se den todas las condiciones para construir óptimamente
  - Orientar a los maestros de obra en cualquier problema técnico que se presente o que pueda presentarse.
  - Coordinar y orientar al comité local para el control de la mano de obra no calificada.
  - ¿A quién reporta? ingeniero supervisor
  - Número de personas a cargo: 1 o 2 maestros de obra.
  - ¿Cómo se va a evaluar el desempeño del puesto? con base al buen desarrollo constructivo del sistema de agua.

Liderazgo y toma de decisiones:

- Capacidad de liderazgo
- Toma de decisiones en el área de trabajo o reportar si en caso no se tiene el conocimiento de la solución del problema técnico.
- Asume la gestión de imprevistos cuantitativos, cualitativos y técnicos que ocurran en el proyecto.

1.1.1.2.

## Continuación de la figura 14.

### Condiciones de trabajo:

- Intensidad de viajes, si los hay: permanecer 4 días a la semana en el lugar del proyecto asignado.
- Horario de trabajo: en el proyecto 7:00 a 13:00 horas y de 14:00 a 16:00 horas aunque el horario podría variar de acuerdo con el lugar de trabajo.
- Salario: Q3 000,00
- Gastos de traslado, de corresponder: viáticos respaldados con factura contable.

### Factores personales:

- Límite de edad: 40 años
- Límite de sexo: ninguno
- Estado civil, hijos: ninguno
- Educación mínima requerida: educación media o estudios universitarios de preferencia.

### En qué campos deberá tener experiencia la persona:

- Diseño, presupuesto y construcción de proyectos de agua riego
- Conceptos básicos de dibujo en AutoCAD
- Conocimiento en topografía, altimetría y aforos
- Capacidad para elaborar informes técnicos
- Habilidad para llevar control de materiales en bodega
- Capacidad de tomar muestras de agua en los nacimientos
- Conocimientos de elaboración de concreto con base en proporciones y verificación de la calidad de los agregados.
- Años de experiencia mínima requerida: 1 año
- Salario: Q2 500,00
- Gastos de traslado, de corresponder: viáticos respaldados con factura contable

### 1.1.1.3.

Fuente: elaboración propia.

Para el maestro de obras el perfil del puesto deberá contemplar los siguientes aspectos:

Figura 15. **Descriptor del puesto de maestro de obras**

<p>Objetivo:</p> <p>Construir los sistemas de agua con base en los planos y especificaciones técnicas.</p> <p>Responsabilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>○ Nombre del cargo: maestro de obras</li><li>○ Principales tareas relacionadas con el puesto:<ul style="list-style-type: none"><li>- Construir el sistema de agua dentro del tiempo asignado</li><li>- Orientar a su equipo de albañiles en cualquier problema técnico que se presente o que pueda presentarse.</li></ul></li><li>○ ¿A quién reporta?: técnico en agua rural o ingeniero supervisor si estuviese en el lugar.</li><li>○ Número de personas a cargo: 8 o 12 albañiles</li><li>○ ¿Cómo se va a evaluar el desempeño del puesto?: con base en la buena construcción del sistema de agua.</li></ul> <p style="text-align: center;">1.1.1.4.</p> <p>Liderazgo y toma de decisiones:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>○ Capacidad de liderazgo</li><li>○ Capacidad para organizar su equipo de trabajo.</li><li>○ Solucionar problemas menores siempre y cuando se reporten al superior inmediato.</li><li>○ Reportar si en caso no se tiene el conocimiento de la solución del problema técnico.</li></ul>
---



Continuación de la figura 15.

Condiciones de trabajo:

- Intensidad de viajes, si los hay: permanecer 4 días a la semana en el lugar del proyecto asignado.
- Horario de trabajo: en el proyecto 7:00 a 13:00 horas y de 14:00 a 16:00 horas aunque el horario podría variar de acuerdo al lugar de trabajo.
- Salario: según contrato

Factores personales:

- Límite de edad: 40 años
- Límite de sexo: ninguno
- Estado civil, hijos: ninguno
- Educación mínima requerida: educación primaria
- ¿En qué campos deberá tener experiencia la persona?: construcción de proyectos de agua y riego. Conocimientos de proporciones adecuadas para obras hidráulicas de mampostería y concreto armado.
- Ser proactivo en cuanto a las indicaciones recibidas de los superiores.
- Deseos de capacitarse y mejorar en su área de trabajo.
- Años de experiencia mínima requerida: 1 año.

Fuente: elaboración propia.

A continuación se presentan los diagramas de flujo de proceso mejorado para la construcción de cada obra del sistema de agua, estos se realizaron en proyectos ubicados en las comunidades mencionadas anteriormente.

Tabla XI. Diagrama mejorado del proceso del flujo para la construcción de caja de captación

Ubicación:	Actividad	Actual	Propuesto	Ahorros
Actividad: construcción caja de captación	Operación		9,00	
Fecha	Transporte		1,00	
Operador: albañil	Demora		2,00	
Método: actual <u>propuesto</u>	Inspección		5,00	
Tipo: <u>obrero</u> material máquina	Almacenaje		1,00	
Comentarios:	Tiempo	12,44	12,29	0,16
	Distancia		1,50 km	
	Costo			
Descripción del proceso	Símbolos	Tiempo en días	Distancia en kilómetros	Método recomendado
El bodeguero despacha las herramientas y los materiales solicitados un día antes. Los materiales pueden ser: hierro, cemento, madera, alambre, clavos, accesorios, tubería, etcétera.	<del>O → D □ ▽</del>			
La comunidad traslada los materiales al área de trabajo.	<del>O → D □ ▽</del>	1,50	1,50	
Se limpia y se nivela el terreno.	<del>O → D □ ▽</del>	1,50		
Se hace el armado con el hierro y el alambre según medidas de los planos (cortar varillas, unirlos con alambre de amarre).	<del>O → D □ ▽</del>	0,67		
Supervisión del armado del hierro con base en planos.	<del>O → D □ ▽</del>	0,01		
Se hace la formaleta con tabla, regla y clavos (medir, cortar y clavar).	<del>O → D □ ▽</del>	1,00		
Supervisar medidas de formaleta con base en planos.	<del>O → D □ ▽</del>	0,01		
Se hace el concreto con base en proporciones con los materiales: cemento, arena, piedrín, agua y aditivo acelerante de fraguado..	<del>O → D □ ▽</del>	0,02		
Supervisar que la calidad del concreto pase la prueba de asentamiento (ver manual).	<del>O → D □ ▽</del>	0,01		
Se funde la obra (echar el concreto dentro de la formaleta).	<del>O → D □ ▽</del>	1,50		
Se debe esperar a que el concreto fragüe (secado del concreto).	<del>O → D □ ▽</del>	3,00		
Quitar formaleta.	<del>O → D □ ▽</del>	0,50		
Preparar las proporciones y hacer sabieta para los acabados internos y externos (mezclar arena de río, cemento y agua en proporción 1:3).	<del>O → D □ ▽</del>	0,05		
Supervisar las proporciones correctas de arena, agua y cemento en la preparación de sabieta.	<del>O → D □ ▽</del>	0,01		
Repellar interna como externamente.	<del>O → D □ ▽</del>	1,00		
Secado de acabados.	<del>O → D □ ▽</del>	1,00		
Colocación de valvulería y accesorios.	<del>O → D □ ▽</del>	0,50		
Supervisión de la instalación de la valvulería y accesorios.	<del>O → D □ ▽</del>	0,01		

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior y en las siguientes tablas se puede observar el proceso del flujo del proceso propuesto para construir cada obra del sistema de agua, se puede observar que en la tabla aparece la diferencia de tiempo para cada obra entre el método actual y el mejorado. Entre más grande es una obra, mayor es la diferencia de tiempo debido a las demoras del fraguado del concreto. En este método mejorado se utilizó la aplicación de un aditivo acelerante del concreto para disminuir los días de espera por fraguado; y se implementó la supervisión para cada actividad de encofrado, armado, fundición y aplicación de acabados.

Del método actual se determinó que las proporciones del concreto y de la sabieta no están con base a especificaciones por lo que se estableció la supervisión en la elaboración de los mismos para proporcionarlos con base en los diagramas de bloques 11 y 12 que ilustran el control de la calidad del concreto (páginas 50 y 53).

Tabla XII. Diagrama mejorado del proceso del flujo para la construcción de caja rompe presión

Ubicación:	Actividad	Actual	Propuesto	Ahorros
Actividad: construcción caja rompe presión	Operación		9,00	
Fecha:	Transporte		1,00	
Operador: albañil	Demora		2,00	
Método: Actual <u>propuesto</u>	Inspección		5,00	
Tipo: <u>obrero</u> material máquina	Almacenaje		1,00	
Comentarios:	Tiempo	13,07	11,62	1,45
	Distancia		1,00 km	
	Costo			
Descripción del proceso	Símbolos	Tiempo en días	Distancia en kilómetros	Método recomendado
El bodeguero despacha las herramientas y los materiales solicitados un día antes. Los materiales pueden ser: hierro, cemento, madera, alambre, clavos, accesorios, tubería, etcétera.	<del>O → D □ ▽</del>			
La comunidad traslada los materiales al área de trabajo.	<del>O → D □ ▽</del>	1,50	1,00	
Se limpia y se nivela el terreno.	<del>O → D □ ▽</del>	0,50		
Se hace el armado con el hierro y el alambre según medidas de los planos (cortar varillas, unirlos con alambre de amarre).	<del>O → D □ ▽</del>	1,00		
Supervisión del armado del hierro con base en planos.	<del>O → D □ ▽</del>	0,01		
Se hace la formaleta con tabla, regla y clavos (medir, cortar y clavar).	<del>O → D □ ▽</del>	1,00		
Supervisar medidas de formaleta con base en planos.	<del>O → D □ ▽</del>	0,01		
Se hace el concreto con base en proporciones con los materiales: cemento, arena, piedrín, agua y aditivo acelerante de fraguado.	<del>O → D □ ▽</del>	0,02		
Supervisar que la calidad del concreto pase la prueba de asentamiento (ver manual).	<del>O → D □ ▽</del>	0,01		
Se funde la obra (echar el concreto dentro de la formaleta).	<del>O → D □ ▽</del>	1,50		
Se debe esperar a que el concreto fragüe (secado del concreto).	<del>O → D □ ▽</del>	3,00		
Quitar formaleta.	<del>O → D □ ▽</del>	0,50		
Preparar las proporciones y hacer sabieta para los acabados internos y externos (mezclar arena de río, cemento y agua en proporción 1:3).	<del>O → D □ ▽</del>	0,05		
Supervisar las proporciones correctas de arena, agua y cemento en la preparación de sabieta.	<del>O → D □ ▽</del>	0,01		
Repellar interna como externamente.	<del>O → D □ ▽</del>	1,00		
Secado de acabados.	<del>O → D □ ▽</del>	1,00		
Colocación de valvulería y accesorios.	<del>O → D □ ▽</del>	0,50		
Supervisión de la instalación de la valvulería y accesorios.	<del>O → D □ ▽</del>	0,01		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. Diagrama mejorado del proceso del flujo para la construcción de paso aéreo o paso de zanjón

Ubicación:	Actividad	Actual	Propuesto	Ahorros
Actividad: construcción de paso aéreo o paso zanjón	Operación		9,00	
Fecha:	Transporte		1,00	
Operador: albañil	Demora		2,00	
Método: actual <u>propuesto</u>	Inspección		5,00	
Tipo: <u>obrero</u> material máquina	Almacenaje		1,00	
Comentarios:	Tiempo	17,57	14,62	2,95
	Distancia		1,00 km	
	Costo			
Descripción del proceso	Símbolos	Tiempo en días	Distancia en kilómetros	Método recomendado
El bodeguero despacha las herramientas y los materiales solicitados un día antes. Los materiales pueden ser: hierro, cemento, madera, alambre, clavos, accesorios, tubería, etcétera.	<del>O</del> <del>→</del> <del>D</del> <del>□</del> <del>▽</del>			
La comunidad traslada los materiales al área de trabajo.	<del>O</del> <del>→</del> <del>D</del> <del>□</del> <del>▽</del>	1,50	1,00	
Se limpia y se nivela el terreno.	<del>O</del> <del>→</del> <del>D</del> <del>□</del> <del>▽</del>	0,75		
Se hace el armado con el hierro y el alambre según medidas de los planos (cortar varillas, unirlos con alambre de amarre).	<del>O</del> <del>→</del> <del>D</del> <del>□</del> <del>▽</del>	1,00		
Supervisión del armado del hierro con base en planos.	<del>O</del> <del>→</del> <del>D</del> <del>□</del> <del>▽</del>	0,01		
Se hace la formaleta con tabla, regla y clavos (medir, cortar y clavar).	<del>O</del> <del>→</del> <del>D</del> <del>□</del> <del>▽</del>	1,00		
Supervisar medidas de formaleta con base en planos.	<del>O</del> <del>→</del> <del>D</del> <del>□</del> <del>▽</del>	0,01		
Se hace el concreto con base en proporciones con los materiales: cemento, arena, piedrín, agua y aditivo acelerante de fraguado.	<del>O</del> <del>→</del> <del>D</del> <del>□</del> <del>▽</del>	0,02		
Supervisar que la calidad del concreto pase la prueba de asentamiento (ver manual).	<del>O</del> <del>→</del> <del>D</del> <del>□</del> <del>▽</del>	0,01		
Se funde la obra (echar el concreto dentro de la formaleta).	<del>O</del> <del>→</del> <del>D</del> <del>□</del> <del>▽</del>	1,50		
Se debe esperar a que el concreto fragüe (secado del concreto).	<del>O</del> <del>→</del> <del>D</del> <del>□</del> <del>▽</del>	4,00		
Quitar formaleta.	<del>O</del> <del>→</del> <del>D</del> <del>□</del> <del>▽</del>	0,75		
Preparar las proporciones y hacer sabieta para los acabados internos y externos (mezclar arena de río, cemento y agua en proporción 1:3).	<del>O</del> <del>→</del> <del>D</del> <del>□</del> <del>▽</del>	0,05		
Supervisar las proporciones correctas de arena, agua y cemento en la preparación de sabieta.	<del>O</del> <del>→</del> <del>D</del> <del>□</del> <del>▽</del>	0,01		
Repellar interna como externamente.	<del>O</del> <del>→</del> <del>D</del> <del>□</del> <del>▽</del>	1,00		
Secado de acabados.	<del>O</del> <del>→</del> <del>D</del> <del>□</del> <del>▽</del>	1,00		
Colocación de valvulería y accesorios.	<del>O</del> <del>→</del> <del>D</del> <del>□</del> <del>▽</del>	2,00		
Supervisión de la instalación de la valvulería y accesorios.	<del>O</del> <del>→</del> <del>D</del> <del>□</del> <del>▽</del>	0,01		

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XIV. Diagrama mejorado del proceso del flujo para la construcción de caja de válvula de aire o limpieza**

Ubicación:	Actividad	Actual	Propuesto	Ahorros
Actividad: construcción de caja de válvula de aire o limpieza	Operación		9,00	
Fecha:	Transporte		1,00	
Operador: albañil	Demora		2,00	
Método: actual <u>propuesto</u>	Inspección		5,00	
Tipo: <u>obrero</u> material máquina	Almacenaje		1,00	
Comentarios:	Tiempo	10,32	8,37	1,95
	Distancia		1,00 km	
	Costo			
Descripción del proceso	Símbolos	Tiempo en días	Distancia en kilómetros	Método recomendado
El bodeguero despacha las herramientas y los materiales solicitados un día antes. Los materiales pueden ser: hierro, cemento, madera, alambre, clavos, accesorios, tubería, etcétera.	<del>O → D □ ▽</del>			
La comunidad traslada los materiales al área de trabajo.	<del>O → D □ ▽</del>	1,00	1,00	
Se limpia y se nivela el terreno.	<del>O → D □ ▽</del>	0,50		
Se hace el armado con el hierro y el alambre según medidas de los planos (cortar varillas, unirlos con alambre de amarre).	<del>O → D □ ▽</del>	0,25		
Supervisión del armado del hierro con base en planos.	<del>O → D □ ▽</del>	0,01		
Se hace la formaleta con tabla, regla y clavos (medir, cortar y clavar).	<del>G → D □ ▽</del>	0,50		
Supervisar medidas de formaleta con base en planos.	<del>O → D □ ▽</del>	0,01		
Se hace el concreto en base a proporciones con los materiales: cemento, arena, piedrín, agua y aditivo acelerante de fraguado.	<del>G → D □ ▽</del>	0,02		
Supervisar que la calidad del concreto pase la prueba de asentamiento (ver manual).	<del>O → D □ ▽</del>	0,01		
Se funde la obra (echar el concreto dentro de la formaleta).	<del>O → D □ ▽</del>	1,00		
Se debe esperar a que el concreto fragüe (secado del concreto).	<del>O → D □ ▽</del>	2,00		
Quitar formaleta.	<del>O → D □ ▽</del>	0,75		
Preparar las proporciones y hacer sabieta para los acabados internos y externos (mezclar arena de río, cemento y agua en proporción 1:3).	<del>O → D □ ▽</del>	0,05		
Supervisar las proporciones correctas de arena, agua y cemento en la preparación de sabieta.	<del>O → D □ ▽</del>	0,01		
Repellar interna como externamente.	<del>G → D □ ▽</del>	0,75		
Secado de acabados.	<del>O → D □ ▽</del>	1,00		
Colocación de valvulería y accesorios.	<del>O → B □ ▽</del>	0,50		
Supervisión de la instalación de la valvulería y accesorios.	<del>O → B □ ▽</del>	0,01		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. Diagrama mejorado del proceso del flujo para la construcción de tanque de distribución

Ubicación:	Actividad	Actual	Propuesto	Ahorros
Actividad: construcción de tanque de distribución	Operación		9,00	
Fecha:	Transporte		1,00	
Operador: albañil	Demora		2,00	
Método: actual <u>propuesto</u>	Inspección		5,00	
Tipo: <u>obrero</u> material máquina	Almacenaje		1,00	
Comentarios:	Tiempo	65,60	46,68	18,92
	Distancia		1,00 km	
	Costo			
Descripción del proceso	Símbolos	Tiempo en días	Distancia en kilómetros	Método recomendado
El bodeguero despacha las herramientas y los materiales solicitados un día antes. los materiales pueden ser: hierro, cemento, madera, alambre, clavos, accesorios, tubería, etcétera.	<del>O → D □ ▽</del>			
La comunidad traslada los materiales al área de trabajo.	<del>O → D □ ▽</del>	7,00	1,00	
Se limpia y se nivela el terreno.	<del>O → D □ ▽</del>	7,00		
Se hace el armado con el hierro y el alambre según medidas de los planos (cortar varillas, unirlos con alambre de amarre).	<del>O → D □ ▽</del>	5,00		
Supervisión del armado del hierro con base en planos.	<del>O → D □ ▽</del>	0,02		
Se hace la formaleta con tabla, regla y clavos (medir, cortar y clavar).	<del>O → D □ ▽</del>	1,00		
Supervisar medidas de formaleta con base en planos.	<del>O → D □ ▽</del>	0,02		
Se hace el concreto con base en proporciones con los materiales: cemento, arena, piedrín, agua y aditivo acelerante de fraguado..	<del>O → D □ ▽</del>	0,10		
Supervisar que la calidad del concreto pase la prueba de asentamiento (ver manual).	<del>O → D □ ▽</del>	0,01		
Se funde la obra (echar el concreto dentro de la formaleta).	<del>O → D □ ▽</del>	3,00		
Se debe esperar a que el concreto fragüe (secado del concreto).	<del>O → D □ ▽</del>	15,00		
Quitar formaleta.	<del>O → D □ ▽</del>	1,050		
Preparar las proporciones y hacer sabieta para los acabados internos y externos (mezclar arena de río, cemento y agua en proporción 1:3).	<del>O → D □ ▽</del>	1,00		
Supervisar las proporciones correctas de arena, agua y cemento en la preparación de sabieta.	<del>O → D □ ▽</del>	0,02		
Repellar interna como externamente.	<del>O → D □ ▽</del>	2,00		
Secado de acabados.	<del>O → D □ ▽</del>	3,00		
Colocación de valvulería y accesorios.	<del>O → D □ ▽</del>	1,00		
Supervisión de la instalación de la valvulería y accesorios.		0,01		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. Diagrama mejorado del proceso del flujo para la construcción de acometida domiciliar

Ubicación:	Actividad	Actual	Propuesto	Ahorros
Actividad: construcción de acometida domiciliar	Operación		9,00	
Fecha:	Transporte		1,00	
Operador: albañil	Demora		2,00	
Método: actual <u>propuesto</u>	Inspección		5,00	
Tipo: <u>obrero</u> material máquina	Almacenaje		1,00	
Comentarios:	Tiempo	3,00	2,72	0,28
	Distancia		0,01 km	
	Costo			
Descripción del proceso	Símbolos	Tiempo en días	Distancia en kilómetros	Método recomendado
El bodeguero despacha las herramientas y los materiales solicitados un día antes. Los materiales pueden ser: hierro, cemento, madera, alambre, clavos, accesorios, tubería, etcétera.	<del>O → D □ ▽</del>			
La comunidad traslada los materiales al área de trabajo.	<del>O → D □ ▽</del>	0,06	0,01	
Se limpia y se nivela el terreno.	<del>O → D □ ▽</del>	0,13		
Se hace el armado con el hierro y el alambre según medidas de los planos (cortar varillas, unirlos con alambre de amarre).	<del>O → D □ ▽</del>	0,00		
Supervisión del armado del hierro con base en planos.	<del>O → D □ ▽</del>	0,00		
Se hace la formaleta con tabla, regla y clavos (medir, cortar y clavar).	<del>O → D □ ▽</del>	0,25		
Supervisar medidas de formaleta con base en planos.	<del>O → D □ ▽</del>	0,01		
Se hace el concreto en base a proporciones con los materiales: cemento, arena, pedrín, agua y aditivo acelerante de fraguado.	<del>O → D □ ▽</del>	0,01		
Supervisar que la calidad del concreto pase la prueba de asentamiento (ver manual).	<del>O → D □ ▽</del>	0,01		
Se funde la obra (echar el concreto dentro de la formaleta).	<del>O → D □ ▽</del>	0,13		
Se debe esperar a que el concreto fragüe (secado del concreto).	<del>O → D □ ▽</del>	0,70		
Quitar formaleta.	<del>O → D □ ▽</del>	0,02		
Preparar las proporciones y hacer sabieta para los acabados internos y externos (mezclar arena de río, cemento y agua en proporción 1:3).	<del>O → D □ ▽</del>	0,02		
Supervisar las proporciones correctas de arena, agua y cemento en la preparación de sabieta.	<del>O → D □ ▽</del>	0,01		
Repellar interna como externamente.	<del>O → D □ ▽</del>	0,13		
Secado de acabados.	<del>O → D □ ▽</del>	1,00		
Colocación de valvulería y accesorios.	<del>O → D □ ▽</del>	0,25		
Supervisión de la instalación de la valvulería y accesorios.	<del>O → D □ ▽</del>	0,01		

Fuente: elaboración propia.



De la tabla XI a la tabla XVI, se puede ver que en comparación al método inicial, no se tenía contemplado ningún tipo de supervisión en el proceso.

Para el paso aéreo o zanjón en vez de valvulería se instala cable y tubería de hierro galvanizado.

En la tabla XV se puede ver que el tanque de distribución es el que más demora tiene por el fraguado. El tiempo tomado actualmente en la demora 1 de la tabla XV se reduce a 15 días respecto a la tabla VII, debido a la aplicación de aditivo acelerante lo cual reduce el tiempo de fraguado del concreto.

Al implementar el método propuesto de flujo del proceso para cada obra se mejorará la calidad de los acabados y se supervisará de manera más específica la obra que lo requiera.

#### **2.1.6.2. Propuesta de implementación de normas y estandarización de las medidas de las obras a construir**

Los planos serán revisados por parte de un ingeniero designado, para determinar la factibilidad técnica del diseño del sistema de agua.

Por parte de un ingeniero supervisor designado se brindará una capacitación sobre la estandarización de las medidas y la interpretación de los planos.

Capacitar a los trabajadores en cuanto a la importancia de la estandarización de medidas y así los materiales tengan el rendimiento requerido.

Implementar la supervisión para estandarizar las medidas según los diagramas de flujo del proceso tablas de la XI a la XVI.

Los contratos de albañiles deben especificar las responsabilidades de entregar obras con calidad aceptable.

Llevar un control con bitácora de campo para informar sobre las observaciones y correcciones realizadas durante la visita al proyecto.

Delegar responsabilidades si las obras mejoran o no en su calidad.

### **2.1.6.3. Propuesta de mejoras en el aspecto de calidad del agua**

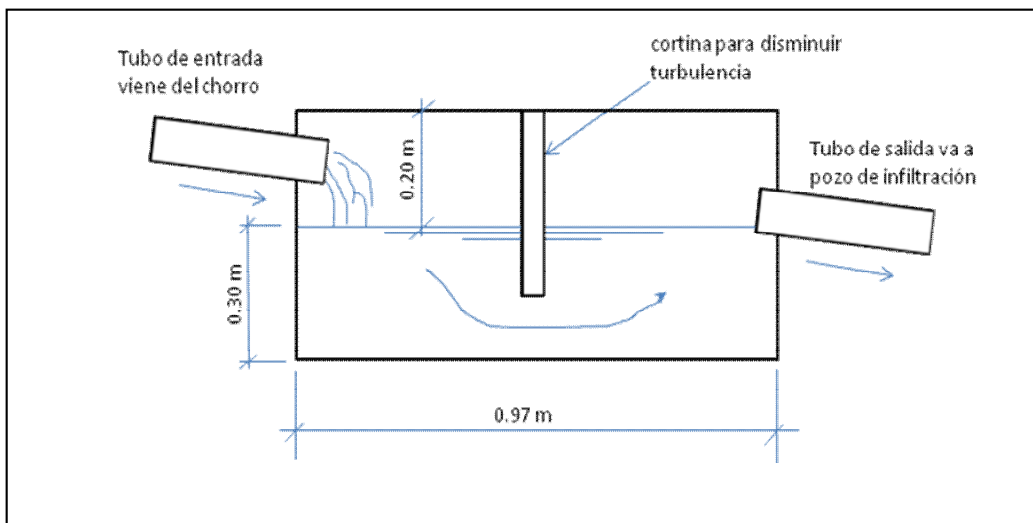
Debido a que no se tiene un manual para realizar toma de muestras de agua se procederá a capacitar al personal en este tema y en la interpretación de los resultados y así tomar las medidas necesarias para potabilizar el agua según los pasos del subcapítulo 2.1.7.3. Implementación de mejoras en el aspecto de calidad del agua.

Mejorar el diseño de trampas de grasa actuales ya que no reúnen los requerimientos mínimos para funcionar adecuadamente.

La siguiente figura es la de una trampa de grasa la cual se encarga de atrapar sedimentos, grasas, etcétera y mediante la sedimentación el agua sale del otro lado sin demasiado contaminante para que se pueda infiltrar a un pozo y este lo absorba en los mantos del terreno.

El volumen indica la capacidad de agua contenida dentro de la trampa de grasa, todas las medidas son internas no se incluye el grosor de pared de la caja. Al calcular el volumen se obtiene: 0,30 metros de alto x 0,97 metros de largo x 0,20 metros de ancho= 0,0582 metros cúbicos = 58,2 litros.

Figura 16. **Dibujo de trampa de grasa utilizado actualmente**



Fuente: elaboración propia.

De lo anterior se concluye que el diseño de las trampas de grasa no es el adecuado según las Normas de Diseño de INFOM – UNEPAR para disposición de aguas grises, el cual es de 200 litros por vivienda como mínimo, por lo que es necesario que se diseñen trampas de grasa con la capacidad requerida.

#### **2.1.6.4. Propuesta de mejoras en el aspecto de funcionalidad**

Las siguientes medidas se presentan con el visto bueno del Departamento de Agua y Saneamiento, con esto se persigue mejorar este aspecto que es el que más problemas ha causado en los proyectos.

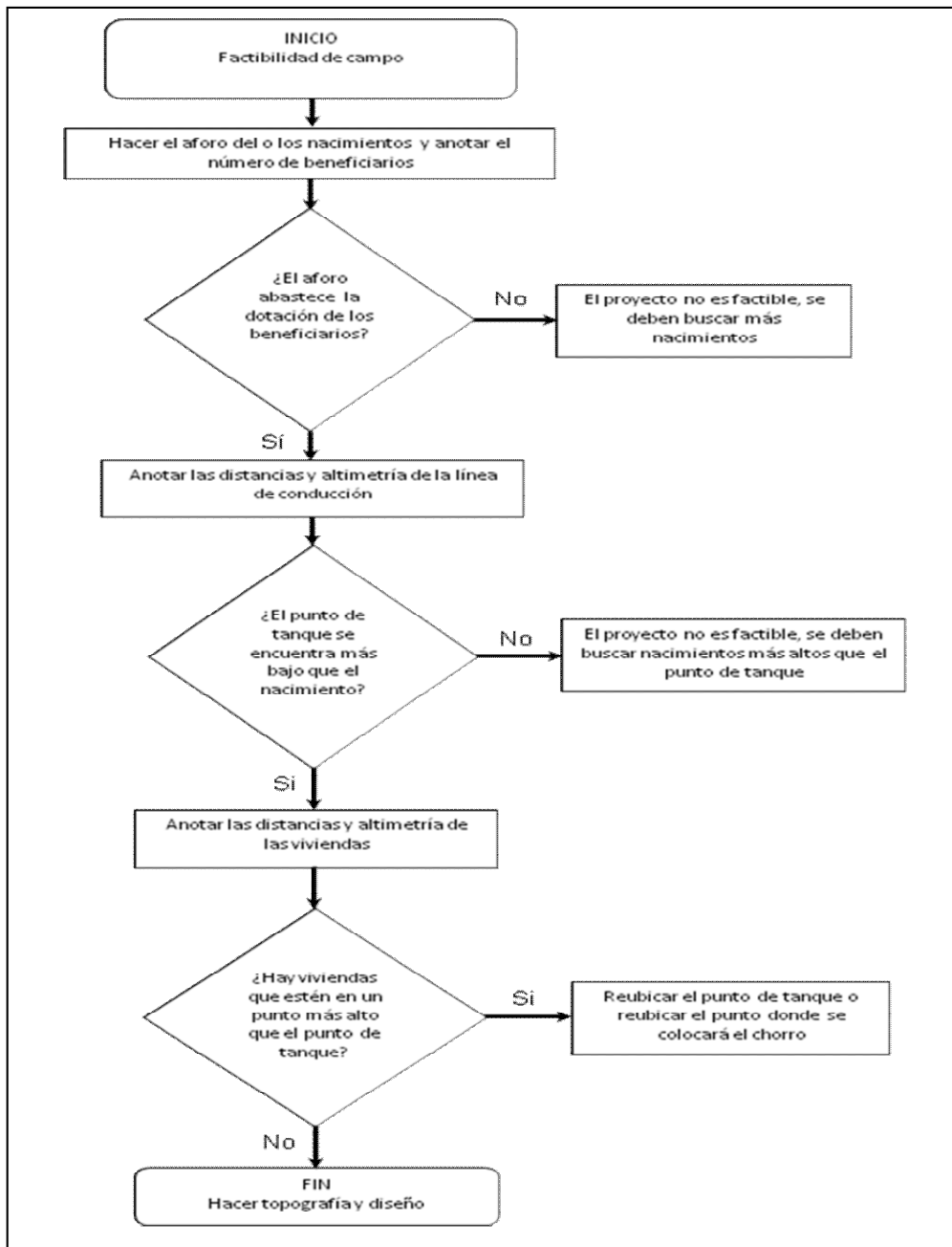
Hacer un sistema revisión para el control en el diseño de proyectos ya planificados. Contratar albañiles con experiencia en proyectos de agua.

Realizar los siguientes pasos:

Si el diseño lo hizo una entidad externa se hará una visita de campo para obtener datos de la altimetría preliminar y aforos. Si la altimetría preliminar y aforos coinciden con el diseño entonces se considera que el levantamiento topográfico es aceptable para el diseño hidráulico. Seguidamente en gabinete se revisará el diseño hidráulico para determinar la funcionalidad del mismo. Si el diseño hidráulico es factible se procederá a verificar que el presupuesto sea un presupuesto real con base en las cantidades y precios de los materiales.

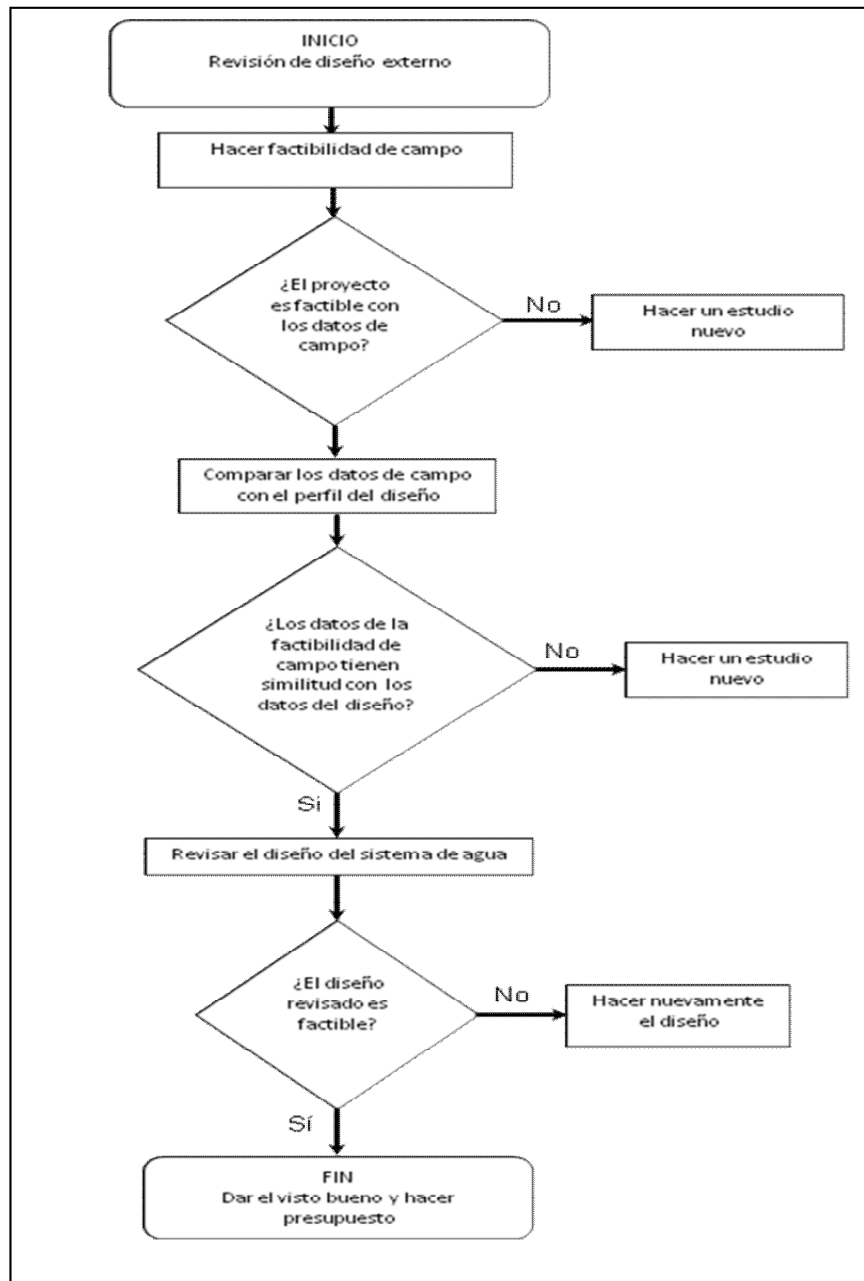
En la página siguiente se presenta el diagrama de bloques para realizar la factibilidad de campo y si esta es factible se realizará la supervisión del diseño que se elabore externa o internamente.

Figura 17. Diagrama de bloques para la factibilidad de campo



Fuente: elaboración propia.

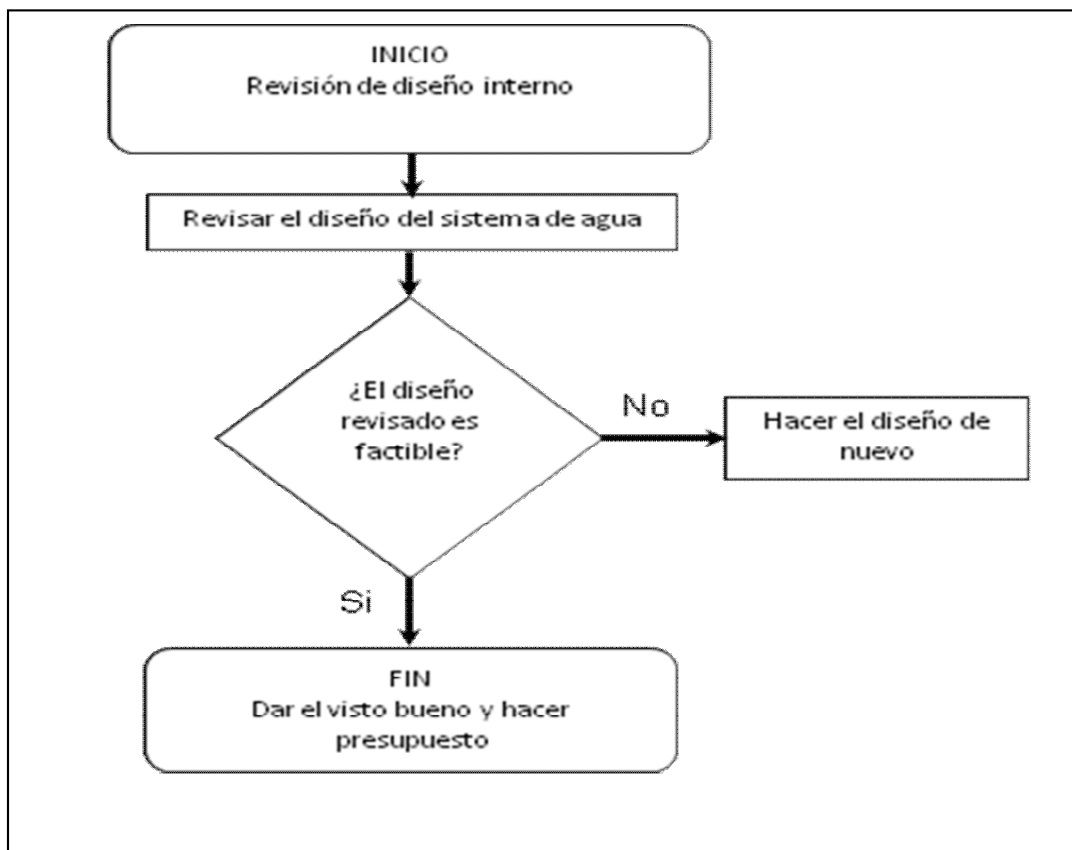
Figura 18. Diagrama de bloques para la revisión de un diseño elaborado externamente



Fuente: elaboración propia.

Si el sistema de agua está hecho por el Departamento de Agua y Saneamiento, el inmediato superior deberá revisar lo diseñado por la Unidad de Diseño y Presupuestos y el director del departamento dará el visto bueno.

Figura 19. **Diagrama de bloques para la revisión de un diseño elaborado internamente**



Fuente: elaboración propia.

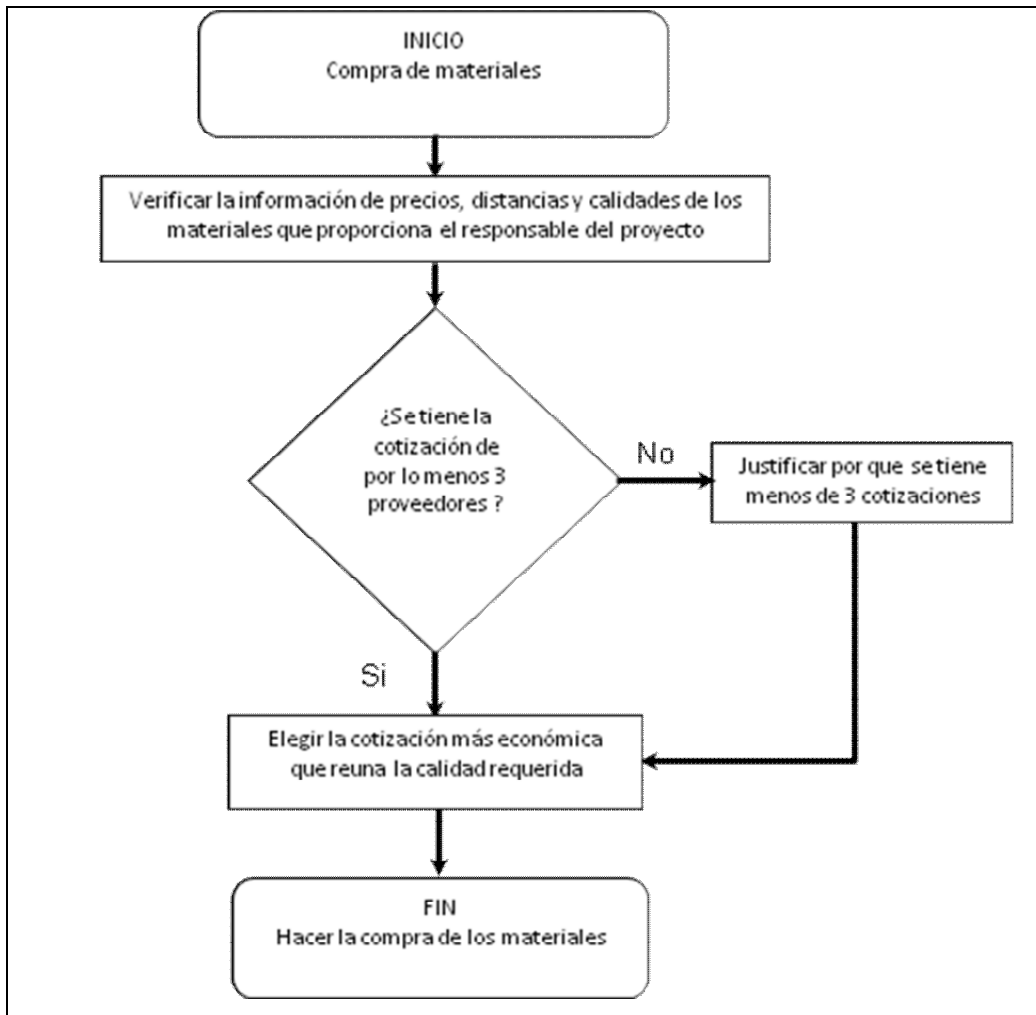
#### **2.1.6.5. Propuesta de mejoras en el aspecto de medidas y revisión de la calidad de los materiales**

El departamento de agua no tiene ningún tipo de control de campo de los materiales en su calidad y proporciones, por lo que se propone que se implementen los métodos de control que se presentan en los diagramas de bloques en las figuras 8, 9, 10, 11, 12.

La unidad de cotizaciones y compras deberá comprar materiales de calidad avalados por los supervisores, antes de comprarlos para lo cual se presentará un informe técnico por escrito, sustentando la calidad del material, el precio y ubicación del proveedor. En la página siguiente se presenta un diagrama de bloques de las actividades a realizar por parte de la Unidad de Cotizaciones y Compras.



Figura 20. **Diagrama de bloques para la compra de materiales por parte de la Unidad de Cotizaciones y Compras**



Fuente: elaboración propia.

Los supervisores darán indicaciones a los técnicos de los materiales que deben entregar el proveedor y la calidad correspondiente.

## **2.1.7. Implementación de mejoras del proceso de construcción de los sistemas**

Se presentan las medidas implementadas para mejorar los diferentes aspectos constructivos de los sistemas, estas mejoras están basadas en la revisión de calidad de materiales, informes, y supervisiones de construcción.

### **2.1.7.1. Implementación de mejoras de los métodos constructivos que eleven la calidad de los sistemas**

Para mejorar la calidad de las obras, se implementaron los pasos siguientes:

Previa a la construcción se hará una revisión de todos los materiales de construcción en la comunidad y con proveedores, por parte del Ing. supervisor haciendo énfasis a los materiales locales.

Elaboración de un informe dirigido al Departamento de Cotizaciones y Compras con dictamen de la calidad de estos materiales, su ubicación, costo y datos del proveedor (incluyendo fotografías del banco de materiales).

Supervisiones para estandarizar las proporciones correctas para los agregados del concreto y sabieta según el diagrama de recorrido de la tabla XI, a la tabla XVI y los diagramas de bloques de la figura 8, a la figura 12.

### **2.1.7.2. Implementación de normas y estandarización de las medidas de las obras a construir**

Se asignó a un ingeniero civil para revisar de nuevo los archivos con los planos y presupuestos existentes en el departamento y determinar si son adecuados para utilizarse. Con la finalidad de proporcionar un juego de planos típicos de cada obra.

### **2.1.7.3. Implementación de mejoras en el aspecto de calidad del agua**

Se implementó que antes de la construcción de cada proyecto se debe tomar una muestra para verificar la potabilidad del agua y dependiendo de los resultados se tomarán las medidas correspondientes en caso el agua no sea potable. Los pasos a realizar se obtuvieron del manual para toma de muestras de agua del laboratorio LABIND, S.A.

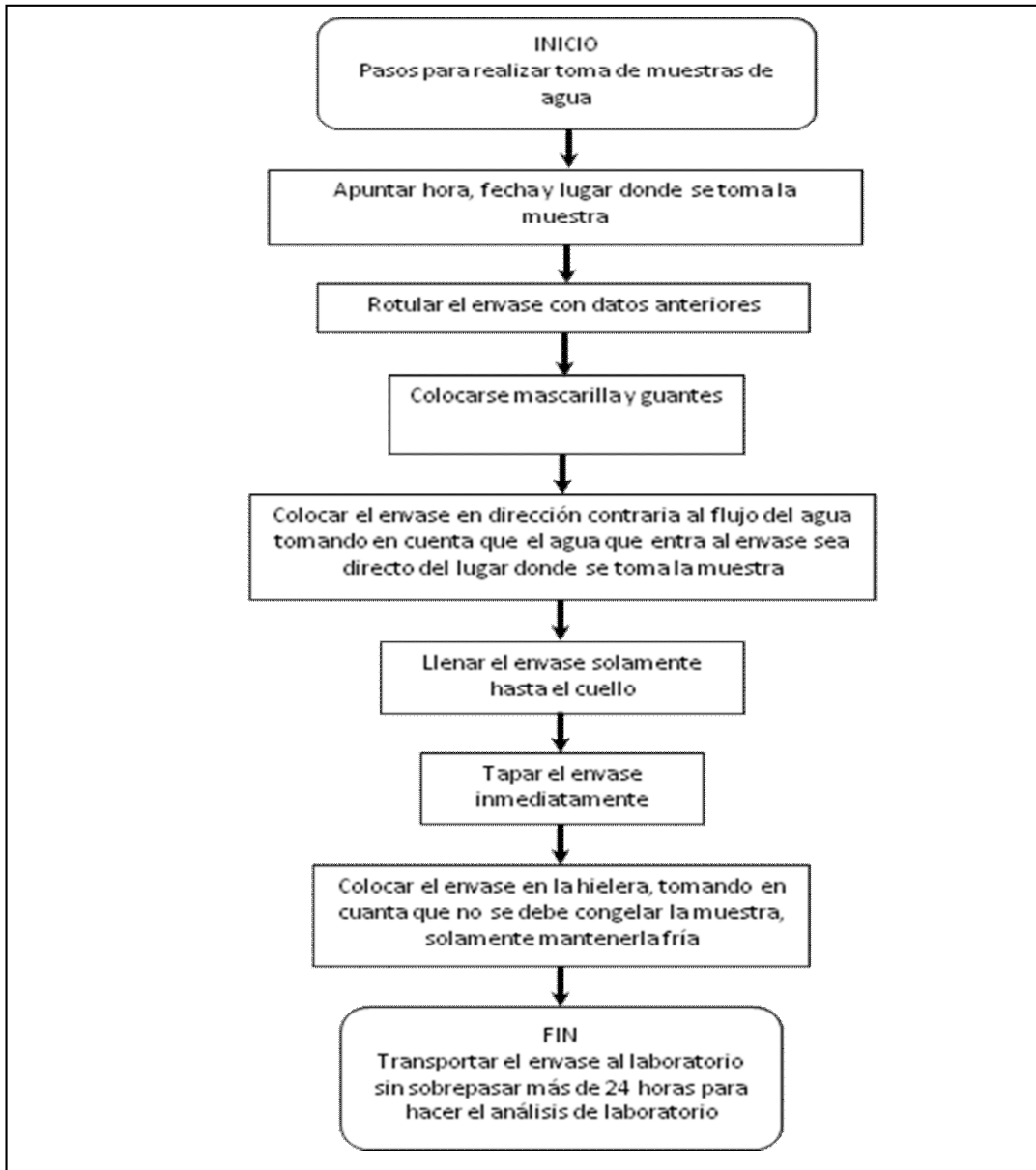
Pasos para realizar la toma de muestras de agua:

- Equipo:
  - Libreta de campo
  - Rotulador de envase
  - 1 par de guantes esterilizados desechables
  - 1 mascarilla desechable
  
- Para toma de muestra para análisis microbiológico:
  - 1 envase esterilizado de 100 mililitros o bolsa plástica esterilizada
- Para toma de muestra para análisis físicoquímico:
  - 1 envase esterilizado de 1 litro

Si se van a hacer los 2 tipos de análisis se toma una sola muestra en un envase de 1,50 litros.

- Procedimiento:
  - Anotar hora, fecha y lugar donde se toma la muestra
  - Rotular el envase con los datos anteriores
  - Colocarse mascarilla y guantes
  - El envase debe colocarse en dirección contraria al flujo del agua tomando en cuenta que el agua debe entrar al envase en forma directa del lugar donde se desea tomar la muestra.
  - El envase debe llenarse solamente hasta el cuello
  - Se debe tapar inmediatamente
  - Colocar el envase en la hielera, tomando en cuenta que no se debe congelar la muestra, solamente mantenerla fría.
  - No debe pasar más de 24 horas al momento de hacer el análisis a la muestra.

Figura 21. Diagrama de bloques para tomar muestras de agua para su análisis



Fuente: Manual de laboratorio, para toma de muestras de agua LABIND S.A. p. 1.

Figura 22. **Técnico tomando una muestra de agua en una caja de captación**



Fuente: captación del nacimiento Loma Real, Tajumulco, San Marcos.

La toma de muestra se realizó en una caja de captación para lo cual el técnico se colocó mascarilla y guantes esterilizados.

La muestra se realizó con un envase de 1,50 litros.

De las muestras tomadas se realizaron 2 tipos de análisis, el microbiológico que consiste en determinar la existencia de Coliformes ya sean de microorganismos o partículas en suspensión y el físicoquímico que determina la potabilidad con base a que la muestra esté dentro de los rangos permisibles en los componentes químicos disueltos en ella, según las Normas COGUANOR NGO 29 001:99. El análisis se realizó para la comunidad de Loma Real Tajumulco, San Marcos.

Figura 23. **Tipo de envase utilizado para tomar la muestra**



Fuente: captación del nacimiento Loma Real, Tajumulco, San Marcos.

En la figura 24, se observa que en coliformes totales tiene 9,2 partes por cada 100 mililitros, sin embargo, según el reporte estas no son contaminantes solamente son partículas en suspensión. En cuanto a coliformes fecales y E. Coli no aparece, por lo que se dictamina que la muestra es potable en este aspecto.

En la figura 25, el resultado indica que la muestra se encuentra dentro de los parámetros analizados y que está dentro del límite máximo aceptable y el límite máximo permisible. Por lo que el técnico de laboratorio concluye que la muestra es potable.

Otro aspecto que se implementó es que se debe retomar el diseño de la trampa de grasa y modificar los planos y presupuestos para esta.

Figura 24. **Resultado de análisis microbiológico**

Att: Ing. Erick Sum	Hora de Ingreso: 11:46
Orden de Servicio: 1,419	Fecha de análisis: 5 de octubre de 2009
Empresa: Agua del Pueblo	Fecha de Reporte: 12 de octubre de 2009
Dirección del Cliente: 18 Calle 7-41 Zona 5 Quetzaltenango	Tipo de Muestra: Agua
Dirección de captación: Loma Real, Tajumulco, San Marcos	Tipo de envase: Polietileno
Fecha de Captación: 4 de octubre de 2009	No. de Muestras: 1
Hora de Captación: 15:35	Captada por: Cliente
Fecha de Ingreso: 5 de octubre de 2009	

No. de Laboratorio: 2185  
Identificación: Nacimiento Loma Real

Parámetro	Dimensionales	Resultado	C-NGO 29 001:99 1ra rev. <sup>1</sup>	Método de Referencia
Coliformes Totales	NMP/100 ml	9.2	<3 / <2 / <1.1 NMP/100 ml	SMEWW <sup>2</sup> -9221B
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	<3	<3 / <2 / <1.1 NMP/100 ml	SMEWW <sup>2</sup> -9221E
<i>E. coli</i>	NMP/100 ml	<3	<3 / <2 / <1.1 NMP/100 ml	SMEWW <sup>2</sup> -9221F
Cloro residual	mg/L	NE*	0.3 - 1.0	OTO <sup>3</sup>
Método de muestreo***				SMEWW <sup>2</sup> -9060

NMP/100 ml= Número Más Probable por cada 100 ml para el método de Tubos Múltiples de Fermentación.

<sup>1</sup>COGUANOR NGO 29 001 99 1era Revisión, abril 1999 para agua potable

<sup>2</sup>Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater, 20th ed. 1998, American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environment Federation (WEF)

<sup>3</sup>OTO: *o* - Tolidina (método colorimétrico visual)

\* NE: No efectuado

\*\*\*Aplica única y exclusivamente a las muestras captadas por personal de LABIND y/o personal capacitado por LABIND.

Resultados válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el laboratorio. Los resultados de este informe no pueden ser reproducidos parcial o totalmente sin previa autorización del laboratorio.

Tiempo de almacenamiento de registros: 3 años

LG  
Analista







LABIND  
LABORATORIO BIOLÓGICO INDUSTRIAL  
15 CALLE "A" 14-40 ZONA 10  
TELS.: 2333-7347, 2333-7346

*Alejandra Estrada*  
Inga. Alejandra Estrada  
Gerente Técnico Laboratorio de Microbiología



Figura 25. Resultado de análisis físicoquímico

 <b>LABORATORIO BIOLÓGICO INDUSTRIAL</b>	<b>Resultado de Análisis Físicoquímico</b>	Pg. 2-2  Área: Química																																																																																																																																										
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none;">                     Att: Ing. Erick Sum                      No. de orden de servicio: 1,419                      Empresa: Agua del Pueblo                      Dirección del Cliente: 18 Calle 7-41 Zona 5, Quetzaltenango                      Lugar de Captación: Loma Real, Tajumulco, San Marcos                      Fecha de Captación: 4 de octubre de 2009                      Hora de Captación: 15:35 Horas                      Fecha de Ingreso: 5 de octubre de 2009                 </td> <td style="width: 50%; border: none;">                     Hora de Ingreso: 11:46 Horas                      Fecha de análisis: 4 de octubre de 2009                      Fecha de Reporte: 12 de octubre de 2009                      Tipo de Muestra: Agua                      Tipo de Envase: Polietileno                      No. de Muestras: 1                      Muestra captada por: Cliente                 </td> </tr> </table>			Att: Ing. Erick Sum No. de orden de servicio: 1,419 Empresa: Agua del Pueblo Dirección del Cliente: 18 Calle 7-41 Zona 5, Quetzaltenango Lugar de Captación: Loma Real, Tajumulco, San Marcos Fecha de Captación: 4 de octubre de 2009 Hora de Captación: 15:35 Horas Fecha de Ingreso: 5 de octubre de 2009	Hora de Ingreso: 11:46 Horas Fecha de análisis: 4 de octubre de 2009 Fecha de Reporte: 12 de octubre de 2009 Tipo de Muestra: Agua Tipo de Envase: Polietileno No. de Muestras: 1 Muestra captada por: Cliente																																																																																																																																								
Att: Ing. Erick Sum No. de orden de servicio: 1,419 Empresa: Agua del Pueblo Dirección del Cliente: 18 Calle 7-41 Zona 5, Quetzaltenango Lugar de Captación: Loma Real, Tajumulco, San Marcos Fecha de Captación: 4 de octubre de 2009 Hora de Captación: 15:35 Horas Fecha de Ingreso: 5 de octubre de 2009	Hora de Ingreso: 11:46 Horas Fecha de análisis: 4 de octubre de 2009 Fecha de Reporte: 12 de octubre de 2009 Tipo de Muestra: Agua Tipo de Envase: Polietileno No. de Muestras: 1 Muestra captada por: Cliente																																																																																																																																											
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="border: none;">No. de Laboratorio</td> <td style="border: none;">Identificación</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">2,185</td> <td style="border: none;">Nacimiento Loma Real</td> </tr> </table>			No. de Laboratorio	Identificación	2,185	Nacimiento Loma Real																																																																																																																																						
No. de Laboratorio	Identificación																																																																																																																																											
2,185	Nacimiento Loma Real																																																																																																																																											
<table style="width: 100%; border: none;"> <thead> <tr> <th style="border: none;">Parámetro</th> <th style="border: none;">Dimensionales</th> <th style="border: none;">Resultado</th> <th style="border: none;">LMA</th> <th style="border: none;">LMP</th> <th style="border: none;">Método de Referencia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="border: none;">pH</td> <td style="border: none;">unidades de pH</td> <td style="border: none;">6.98</td> <td style="border: none;">7.0-7.5</td> <td style="border: none;">6.5-8.5</td> <td style="border: none;">SMEWW<sup>1</sup>-4500H+B</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">Conductividad eléctrica</td> <td style="border: none;">µSiemens/cm</td> <td style="border: none;">93</td> <td style="border: none;">-</td> <td style="border: none;">&lt;1500</td> <td style="border: none;">SMEWW<sup>1</sup>-2510 B</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">Salinidad</td> <td style="border: none;">0/00</td> <td style="border: none;">ND</td> <td style="border: none;">-</td> <td style="border: none;">-</td> <td style="border: none;">SMEWW<sup>1</sup>-2520 B</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">Temperatura</td> <td style="border: none;">°C</td> <td style="border: none;">No Determinado</td> <td style="border: none;">15-25</td> <td style="border: none;">34</td> <td style="border: none;">SMEWW<sup>1</sup>-2550 B</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">Apariencia</td> <td style="border: none;">-</td> <td style="border: none;">Limpia</td> <td style="border: none;">-</td> <td style="border: none;">-</td> <td style="border: none;">SMEWW<sup>1</sup>-2110</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">Color</td> <td style="border: none;">unidades de color</td> <td style="border: none;">ND</td> <td style="border: none;">5</td> <td style="border: none;">35</td> <td style="border: none;">SQM<sup>2</sup>-Color</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">Turbidez</td> <td style="border: none;">UNT</td> <td style="border: none;">ND</td> <td style="border: none;">5</td> <td style="border: none;">15</td> <td style="border: none;">SQM<sup>2</sup>-Turbidez</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">Cloro residual</td> <td style="border: none;">mg/L</td> <td style="border: none;">ND</td> <td style="border: none;">0.5</td> <td style="border: none;">1</td> <td style="border: none;">MQM<sup>2</sup>-14978</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">Hierro total</td> <td style="border: none;">mg/L</td> <td style="border: none;">0.003</td> <td style="border: none;">0.1</td> <td style="border: none;">1</td> <td style="border: none;">SQM<sup>2</sup>-14761</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">Manganeso</td> <td style="border: none;">mg/L</td> <td style="border: none;">ND</td> <td style="border: none;">0.05</td> <td style="border: none;">0.5</td> <td style="border: none;">SQM<sup>2</sup>-14770</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">Nitritos</td> <td style="border: none;">mg/L</td> <td style="border: none;">ND</td> <td style="border: none;">-</td> <td style="border: none;">1</td> <td style="border: none;">SQM<sup>2</sup>-14776</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">Sulfatos</td> <td style="border: none;">mg/L</td> <td style="border: none;">10</td> <td style="border: none;">100</td> <td style="border: none;">250</td> <td style="border: none;">SQM<sup>2</sup>-14791</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">Nitratos</td> <td style="border: none;">mg/L</td> <td style="border: none;">2.4</td> <td style="border: none;">-</td> <td style="border: none;">10</td> <td style="border: none;">SQM<sup>2</sup>-14773</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">Silice</td> <td style="border: none;">mg/L</td> <td style="border: none;">NS</td> <td style="border: none;">-</td> <td style="border: none;">-</td> <td style="border: none;">SQM<sup>2</sup>-14794</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">Fluoruros</td> <td style="border: none;">mg/L</td> <td style="border: none;">ND</td> <td style="border: none;">-</td> <td style="border: none;">1.7</td> <td style="border: none;">SQM<sup>2</sup>-14598</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">Dureza total</td> <td style="border: none;">mg CaCO<sub>3</sub>/L</td> <td style="border: none;">41.45</td> <td style="border: none;">100</td> <td style="border: none;">500</td> <td style="border: none;">SMEWW<sup>1</sup>-2340C</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">Calcio</td> <td style="border: none;">mg/L</td> <td style="border: none;">11.06</td> <td style="border: none;">75</td> <td style="border: none;">150</td> <td style="border: none;">SMEWW<sup>1</sup>-3500Ca B</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">Magnesio</td> <td style="border: none;">mg/L</td> <td style="border: none;">7.42</td> <td style="border: none;">50</td> <td style="border: none;">100</td> <td style="border: none;">SMEWW<sup>1</sup>-3500-Mg B</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">Cloruros</td> <td style="border: none;">mg/L</td> <td style="border: none;">15.45</td> <td style="border: none;">100</td> <td style="border: none;">250</td> <td style="border: none;">SMEWW<sup>1</sup>-4500-CI B</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">Alcalinidad pH 8.3</td> <td style="border: none;">mg CaCO<sub>3</sub>/L</td> <td style="border: none;">ND</td> <td style="border: none;">-</td> <td style="border: none;">-</td> <td style="border: none;">SMEWW<sup>1</sup>-2320 B</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">Alcalinidad pH 4.0</td> <td style="border: none;">mg CaCO<sub>3</sub>/L</td> <td style="border: none;">60.62</td> <td style="border: none;">-</td> <td style="border: none;">-</td> <td style="border: none;">SMEWW<sup>1</sup>-2320 B</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">Sólidos Disueltos Totales (TDS)</td> <td style="border: none;">mg/L</td> <td style="border: none;">ND</td> <td style="border: none;">500</td> <td style="border: none;">1000</td> <td style="border: none;">SMEWW<sup>1</sup>-1030 E</td> </tr> </tbody> </table>			Parámetro	Dimensionales	Resultado	LMA	LMP	Método de Referencia	pH	unidades de pH	6.98	7.0-7.5	6.5-8.5	SMEWW <sup>1</sup> -4500H+B	Conductividad eléctrica	µSiemens/cm	93	-	<1500	SMEWW <sup>1</sup> -2510 B	Salinidad	0/00	ND	-	-	SMEWW <sup>1</sup> -2520 B	Temperatura	°C	No Determinado	15-25	34	SMEWW <sup>1</sup> -2550 B	Apariencia	-	Limpia	-	-	SMEWW <sup>1</sup> -2110	Color	unidades de color	ND	5	35	SQM <sup>2</sup> -Color	Turbidez	UNT	ND	5	15	SQM <sup>2</sup> -Turbidez	Cloro residual	mg/L	ND	0.5	1	MQM <sup>2</sup> -14978	Hierro total	mg/L	0.003	0.1	1	SQM <sup>2</sup> -14761	Manganeso	mg/L	ND	0.05	0.5	SQM <sup>2</sup> -14770	Nitritos	mg/L	ND	-	1	SQM <sup>2</sup> -14776	Sulfatos	mg/L	10	100	250	SQM <sup>2</sup> -14791	Nitratos	mg/L	2.4	-	10	SQM <sup>2</sup> -14773	Silice	mg/L	NS	-	-	SQM <sup>2</sup> -14794	Fluoruros	mg/L	ND	-	1.7	SQM <sup>2</sup> -14598	Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	41.45	100	500	SMEWW <sup>1</sup> -2340C	Calcio	mg/L	11.06	75	150	SMEWW <sup>1</sup> -3500Ca B	Magnesio	mg/L	7.42	50	100	SMEWW <sup>1</sup> -3500-Mg B	Cloruros	mg/L	15.45	100	250	SMEWW <sup>1</sup> -4500-CI B	Alcalinidad pH 8.3	mg CaCO <sub>3</sub> /L	ND	-	-	SMEWW <sup>1</sup> -2320 B	Alcalinidad pH 4.0	mg CaCO <sub>3</sub> /L	60.62	-	-	SMEWW <sup>1</sup> -2320 B	Sólidos Disueltos Totales (TDS)	mg/L	ND	500	1000	SMEWW <sup>1</sup> -1030 E
Parámetro	Dimensionales	Resultado	LMA	LMP	Método de Referencia																																																																																																																																							
pH	unidades de pH	6.98	7.0-7.5	6.5-8.5	SMEWW <sup>1</sup> -4500H+B																																																																																																																																							
Conductividad eléctrica	µSiemens/cm	93	-	<1500	SMEWW <sup>1</sup> -2510 B																																																																																																																																							
Salinidad	0/00	ND	-	-	SMEWW <sup>1</sup> -2520 B																																																																																																																																							
Temperatura	°C	No Determinado	15-25	34	SMEWW <sup>1</sup> -2550 B																																																																																																																																							
Apariencia	-	Limpia	-	-	SMEWW <sup>1</sup> -2110																																																																																																																																							
Color	unidades de color	ND	5	35	SQM <sup>2</sup> -Color																																																																																																																																							
Turbidez	UNT	ND	5	15	SQM <sup>2</sup> -Turbidez																																																																																																																																							
Cloro residual	mg/L	ND	0.5	1	MQM <sup>2</sup> -14978																																																																																																																																							
Hierro total	mg/L	0.003	0.1	1	SQM <sup>2</sup> -14761																																																																																																																																							
Manganeso	mg/L	ND	0.05	0.5	SQM <sup>2</sup> -14770																																																																																																																																							
Nitritos	mg/L	ND	-	1	SQM <sup>2</sup> -14776																																																																																																																																							
Sulfatos	mg/L	10	100	250	SQM <sup>2</sup> -14791																																																																																																																																							
Nitratos	mg/L	2.4	-	10	SQM <sup>2</sup> -14773																																																																																																																																							
Silice	mg/L	NS	-	-	SQM <sup>2</sup> -14794																																																																																																																																							
Fluoruros	mg/L	ND	-	1.7	SQM <sup>2</sup> -14598																																																																																																																																							
Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	41.45	100	500	SMEWW <sup>1</sup> -2340C																																																																																																																																							
Calcio	mg/L	11.06	75	150	SMEWW <sup>1</sup> -3500Ca B																																																																																																																																							
Magnesio	mg/L	7.42	50	100	SMEWW <sup>1</sup> -3500-Mg B																																																																																																																																							
Cloruros	mg/L	15.45	100	250	SMEWW <sup>1</sup> -4500-CI B																																																																																																																																							
Alcalinidad pH 8.3	mg CaCO <sub>3</sub> /L	ND	-	-	SMEWW <sup>1</sup> -2320 B																																																																																																																																							
Alcalinidad pH 4.0	mg CaCO <sub>3</sub> /L	60.62	-	-	SMEWW <sup>1</sup> -2320 B																																																																																																																																							
Sólidos Disueltos Totales (TDS)	mg/L	ND	500	1000	SMEWW <sup>1</sup> -1030 E																																																																																																																																							
<p>*ND=No Detectable      NS=No Solicitado      <sup>1</sup>Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater, 20th ed. 1998, American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environment Federation (WEF).    <sup>2</sup> Microquant Merck    <sup>3</sup>Spectroquant Merck</p> <p>LMA=Límite Máximo Admisible    LMP=Límite Máximo Permisible</p> <p>Según Norma guatemalteca Obligatoria COGUANOR NGO 29.001.99 1era. Revisión, abril 1999 para agua potable                  mg/L= miligramos por litro = ppm = partes por millón    UNT=Unidades nefelométricas de turbiedad    0/00 partes por mil</p> <p>Resultados son válidos para el estado de la muestra recibida en el laboratorio. Los resultados de este informe no pueden ser reproducidos parcial o totalmente sin previa autorización del laboratorio. El tiempo almacenamiento de registro: 3 años. Tiempo de almacenamiento de muestra: 20 días desde fecha de ingreso.</p>																																																																																																																																												
 LABORATORIO BIOLÓGICO INDUSTRIAL 15 CALLE "A" 14-40 ZONA 10 TELS.: 2333-7347, 2333-7346																																																																																																																																												
 Analista de Laboratorio Químico	 Gerente Técnico de Laboratorio Químico	Código: 01-19-11																																																																																																																																										
15 Calle "A" 14-40 Zona 10 Guatemala, C. A. Tels.: (502) 2333 7346 - 2333 7347 - 2363 0670 - 2363 4373 www.labind.com • info@labind.com																																																																																																																																												

Fuente: archivo laboratorios LABIND.

#### **2.1.7.4. Implementación de mejoras en el aspecto de funcionalidad**

Se designó al director del Departamento de Agua como el responsable revisor de la funcionalidad de cada proyecto ya sea que se elabore en este departamento o no.

También el director por ser el de más experiencia es el responsable de la aprobación del presupuesto de cada proyecto.

En caso de encontrar deficiencias se delegarán responsabilidades.

#### **2.1.7.5. Implementación de mejoras en el aspecto de medidas de revisión de la calidad de los materiales**

Se implementaron los métodos de supervisión de campo para la calidad de los agregados como lo indica la sección Métodos de control de calidad de los agregados del concreto en el campo, de lo cual se pudo verificar que especialmente la arena de río es el agregado más contaminado y es el que viene a provocar fisuras en los acabados, por lo que se debe revisar siempre el banco de materiales donde se va a comprar. Además se verificó que los materiales de la muestra fueran los mismos que se despacharon en la obra.

Se aplicó el aditivo acelerante para mejorar la resistencia y acelerar el fraguado del concreto según la ficha técnica de sika de resistencia del concreto y sabieta del anexo 1.

Se implementaron los procedimientos para la elaboración del concreto y se verificó la calidad de este, según el diagrama de bloques figura 12, el concreto debe bajar de 2 a 4 pulgadas para estar óptimo en su resistencia en este caso queda en 2 pulgadas por lo que se aprobó el tipo de proporción de agregados por parte del ingeniero supervisor.

Figura 26. **Elaboración de la prueba de asentamiento del concreto**



Fuente: aldea Loma Real, Tajumulco, San Marcos.

La fotografía muestra el procedimiento para llenar el cono truncado con el concreto a emplear en la obra, a cada 1/3 de altura del cono se procede a picar 25 veces el concreto con la varilla de metal.

Figura 27. **Medición del asentamiento de concreto**



Fuente: aldea Loma Real, Tajumulco, San Marcos.

De la fotografía anterior se observó que al retirar el cono truncado, el concreto asentó 2 pulgadas por lo que se considera óptimo para utilizarse en la obra.

## **2.1.8. Diagnóstico del personal técnico**

Para hacer un diagnóstico del personal, se verificaron con base en los aspectos establecidos en los tres descriptores del puesto presentados en las figuras 13, 14 y 15, del capítulo 2.

### **2.1.8.1. Diagnóstico del descriptor del puesto**

La mayoría del personal tiene más de 2 años de experiencia en construcción de proyectos de agua.

Ningún técnico puede diseñar proyectos de miniriego, solamente 1 supervisor puede diseñar miniriego.

En conocimientos básicos de AutoCAD 1 de 5 técnicos no tiene los conocimientos básicos.

Todos los técnicos y supervisores saben topografía, aforos, altimetría y diseño de proyectos de agua.

Ningún técnico o ingeniero supervisor sabe tomar muestras de agua para análisis.

Ninguno de los técnicos tiene conocimientos de elaboración de concreto con base en proporciones y verificación de la calidad de los agregados

### **2.1.8.2. Actividades que realiza el personal del Departamento de Agua y Saneamiento**

Visitas preliminares a comunidades que solicitan apoyo en los aspectos, agua, saneamiento o riego. Con la finalidad de determinar capacidad de los afloros de nacimientos y verificar la capacidad de funcionalidad en el sistema de gravedad.

Elaboración de topografías de los sistemas que son viables en cuanto a capacidad del manantial.

Construcción de los sistemas de agua.

Supervisión de los sistemas de agua.

Revisión de planos y presupuestos de proyectos elaborados externamente.

### **2.1.8.3. Capacitación al personal para llenar el perfil**

Los aspectos que deben apoyarse en el departamento se determinaron con base al inciso 2.1.8., Los temas requeridos son:

Toma de muestras de agua para análisis

Conceptos básicos de AutoCAD

Elaboración de informes finales para factibilidad técnica

Diseño de proyectos de riego

Calidad de los agregados y del concreto

De los puntos anteriores se hizo la capacitación sobre la calidad de los agregados y del concreto para los técnicos y maestros de obra.

En cuanto a los principios básicos de AutoCAD se está cotizando un curso en INTECAP que se adecue al horario del grupo.

Se realizó la capacitación sobre toma de muestras de agua para análisis.

### **2.1.9. Equipo a mejorar**

Es necesario mejorar el equipo de cómputo para que se puedan desarrollar las actividades del personal.

Se debe adquirir al menos 1 teodolito más para compensar la demanda.

## **2.2. Diseño del sistema de calidad**

El sistema de calidad incluye mejoras en el personal a través de capacitaciones sobre los nuevos métodos y procedimientos propuestos y así mejorar la calidad de los sistemas de agua, en su funcionalidad, calidad de agua, calidad de los materiales, etcétera.

### **2.2.1. Personal**

Para que funcione adecuadamente un sistema de calidad es necesario capacitar al personal respecto a los nuevos procedimientos mejorados y darle seguimiento para verificar la funcionalidad.

### **2.2.1.1. Capacitación del personal en los nuevos procesos propuestos**

Se capacitó al personal del departamento en la secuencia de realizar cada actividad mejorada para cada obra proporcionándoles una copia de los diagramas con lo cual se les explicaron las actividades a realizar.

### **2.2.2. Procedimientos**

Los procedimientos para realizar las actividades para la construcción de un sistema de agua se basan en las actividades mejoradas para cada obra, a continuación se presenta el diagrama PERT de la secuencia de las actividades a realizar.

#### **2.2.2.1. Diagrama de actividades (PERT) de la metodología a implementar**

Se detectó que donde el proyecto tiene más retraso es durante el fraguado de la obra y el tiempo máximo es de 28 días de fraguado, por lo que se ha establecido que es necesario la utilización de un acelerante de fraguado al concreto o a la sabieta con lo cual el tiempo se reduce de 28 días a solamente 15 días, sin embargo, al implementar la supervisión de materiales, armado de estructura, concreto, etcétera.

La diferencia de los tiempos de la actividad anterior con el actual es de 25,35 días menos en el proceso de construcción. Por lo que se mejora en tiempo y en la calidad de las obras que con el método actual.



El tiempo de la ruta crítica del método actual es de 130,91 días y el de la ruta alterna es de 122 días, por lo que quedan 8,91 días de diferencia entre las 2 rutas en el método propuesto y en el método actual quedan 34,26 días.

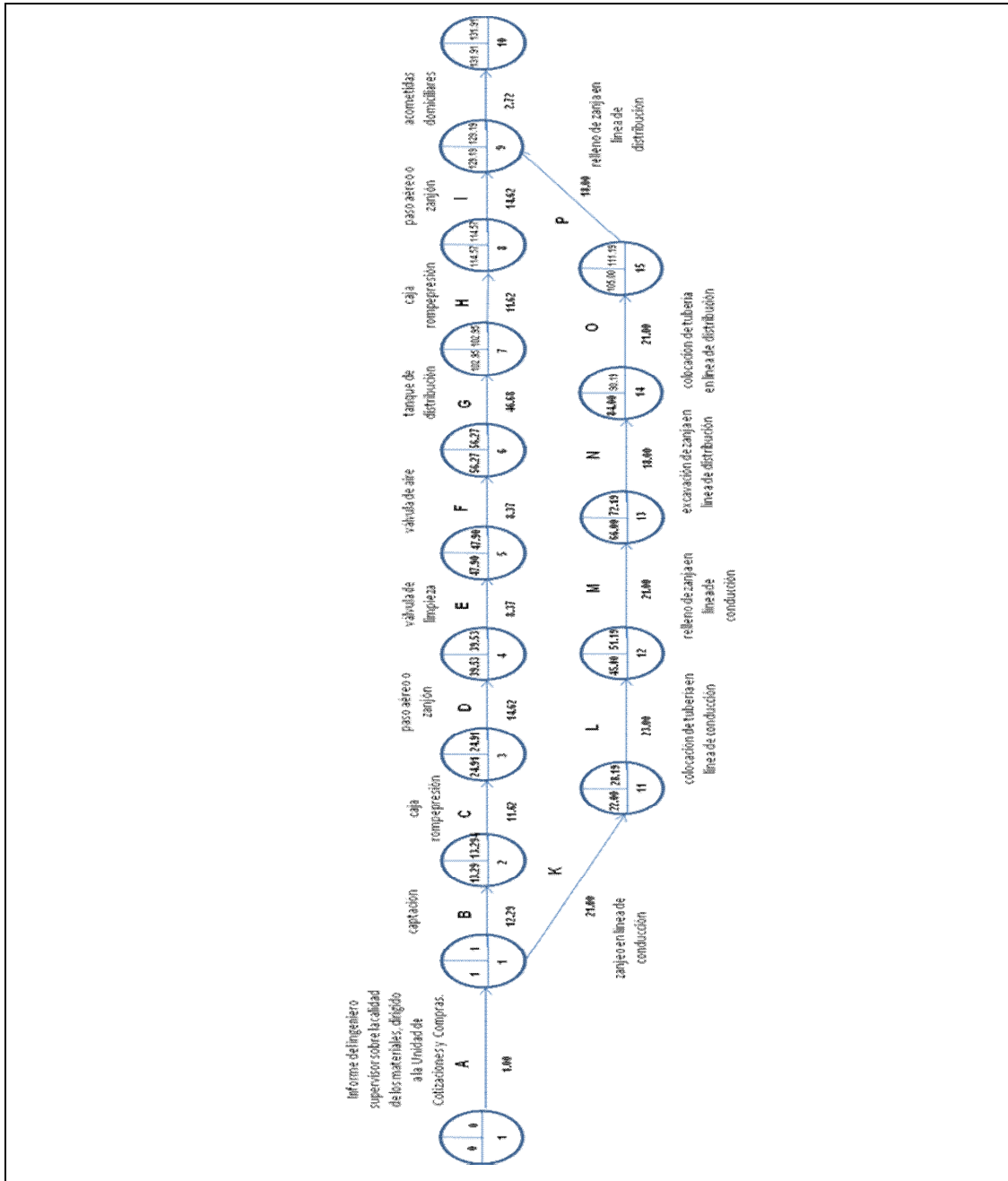
A continuación se presenta el diagrama PERT a implementar en la metodología de trabajo.

Tabla XVII. **Secuencia de actividades simultáneas mejoradas para la construcción de un sistema**

Actividad	Descripción	Duración (días)	Precedente
A	Informe del ingeniero supervisor sobre la calidad de los materiales, dirigido a la unidad de cotizaciones y compras.	1,00	-----
B	Captación	12,29	A
C	Caja rompedpresión*	11,62	B
D	Paso aéreo o zanjón*	14,62	C
E	Válvula de limpieza*	8,37	D
F	Válvula de aire*	8,37	E
G	Tanque de distribución	46,68	F
H	Caja rompe presión en distribución*	11,62	G
I	Paso aéreo o de zanjón en distribución*	8,37	H
J	Acometidas domiciliars	2,72	P,I
K	Excavación de zanja en línea de conducción	21,00	J
L	Colocación de tubería en línea de conducción	23,00	B
M	Relleno de zanja en línea de conducción	21,00	L
N	Excavación de zanja en línea de distribución	18,00	M
O	Colocación de tubería en línea de distribución	21,00	N
P	Relleno de zanja en línea de distribución	18,00	O

Fuente: elaboración propia.

Figura 28. Diagrama PERT a implementar para la construcción de un sistema de agua



Fuente: elaboración propia.

Al utilizar el aditivo acelerante la ruta crítica se redujo en:  $156,26 - 130,91 = 25,35$  días. Los tiempos de cada actividad corresponden a los tiempos de cada obra en el diagrama PERT. Al utilizar un aditivo acelerante de fraguado se tiene una reducción de 25,35 días lo cual viene a disminuir los gastos de supervisión, este dato es el resultado de la diferencia entre tiempo del proceso anterior con el mejorado ver figura 6.

Por ejemplo, para un proyecto con un monto de Q250 000,00 se maneja de gastos administrativos y supervisión un 7% de lo cual se tiene:

$$Q250\ 000,00 \times 7\% = Q17\ 500,00$$

$$Q17\ 500,00 / 6 \text{ meses promedio de un proyecto con el método actual} =$$

$Q2\ 916,00/\text{mes} + Q5\ 070,00$  (sueldo ingeniero supervisor en 25,35 días) +  $Q2\ 535,00$  (sueldo técnico en 25,35 días) =  $Q10\ 521,00 - Q3\ 000,00$  (costo promedio del aditivo) =  $Q7\ 521,00$  que es la cantidad que se puede ahorrar utilizando el método propuesto. Además del tiempo menor en construcción.

#### **2.2.2.2. Propuesta del proceso mejorado de revisión de la calidad de los materiales**

Se propone presentar al personal el contenido del manual de calidad de los agregados que proporciona Cementos Progreso y se implementarán en cada punto donde se va a hacer concreto o sabieta, según los diagramas de recorrido para cada obra.

Para la calidad de los materiales es necesario realizarles la prueba de revisión visual, la prueba de sedimentación y prueba de materia orgánica.

### **2.2.2.3. Propuesta del proceso mejorado de revisión de la funcionalidad del sistema de agua**

Según el diagrama de la tabla XI, a la tabla XVI, en la misma secuencia se verificará individualmente cada obra en todos los aspectos para garantizar el funcionamiento de esta.

Al tener construida la línea de conducción con todas las obras, se procede a revisar obra por obra para verificar que esta línea funciona adecuadamente y que cada obra no presente defectos en su estructura o valvulería y accesorios.

### **2.2.2.4. Propuesta de la implementación del control de la calidad del agua**

Se propone presentar un manual básico para toma de muestras de agua y conceptos generales de la interpretación según la sección 2.1.7.3. implementación de mejoras en el aspecto de calidad del agua, dejando la opción de profundizar más sobre el tema al personal del departamento.



### **3. FASE DE INVESTIGACIÓN**

Durante los 14 años que tiene la Asociación Proagua del Pueblo no han ocurrido percances en sus instalaciones. Sin embargo, en los sistemas de agua han ocurrido daños por causas naturales por lo que el plan de contingencias se enfocó en este aspecto de forma que sea de utilidad en los proyectos.

#### **3.1. Plan de contingencias implementado**

##### **4.4.1.15.**

Este plan de contingencias propone establecer los pasos requeridos para responder ante un desastre natural en los proyectos, desde la recopilación de datos preliminares en la comunidad, hasta el recorrido de todo el sistema, el diagnóstico de amenazas en los aspectos administrativos, operativos como de la infraestructura. Seguidamente se propone la propuesta de mitigación de las amenazas y los pasos a seguir cuando ocurra un desastre natural.

##### **3.1.1. Contenido general del plan de contingencias actual**

En la actualidad en la Asociación Proagua del Pueblo no se tiene registrado un documento en el cual se establezca un plan de contingencias. Aunque la institución ha tenido experiencias en atender emergencias como la del huracán Mitch en el 1998 o el huracán Stan en el 2005 en la cual se repararon y se reconstruyeron diversos proyectos de agua y riego y como complemento se provisionaron alimentos para comunidades necesitadas en diferentes partes del país como en Sololá, San Marcos, Huehuetenango y Quiché.

Por lo que con base a entrevistas no estructuradas al personal técnico de esa época, se recopilaron experiencias de lo trabajado anteriormente y se complementa con bibliografía obtenida a cerca del tema.

### **3.1.2. Plan de contingencias para proyectos de agua**

Las amenazas naturales son de tipo geológico o de tipo meteorológico. Las principales amenazas de tipo geológico son los sismos, las erupciones volcánicas y los deslizamientos y las de tipo climático son las inundaciones. En otras regiones deben incluirse, los huracanes, tornados y otros fenómenos climáticos, sin embargo, para esta región, estos últimos no afectan de manera directa por lo que no se tomarán en cuenta en este caso.

El impacto de las amenazas naturales sobre los sistemas rurales de agua potable y sus componentes puede ser muy variado y depende fundamentalmente de la magnitud y localización del fenómeno natural y de la vulnerabilidad del sistema y sus componentes, tanto en el aspecto físico como en el operativo, administrativo y organizativo. El impacto de las amenazas es directo en los componentes físicos del sistema e indirecto en los aspectos organizativos, administrativos y en la capacidad de operación.

Al momento de ocurrir un desastre se presentan tres momentos que son:

Antes: es la etapa que corresponde a un tiempo donde no se ha presentado el desastre. Es el momento que permite preparar e identificar los riesgos en los proyectos de agua. En esta etapa se permite organizar y planificar, es decir, que se decide qué hacer, cómo, cuándo y quiénes son los responsables de prepararse ante eventos naturales y vulnerabilidades.



Se trata de llevar a cabo acciones de diferente índole para que estos eventos no afecten a la comunidad.

Durante: esta etapa corresponde al momento en que se está enfrentando una emergencia. Si anteriormente en él antes se ha organizado adecuadamente y planificado bien, los daños producidos por un desastre serán mucho menores.

Después: (rehabilitación y reconstrucción): se pone en práctica el plan de contingencias elaborado y según sea el desastre se corrige el plan.

### **3.1.3. Identificación de amenazas e impactos**

Pasos para realizar el análisis de amenazas (vulnerabilidad) e impactos:

Inicialmente se tienen que determinar los tipos de amenazas, que pueden ser físicas, operativas o administrativas y determinar los impactos resultantes.

Amenazas físicas: son las que afectan directamente la funcionalidad del sistema y se obtienen directamente de la inspección de todo el sistema y se determina si corre riesgo en sus componentes (ver tabla XVIII).

- Hacer una descripción general de los componentes del sistema.
- Hacer un recorrido general del proyecto determinando caminamiento y cotas.
- Determinar puntos de peligro para las obras o tubería.
- Establecer qué tipo de amenaza es natural o provocada.
- Realizar un croquis con los datos anteriores para ubicar las obras en peligro de daño.

- Ubicar detalladamente las obras en peligro en el plano de conjunto del sistema (si se tuviese).

Determinación de los impactos en el sistema:

- Establecer el tipo de daño al sistema que puede ser total o parcial
- Especificar la obra o accesorio que posiblemente se dañe
- Establecer presupuesto para la reparación o reconstrucción

Daño parcial puede ser un aplastamiento de tubo, daño a una válvula etcétera. Es decir, que se puede reparar. El daño total es la destrucción de la obra.

Tabla XVIII. **Características del lugar, descripción del sistema y sus componentes**

Formato 1						
Características del lugar , descripción del sistema y sus componentes						
Nombre de la comunidad: aldea Loma Real						
Municipio: Tajumulco		Departamento: San Marcos		Fecha de la visita:		
Nombre del o los responsables del proyecto: Juventino de Paz						
Tipo de sistema:	Gravedad	X	Bombeo		Mixto	
Tiempo de funcionamiento: 1 año						
Vías de acceso: de san marcos a la comunidad hay 40 km, 25 de asfalto y 15 de terracería , transitable todo el año						
Número de conexiones: 82						
Descripción del sistema y sus componentes						
(conocimiento de los componentes del sistema)						
Captación						
Tipo	Elementos	Equipos	Accesorios	Historial de daños	Observaciones	
Nacimiento	1 Caja recolectora de concreto	Ninguno	Válvulas de compuerta	Se daño debido a un derrumbe hace 2 años		
Línea de conducción						
Tubería	Cajas	Accesorios	Pasos aéreos o zanjón	Historial de daños	Observaciones	
PVC de 2" 160 psi longitud de 200 m	2 rompepresión de 1 m <sup>3</sup> y de 2" entrada y salida	4 válvulas de compuerta de 2"	1 paso aéreo de 20 m longitud la tubería está dañada y el cable también, las columnas están intactas	Ninguna		
Almacenamiento - tratamiento						
Elemento	Equipo	Accesorios		Historial de daños	Observaciones	
1 tanque de 30 m <sup>3</sup> y 1 caseta de cloración	1 dosificador de cloro	2 válvulas de compuerta de 3" 1 válvula de compuerta de ½"				
Línea de distribución						
Tubería	Cajas	Accesorios	Pasos aéreos o zanjón	Conexiones domiciliarias	Historial de daños	Observaciones
PVC 160 psi 3" longitud de 500 m	Ninguna	2 válvulas de aire de 2" X ½"	Ninguno	2 niples hg ½" X 1,50 m	Ninguno	

Fuente: Organización Panamericana de la Salud, Manual para mitigación de desastres naturales en sistemas rurales de agua potable. p. 38.

La tabla anterior deberá llenarse con toda la información posible respecto a los datos de la comunidad, habitantes, lugar del proyecto, etcétera, seguidamente, se procederá a entrevistar al comité de agua si existe o a las autoridades comunitarias para establecer cuáles son los componentes del sistema de agua los cuales se irán apuntando de manera preliminar.

En la página 104, se presenta la tabla que se debe llenar para identificar vulnerabilidades y propuestas de mitigación para lo cual se tiene que hacer el recorrido total del sistema con la finalidad de ubicar las obras y determinar cuáles están en riesgo de posible daño y el estado actual de cada una. Cada obra se podrá priorizar dependiendo del tipo de daño que le pueda ocurrir clasificado en dos tipos:

Prioridad 1: esta clasificación se hace cuando una obra que sufra un posible daño no permita el paso del agua a través del sistema por lo que será necesario su reparación inmediata. Como ejemplo se puede mencionar un paso aéreo que esté cerca de un barranco el cual se ha empezado a ampliar debido a la erosión y está socavando las bases.

Prioridad 2: esta clasificación se hará cuando una obra se dañe y aún permita la continuidad del agua a través del sistema, por lo que no requiere una reparación inmediata y se podrá reparar posteriormente debido a que no es una emergencia. Por ejemplo, se puede mencionar una caja de válvula de limpieza la cual, si se dañará todavía permite la continuidad de flujo del agua aunque se hace necesario repararla para un buen funcionamiento.

Tabla XIX. Identificación de vulnerabilidades y propuestas de mitigación

FORMATO 2									
No.	Caminamiento	Distancia (metros)	Altura (metros)	tipo de obra	prioridad	estado actual	propuesta de mitigación	observaciones	costo de reparación o reconstrucción
1	0	0	1000	Captación	1	Tapadera quebrada por derrumbe	Construir un muro de protección de 1.5 metros de altura X 3 metros de largo	Determinar que solución es factible	Q 500,00
2	1+1500	20	850	Tubería PVC de 160 PSI de 3 pulgadas	2	Funcionando	Verificar si es factible mover la tubería 10 metros más arriba, para evitar el derrumbe, si no colocarle recubrimiento concreto		Q 1 200,00
3	2+000								Q -
4	2+100								Q -
5	2+500	30	750	Paso aéreo HG TL 2 ½ pulgadas	1	1 paso aéreo de 20 metros de longitud, la tubería tiene fugas y el cable está desgastado en los anclajes	Reubicar y construir paso aéreo debido a derrumbe cercano	La tubería está en mal estado al reubicar paso se colocara tubería nueva	Q 4 200,00
6	3+000								Q -
7	3+500	0	620	Caja rompe presión 2 pulgadas	2	Válvula no funciona esta oxidada	Colocar válvula nueva	No afecta el funcionamiento pero si la operación	Q 800, 00
							COSTO TOTAL DE REPARACIÓN		Q 6 700,00
PRIORIDAD 1: sin este elemento no puede llegar el agua a las conexiones									
PRIORIDAD 2: sin este elemento hay continuidad en el servicio pero es necesaria su reparación									

Fuente: elaboración propia.

Amenazas operativas: son aquellas que afectan al sistema en la cantidad, calidad y continuidad del agua las causas pueden ser mala utilización del mismo, poco o nulo mantenimiento, malas reparaciones debido a la poca experiencia del encargado del sistema de agua, etcétera.

- Determinar si el fontanero o encargado del sistema tiene algún tipo de capacitación que respalde sus funciones
- Determinar el estado actual del equipo, herramienta
- Verificar el mantenimiento y operación del sistema
- Evaluar si el agua tiene los requisitos de potabilidad

En la tabla XX, se establece el formato para obtener la información de cual se podrá ver la capacidad operativa del sistema ante un desastre. Además, se requiere evaluar si la calidad del agua es potable y si es aún suficiente para los requerimientos de la población actual y si no fuera así establecer las propuestas para cubrir la demanda. Muchas veces el fontanero es empírico y desconoce cómo se opera adecuadamente cada obra del sistema, por lo general, los fontaneros tienen poco tiempo de ocupar esa función por lo que no reciben ningún pago ya que es su aporte comunitario que debe hacer por lo general de 1 a 2 años.

Generalmente, los fontaneros no cuentan con capacitación para operar los sistemas de agua y cuando se da alguna capacitación esta se pierde debido a que el fontanero cumple su tiempo de servicio y se retira por lo que nuevamente ingresa otro sin conocimiento de sus funciones.

Tabla XX. Vulnerabilidad operativa

FORMATO 3			
Vulnerabilidad operativa			
Debilidades en la prestación de los servicios			
Cantidad, continuidad y calidad del agua			
Recursos materiales disponibles			
No. Usuarios	componente	Capacidad	Requerimiento actual
130	Captación	1,5 litros/segundo	1, 50 litros/segundo
	Almacenamiento	20 metros cúbicos	30 metros cúbicos
Déficit (-)	Continuidad (períodos)		Calidad agua
Superávit (+)	Racionamiento en época de verano		En los últimos 3 años
(-) 10 metros cúbicos	Falta de presión en la red de distribución		no se monitorea la calidad el agua
Recursos financieros actuales			
Rutina de operación y mantenimiento actual			
Desinfección anormal del agua			
Ausencia de control de medidores			
Ausencia de registros de caudales y monitoreo de la calidad del agua			
Capacitación del personal			
Personal	Curso de capacitación		Última capacitación
10 Usuarios	Ninguno		2003
Tiempo de servicio		Observaciones	
6 meses		Operadores voluntarios sin capacitación o asesoramiento para atención rutinaria y en caso de desastres, Desconocimiento del manual de operación y mantenimiento leyes y normas referentes a los sistemas	

Fuente: OPS. Manual para mitigación de desastres naturales en sistemas rurales de agua potable. p. 46.

Amenazas administrativas: los principales factores de amenazas administrativas tienen relación con el nivel de capacitación en los temas referentes a las amenazas naturales y la capacidad del personal administrativo para desempeñar sus obligaciones; con la disponibilidad de recursos materiales y financieros; y con las debilidades de organización local.

- El encargado del sistema de agua cuenta con el apoyo del comité encargado de la administración del agua.
- Existe o no cuota de mantenimiento del sistema
- Determinar si es suficiente esta cuota para un mantenimiento adecuado
- El comité encargado del sistema de agua tiene la capacidad para administrarlo adecuadamente.

#### 4.4.1.16.

En la tabla XXI, se tiene el formato para determinar las vulnerabilidades administrativas de las cuales depende el funcionamiento del sistema. Existen proyectos que tienen buena administración del sistema ya que tienen establecidos reglamentos de uso de agua, cuota para mantenimiento, bodega de materiales para reparaciones menores, herramienta y un fontanero designado para la operación y mantenimiento del sistema. El fontanero aunque no ha tenido capacitación al respecto tiene años de trabajar en este puesto por lo que empíricamente ha obtenido más capacidad operativa.



Tabla XXI. Vulnerabilidad administrativa

FORMATO 4					
Vulnerabilidad administrativa					
Debilidades organizativas y administrativas					
¿Cuenta el comité con recursos económicos?	s		n		
¿Hay una cuota mensual o anual por vivienda por el uso del agua?	s		n		
¿A cuánto asciende la cuota por vivienda?	Q				
¿Tiene el comité conocimiento de respuesta ante desastres?	s		n		
¿Existe un reglamento interno para la administración del agua?	s		n		
¿Hay interés en capacitarse en el tema de prevención de desastres?	s		n		
¿Cuenta el comité con materiales y herramienta en bodega para alguna reparación?	s		n		
¿El operador encargado del sistema devenga un sueldo por operar?	s		n		
¿Se le presenta a la comunidad un informe de los gastos realizados?	s		n		
DESCRIPCIÓN DE LOS RECURSOS MATERIALES DISPONIBLES					
Cantidad	Descripción				
10	Tubos pvc 2 pulgadas 160 psi sin usar				
5	Válvulas de chorro de 1/2 pulgada marca NIBCO				
20	Tubos de 1/2 pulgada pvc 315 psi				
2	palas				
RECURSOS FINANCIEROS ACTUALES					
TARIFA MENSUAL	INGRESO BRUTO ANUAL		GASTOS		INGRESO NETO ANUAL Q
Q 2 000,00	Q 2 000,00	-	Q 16 000,00	=	8 000,00
		Costo de reparación		(-)	6 700,00
					1 300,00
CAPACITACIÓN DEL PERSONAL					
PERSONAL	curso de capacitación			fecha	
Anterior presidente, tesorero y secretario	administración y operación de proyectos			2002	
Tiempo de servicio	6 meses	Observaciones	Al comité actual no se ha capacitado por falta de recursos		

Fuente: OPS. Manual para mitigación de desastres naturales en sistemas rurales de agua potable, Organización Panamericana de la Salud, p. 58.

- Medidas de mitigación

A continuación se presentan las diferentes medidas de mitigación correspondientes a los tipos de amenazas en sus respectivos formatos para obtener información.

- Medidas de mitigación- Amenazas físicas

Establecer qué medida de mitigación implementar para evitar el daño en el sistema en caso de que la amenaza ocurra. Esta información se colocará en la tabla XIX, donde están incluidos los cuadros para la información que en este caso será qué medida de mitigación se tomará con base en una amenaza. Entre las diferentes medidas de la tabla XIX están: construir un muro de protección de la obra, cunetas para evacuar escorrentía, recubrimiento de tubería con concreto. También es posible reubicar parte de la tubería a un punto más alto o más bajo siempre y cuando no altere significativamente el diseño establecido, es necesario chequear estas opciones. Además, de la información se deberán colocar las observaciones del caso para tener toda la información posible. Este cuadro se debe acompañar con un informe adjunto con fotografías.

Determinar en el plano los puntos a trabajar con medidas de mitigación.

Establecer presupuesto de cada medida propuesta.

- Medidas de mitigación- Amenazas operativas

Se tomarán las medidas correspondientes para minimizar las deficiencias que se tengan en el aspecto operativo y se tomará en cuenta el establecer un presupuesto del costo de las medidas a tomar. Entre las medidas establecidas están:

4.4.1.17.

- Capacitar al encargado en aspectos de operación y mantenimiento del sistema y reparación de sistemas en caso de emergencias
- Adquirir herramienta adecuada al sistema
- Implementar un plan de operación y mantenimiento del sistema
- Implementar un medio de potabilización del agua

En la tabla XXII, se tiene establecido colocar la mitigación y el costo en caso se tenga déficit de abastecimiento de agua.

Se tienen 2 tipos de priorización dependiendo de la atención que requiera la medida a implementar. En el caso de la tabla XXII la medida inmediata es la construcción del tanque de 30 metros cúbicos para suplir el déficit que se tenga y después se deja la compra de herramienta y contratación de un fontanero.

Tabla XXII. **Medidas de mitigación: vulnerabilidad operativa**

FORMATO 5				
medidas de mitigación: vulnerabilidad operativa				
Áreas	Prioridad de atención	Medidas de mitigación	Costos	Capacidad de respuesta
Operación y mantenimiento	2	Contratar fontanero y capacitarlo	Q 1 000,00	El comité de agua contara en máximo una semana a un fontanero capacitado
	2	Adquisición de herramientas para operación y mantenimiento	Q 1 000,00	
Cantidad, continuidad y calidad	1	Construcción del tanque de reserva 30 m3 y tramo en conducción	Q 20 000,00	La institución ADP gestionara este tanque en su totalidad
Subtotal			Q 22 000,00	

Fuente: OPS. Manual para mitigación de desastres naturales en sistemas rurales de agua potable, Organización Panamericana de la Salud. p. 56.

- Medidas de mitigación - Amenazas administrativas:

En la tabla XXIII, se establecerán las medidas para mitigar las deficiencias que se encuentren en el aspecto administrativo, generalmente las cuotas por el servicio del agua son simbólicas ya que por este servicio en algunas comunidades se tiene establecido un costo muy bajo que aproximadamente es de Q50,00 al año por conexión lo que representa Q4,17 al mes, lo cual no cubre los gastos operativos ni de reparación, en muchos casos los comités de agua están descapitalizados al momento de que ocurre un desperfecto.

De la tabla XXIII se tienen algunas medidas que se pueden implementar las cuales son:

#### 4.4.1.18.

- Fortalecer la relación entre encargado del sistema y el comité que administra el agua.
- Implementar con toda la comunidad un sistema de cuota de mantenimiento y operación que se adecue a los requerimientos del sistema de agua.
- Capacitación a los encargados de la administración del agua en temas afines para mejorar deficiencias administrativas.

De la integración de los costos de las medidas de mitigación operativa, física y administrativa se obtiene el total, el cual se deberá capitalizar para establecer cuál es la cuota necesaria para cubrir estas medidas.

Tabla XXIII. **Medidas de mitigación: vulnerabilidad administrativa**

FORMATO 6				
Medidas de mitigación vulnerabilidad administrativa				
Áreas	Prioridad de atención	Medidas de mitigación	Costos	Capacidad de respuesta
Operación y mantenimiento	1	Implementación de un reglamento de agua	Q 2 000,00	Inmediata con fondos de la comunidad
	2	Capacitación del comité de agua		Inmediata con fondos de ADP
Cantidad y continuidad	2	Capitalizar fondos para medida de mitigación	Q 20 000,00	Subir a tarifa según el VPN
Subtotal			Q 22 000,00	

Fuente: OPS. Manual para mitigación de desastres naturales en sistemas rurales de agua potable, Organización Panamericana de la Salud. p. 44.

- Plan de recuperación

En el plan de recuperación se establecen los pasos a seguir después de que ocurre un daño. Su finalidad es restaurar el estado de las cosas tal y como se encontraban antes de la materialización de la amenaza.

Plan de recuperación físico:

Obtener información con el comité de agua sobre el funcionamiento del sistema.

- Hacer un inventario de daños del sistema con el apoyo del encargado del sistema para facilitar el trabajo utilizar tabla XXIV.
- Trasladar los datos a las oficinas.
- Determinar el costo de la reparación del sistema
- Establecer cuanto se tiene recaudado de las cuotas por servicio de agua.
- En caso de que los fondos de las cuotas no la cubran la reparación del daño es necesario gestionar la ayuda con municipalidades, instituciones de gobierno, ONG, etcétera.
- Verificar si el fondo de las cuotas cubre el costo para una reparación emergente (temporal) en lo que se consigue el apoyo.

- Coordinar con los encargados de administrar el sistema los trabajos donde se va a requerir personal de apoyo para las reparaciones.
- Comparar con las medidas de mitigación establecidas anteriormente.

#### 4.4.1.19.

Tabla XXIV. **Información del estado del sistema después del desastre**

FORMATO 7									
Información del estado del sistema después del desastre									
No.	caminamiento	distancia (metros)	altura	tipo de obra	tipo de amenaza	TIPO DE DAÑO		observaciones	costo de reparación o reconstrucción Q.
						leve	total		
1	0		1 000	captación	derrumbe		x	derrumbe sobre la captación 20 m <sup>3</sup> de tierra dañado totalmente el muro pero no la captación	500,00
2	1+500	350	850	tubería pvc 160 psi 3"	derrumbe		x	aplastamiento del tubo	1 200,00
3	2+000			tubería pvc 160 psi 3"					-
4	2+100			tubería pvc 160 psi 3"					-
5	2+500	30	750	paso aéreo hg tl 2 ½"			x		4 200,00
6	3+000								-
7	3+200	0	620	caja rompe presión 2"			x		800,00
costo total de reparación									6 700,00
Daño total: pérdida de la obra									
Daño leve: reparable, para que funcione se tiene que hacer la reparación correspondiente									

Fuente: Organización Panamericana de la Salud. Manual para mitigación de desastres naturales en sistemas rurales de agua potable. p. 73.

- Plan de recuperación operativo



Este plan se deberá coordinar conjuntamente con el comité de agua y el fontanero.

Con base a la capacitación realizada al fontanero, este deberá tener la información de primera mano sobre el estado actual del sistema e informar al comité de agua.

El fontanero formará parte del grupo de reconstrucción o reparación del sistema.

El fontanero estará a cargo del buen uso y cuidado de la herramienta utilizada.

- Plan de recuperación administrativo

El comité de agua deberá proporcionar información necesaria sobre el estado actual de la administración del sistema de agua.

Con base en las mensualidades de las cuotas por servicio de agua se determinará la capacidad financiera de la comunidad para reparar el sistema por sus propios medios.

El comité deberá gestionar con las diferentes instituciones que apoyen a los proyectos de emergencia con base en lo presupuestado para la reparación.

Finalmente, se compararán todos los aspectos ocurridos con lo planificado y se realizarán las correcciones en los eventos que no se contemplaron para ajustar el plan.



## **4. FASE DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE**

### **4.1. Capacitaciones en toma de muestras de agua para análisis**

Durante esta fase se realizó una capacitación sobre la forma de hacer una toma de muestra de agua, los pasos y el equipo sugerido fue proporcionado por una oficina de laboratorio con experiencia en análisis de muestras de agua. En la página 80, mediante la figura 21, se presentan los pasos y la interpretación de los resultados obtenidos del análisis por el laboratorio.

### **4.2. Capacitación en la implementación de los métodos y procesos mejorados para la construcción de los sistemas de agua**

Se realizaron pláticas sobre el método mejorado para la construcción de las obras y se utilizó el procedimiento de la figura XII Diagrama de bloques para la prueba de control en la elaboración del concreto, para hacer concreto con base a medidas de los materiales de lo cual explica que una medida con capacidad de 1 pie cúbico que es lo que mide un saco de cemento, se estableció que la proporción adecuada para este tipo de obras es la proporción 1:1.5:2.5 o sea que en volumen es 1 pie cúbico de cemento 1,5 pie cúbico de arena y 2,5 pie cúbico de piedrín y así establecer medidas uniformes para una sabieta o concreto de calidad.

#### **4.3. Capacitación del personal en el tema del plan de contingencias**

Se presentó el material utilizado en el capítulo 3, en el cual se presentan las etapas de desastre las cuales son el antes, durante y después del desastre y esto se traduce a:

**Tipos de amenazas:** se debe identificar las amenazas y darles una magnitud de un posible daño.

**Medidas de mitigación:** es la etapa cuando se propone como eliminar o disminuir la amenaza.

**Plan de recuperación:** cuando ha ocurrido el desastre y se procede a trabajar según el plan realizado con base en los dos puntos anteriores. Y replantear el plan de nuevo según lo ocurrido.

#### **4.4. Capacitación sobre el marco legal en que se desenvuelve el trabajo realizado por el Departamento de Agua y Saneamiento**

Inicialmente este punto es una breve introducción al marco legal en el cual no solamente el Departamento de Agua y Saneamiento se desenvuelve si no que toda la institución en sí. Se tomó en cuenta esta parte debido a que a todo el personal se les preguntó del conocimiento sobre las leyes que amparan a la institución para realizar proyectos, de lo cual no se tuvo la respuesta requerida.

El único conocimiento fue que en lo legal los beneficiarios deben presentar una escritura pública y después de realizar la topografía por la parte donde la tubería va a pasar, los beneficiarios deben garantizar por medio escrito los permisos de paso para construir el proyecto sin ningún problema.

Se hizo una recopilación de leyes vigentes que rigen el aspecto agua de lo cual se consultó la constitución política, el código civil, el reglamento de descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos y la ley del registro catastral, las cuales se presentan en el anexo 1.

## CONCLUSIONES

1. Con el mejoramiento e implementación de los procesos y métodos mejorados para la construcción se pudo lograr que los sistemas de agua mejoraran su calidad en los aspectos de funcionamiento, calidad del agua, acabados y estandarización de medidas de las obras que lo componen. Además, se redujo el tiempo de construcción en 25,35 días con la aplicación de un aditivo acelerante de fraguado.
2. La actividad crítica del proceso se encuentra en el fraguado del concreto ya que es la actividad que más tiempo requiere.
3. Se mejoraron los métodos anteriores y se implementaron nuevos con requerimientos de calidad tanto en materiales, como en la construcción y en la supervisión de obras.
4. Al no haber un plan de contingencias, se implementó uno que se adecue a las necesidades de los sistemas de agua y así mitigar los posibles desastres del entorno ambiental.
5. Se realizó la capacitación del personal del Departamento de Agua en el tema calidad del agua y así, asegurar que el agua proporcionada en los sistemas sea potable.



## RECOMENDACIONES

1. Es necesario compartir experiencias de la implementación de las mejoras en los procesos por parte de cada responsable, para verificar variables y hacer correcciones al mismo.
2. En cuanto a los aspectos de disposición de aguas residuales o servidas, es necesario realizar mejoras en los métodos utilizados para su disposición en la infiltración al subsuelo, para que un proyecto de agua no sea a la vez un foco de contaminación ambiental.
3. Se debe presupuestar en los proyectos el aspecto de seguimiento para verificar el buen uso del sistema, la buena operación y mantenimiento del mismo.





## BIBLIOGRAFÍA

1. ALCOVER DE LA HERA, Carlos María. *Introducción a la Psicología del Trabajo*. España: McGraw-Hill, 2004. 580 p. ISBN: 84-481-4068-0.
2. Guatemala. Congreso de la República. *Código Civil*. Guatemala: Congreso de la República, 1973. 326 p.
3. \_\_\_\_\_. *Constitución Política Reformada*. Guatemala: Congreso de la República, 1993. 50 p.
4. Decreto 236-2006. Guatemala jueves 11 de mayo de 2006. [en línea] [www.vestex.com.gt/images/docs/R-236-236-aguasresidualesyodos](http://www.vestex.com.gt/images/docs/R-236-236-aguasresidualesyodos). [Consulta: mayo de 2009].
5. Instituto de Fomento Municipal. *Especificaciones generales y Técnicas de construcción*. Guatemala: INFOM, 2008. 181 p.
6. MARTÍNEZ FERREIRA, Matías. *Diagrama Ishikawa: de causa y efecto*. [en línea] [www.gestiopolis.com/recursos4/docs/ger/diacgraca.htm](http://www.gestiopolis.com/recursos4/docs/ger/diacgraca.htm). [Consulta: febrero de 2009].
7. NIEBEL, Benjamín. *Ingeniería industrial*. 10a ed. México: Alfaomega, 2001. 814 p. ISBN: 970-15-0597-2.

8. Organización Panamericana de la Salud. *Manual Para la mitigación de desastres naturales en sistemas rurales de agua potable*. Quito: OPS, 1998. 87 p.
  
9. \_\_\_\_\_. *Normas y Guías de Diseño de proyectos de abastecimiento de agua potable y saneamiento rural*. República Dominicana: OPS, 2002. 217 p.

## **ANEXOS**



Anexo 1. **La constitución política reformada por acuerdo legislativo no. 18-93 del 17 de noviembre de 1993**

**ARTÍCULO 2. - Deberes del Estado.** Es deber del Estado garantizarle a los habitantes de la República la vida, la libertad, la justicia, la seguridad, la paz y el desarrollo integral de la persona.

**ARTÍCULO 97. Medio ambiente y equilibrio ecológico.** El Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Se dictarán todas las normas necesarias para garantizar que la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, de la tierra y del agua, se realicen racionalmente, evitando su depredación.

**ARTÍCULO 121.** Bienes del Estado. Son bienes del estado:

- a. Los de dominio público;
- b. Las aguas de la zona marítima que ciñe las costas de su territorio, los lagos, ríos navegables y sus riberas, los ríos, vertientes y arroyos que sirven de límite internacional de la República, las caídas y nacimientos de agua de aprovechamiento hidroeléctrico, las aguas subterráneas y otras que sean susceptibles de regulación por la ley y las aguas no aprovechadas por particulares en la extensión y término que fije la ley;
- c. Los que constituyen el patrimonio del Estado, incluyendo los del municipio y de las entidades descentralizadas o autónomas;
- d. La zona marítima terrestre, la plataforma continental y el espacio aéreo, en la extensión y forma que determinen las leyes o los tratados internacionales ratificados por Guatemala;

Continuación del anexo 1.

e. El subsuelo, los yacimientos de hidrocarburos y los minerales, así como cualesquiera otras sustancias orgánicas o inorgánicas del subsuelo.

**ARTÍCULO 127. Régimen de aguas.** Todas las aguas son bienes de dominio público, inalienables e imprescriptibles. Su aprovechamiento, uso y goce, se otorgan en la forma establecida por la ley, de acuerdo con el interés social. Una ley específica regulará esta materia.

**ARTÍCULO 128. Aprovechamiento de aguas, lagos y ríos.** El aprovechamiento de las aguas de los lagos y de los ríos, para fines agrícolas, agropecuarios, turísticos o de cualquier otra naturaleza, que contribuya al desarrollo de la economía nacional, está al servicios de la comunidad y no de persona particular alguna, pero los usuarios están obligados a reforestar las riberas y los cauces correspondientes, así como a facilitar las vías de acceso

DECRETO LEY 106 CÓDIGO CIVIL

LIBRO SEGUNDO

DE LOS BIENES DE LA PROPIEDAD Y DEMÁS DERECHOS REALES

LOS BIENES

CAPÍTULO I

DE LAS VARIAS CLASES DE BIENES

CONCEPTO

**ARTÍCULO 442.** Son bienes las cosas que son o puedan ser objeto de apropiación, y se clasifican en inmuebles y muebles.

COSAS APROPIABLES

**ARTÍCULO 443.** Pueden ser objeto de apropiación todas las cosas que no estén excluidas del comercio por su naturaleza o por disposición de la ley.

Continuación del anexo 1.

#### COSAS FUERA DEL COMERCIO

**ARTÍCULO 444.** Están fuera del comercio por su naturaleza, las que no pueden ser poseídas exclusivamente por ninguna persona, y por disposición de la ley, las que ella declara irreductibles a propiedad particular.

#### BIENES INMUEBLES

**ARTÍCULO 445.** Son bienes inmuebles:

1. El suelo, el subsuelo, el espacio aéreo, las minas mientras no sean extraídas, y las aguas que se encuentren en la superficie o dentro de la tierra;
2. Los árboles y plantas mientras estén unidos a la tierra, y los frutos no cosechados;
3. Las construcciones adheridas al suelo de manera fija y permanente;
4. Las cañerías conductoras de agua, gas o electricidad, Incorporadas al inmueble;

#### CAPITULO II DE LOS BIENES CON RELACIÓN A LAS PERSONAS A QUIENES PERTENECEN DOMINIO DE LOS BIENES

**ARTÍCULO 456.** Los bienes son de dominio del poder público o de propiedad de los particulares.



Continuación del anexo 1.

## BIENES DEL DOMINIO PÚBLICO

**ARTÍCULO 457.** Los bienes del dominio del poder público pertenecen al Estado o a los municipios y se dividen en bienes de uso público común y de uso especial.

## BIENES NACIONALES DE USO COMÚN

**ARTÍCULO 458.** Son bienes nacionales de uso público común:

1. Las calles, parques, plazas, caminos y puentes que no sean de propiedad privada,
2. Los puertos, muelles, embarcaderos, pontones y demás obras de aprovechamiento general, construidos o adquiridos por el Estado o las municipalidades;
3. Las aguas de la zona marítima territorial en la extensión y términos que fije la ley respectiva; los lagos y ríos navegables y flotables y sus riberas, los ríos, vertientes y arroyos que sirven de límite al territorio nacional; las caídas y nacimientos de agua de aprovechamiento industrial, en la forma que establece la ley de la materia; y las aguas no aprovechadas por particulares; y

## BIENES NACIONALES DE USO NO COMÚN

**ARTÍCULO 459.** Son bienes nacionales de uso no común:

1. Los que están destinados al servicio del Estado, de las municipalidades y de las entidades estatales, descentralizadas, y los demás que constituyen su patrimonio;
2. Los de uso público, cuando dejen de serlo de hecho o por virtud de una ley;
3. Los ingresos fiscales y municipales;

Continuación del anexo 1.

4. El subsuelo, los yacimientos de hidrocarburos y los minerales antes de ser extraídos, así como cualquiera otra sustancia orgánica o inorgánica del subsuelo.

#### BIENES DE PROPIEDAD PRIVADA

**ARTÍCULO 460.** Son bienes de propiedad privada los de las personas individuales o jurídicas que tienen título legal.

#### APROVECHAMIENTOS DE BIENES NACIONALES

**ARTÍCULO 461.** Los bienes de uso común son inalienables e imprescriptibles. Pueden aprovecharse de ellos todos los habitantes, con las restricciones establecidas por la ley, pero para aprovechamientos especiales se necesita concesión otorgada con los requisitos que establecen las leyes respectivas.

**ARTÍCULO 462.** Los bienes que constituyen el patrimonio del Estado, de los municipios y de las entidades estatales descentralizadas, están sujetos a las leyes especiales y subsidiariamente a lo dispuesto en este Código.

**ARTÍCULO 463.** El traspaso de los bienes del dominio público de uso común al patrimonio del Estado o de los municipios, deberá hacerse llenándose los trámites que señalan las leyes y reglamentos respectivos.

Continuación del anexo 1.

CAPÍTULO V  
PROPIEDAD DE LAS AGUAS  
AGUAS DE DOMINIO PRIVADO

**ARTÍCULO 579.** Son de dominio privado:

1. Las aguas pluviales que caigan en predios de propiedad privada, mientras no traspasen sus linderos;
2. Las aguas continuas y discontinuas que nazcan en dichos predios, mientras discurran por ellos,
3. Las lagunas y sus álveos formados por la naturaleza, en los expresados terrenos; y
4. Las aguas subterráneas obtenidas por medios artificiales en propiedades particulares.

PROPIEDAD DE LOS ALVEOS O CAUCES

**ARTÍCULO 580.** Pertenece al propietario los álveos o cauces naturales de las corrientes discontinuas formadas por aguas pluviales y los álveos de los ríos y arroyos en la parte que atraviesan sus heredades, pero no podrá ejecutar labores ni construir obras que puedan hacer variar el curso natural de las mismas en perjuicio de otro, o cuya destrucción por la fuerza de las avenidas, pueda causar daño a predios, fábricas o establecimientos, fuentes, caminos o poblaciones. Los álveos de las charcas, lagunas o lagos que colindan con sus propiedades le pertenecerán en proporción a su colindancia, siempre que no sean de propiedad de persona determinada.

Continuación del anexo 1.

#### AGUAS SUBTERRÁNEAS

**ARTÍCULO 581.** Todo propietario puede abrir pozos dentro de sus fincas, para obtener y elevar aguas subterráneas, y efectuar cualquiera otra obra con el objeto de buscar el alumbramiento de dichas aguas, pero sin que tales trabajos puedan mermar o distraer aguas públicas o privadas de su corriente superficial natural que se destinan a un servicio público o a un aprovechamiento particular preexistente, con título legítimo, en cuyo caso, la autoridad, a solicitud de los interesados, podrá ordenar la suspensión de la obra.

#### DISTANCIAS A QUE PUEDEN ABRIRSE LOS POZOS

**ARTÍCULO 582.** Las obras artificiales a que se refiere el artículo anterior no podrán ejecutarse a menor distancia de cuarenta metros de edificios ajenos, de un ferrocarril o carretera, ni a menos de cien metros de otro alumbramiento o fuente, río, canal, acequia o abrevadero público, sin la licencia correspondiente de los dueños o, en su caso, del municipio.

**ARTÍCULO 583.** Los pozos no deberán perforarse a menor distancia de dos metros entre uno y otro dentro de las poblaciones, y de quince metros, por lo menos, en el campo.

#### PROPIEDAD DE LAS AGUAS ALUMBRADAS

**ARTÍCULO 584.** El propietario que obtenga el alumbramiento de aguas subterráneas por medios artificiales, será dueño de ellas aunque salgan de la finca de su pertenencia, con sujeción a lo que establece el artículo siguiente.

Continuación del anexo 1.

**ARTÍCULO 585.** Si para aprovechar las aguas alumbradas tuviere el dueño necesidad de conducir las por predios inferiores ajenos, deberá constituir la servidumbre correspondiente, pero si las dejare abandonadas a su curso natural y los dueños de estos predios las hubieren aprovechado por cinco años ininterrumpidos, adquirirán el derecho de disfrutarlas por el orden de su colocación, dándose preferencia al que se haya anticipado en su uso, quien no podrá ser privado de él por otro aun cuando éste estuviere situado más arriba, sin antes ser vencido en juicio.

**ARTÍCULO 586.** Para los efectos del artículo anterior, se tendrán por aguas subterráneas, las que habiendo corrido por la superficie, desaparecieren por causas de erupciones volcánicas, terremotos u otros accidentes de la naturaleza.

#### CONCESIONARIOS MINEROS

**ARTÍCULO 587.** Los concesionarios de pertenencias mineras, socavones y galerías generales de desagües de minas, tienen la propiedad de las aguas halladas en sus labores, mientras conserven la concesión de sus minas respectivas.

**ARTÍCULO 588.** Todo lo relativo al uso, aprovechamiento y disfrute de las aguas públicas y particulares, se regirá por las disposiciones de las leyes agrarias o de la ley especial del régimen de aguas y regadíos.

Continuación del anexo 1.

MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES  
ACUERDO GUBERNATIVO NÚMERO 236-2006  
Guatemala, 15 de mayo de 2006.

REGLAMENTO DE LAS DESCARGAS Y REUSO DE AGUAS  
RESIDUALES Y DE LA DISPOSICIÓN DE LODOS

CAPÍTULO I

DISPOSICIONES GENERALES

**Artículo 1. OBJETO.** El objeto del presente Reglamento es establecer los criterios y requisitos que deben cumplirse para la descarga y reuso de aguas residuales, así como para la disposición de lodos. Lo anterior para que, a través del mejoramiento de las características de dichas aguas, se logre establecer un proceso continuo que permita:

- a) Proteger los cuerpos receptores de agua de los impactos provenientes de la actividad humana.
- b) Recuperar los cuerpos receptores de agua en proceso de eutroficación.
- c) Promover el desarrollo del recurso hídrico con visión de gestión integrada.

También es objeto del presente Reglamento establecer los mecanismos de evaluación, control y seguimiento para que el Ministerio de Ambiente y Recursos

Naturales promueva la conservación y mejoramiento del recurso hídrico.

Continuación del anexo 1.

**Artículo 2. APLICACIÓN.** El presente Reglamento debe aplicarse a:

- a) Los entes generadores de aguas residuales;
- b) Las personas que descarguen sus aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público;
- c) Las personas que produzcan aguas residuales para reuso;
- d) Las personas que reusen parcial o totalmente aguas residuales; y
- e) Las personas responsables del manejo, tratamiento y disposición final de lodos.

**Artículo 3. COMPETENCIA.** Compete la aplicación del presente Reglamento al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Las Municipalidades y demás instituciones de gobierno, incluidas las descentralizadas y autónomas, deberán hacer del conocimiento de dicho Ministerio los hechos contrarios a estas disposiciones, para los efectos de la aplicación de la Ley de Protección y mejoramiento del Medio Ambiente.

### **La aprobación de la LEY DEL REGISTRO CATASTRAL decreto 41-2005**

La importancia de mencionar la ley del registro catastral decreto 41-2005 se debe a que para gestionar los proyectos la Asociación Agua del Pueblo requiere únicamente una escritura pública como documento válido. Sin embargo, la falta de inscripción de terrenos en el Registro Nacional de la Propiedad, hace que los proyectos que se realizan en dichos terrenos sean vulnerables en su ejecución al carecer el propietario de un registro que le brinde seguridad ante la ley.

Continuación del anexo 1.

En la prensa se han mencionado casos de fraude ya que se venden los terrenos varias veces lo cual hace que una propiedad tenga varios propietarios lo cual conlleva a pleitos legales con el riesgo de perder el terreno con el nacimiento de agua.

Como una breve descripción se resume que esta ley es un instrumento que sirve para regularizar las tierras y brindar a los propietarios t certeza jurídica de las mismas, así también para brindar información sobre la cantidad de tierras que tiene el Estado.

El catastro es una herramienta técnica de desarrollo que contiene información disponible para diferentes fines. Es un registro básico, gráfico y descriptivo de tipo predial, orientado a la certeza y seguridad jurídica de la propiedad, tenencia y uso de la tierra. Es decir que es un lugar en el que se almacena y se encuentra disponible información de cada uno de los predios o terrenos con el propósito de dar seguridad legal sobre la propiedad, tenencia y uso de la tierra.



Continuación del anexo 1.

En el archivo del RIC<sup>3</sup> podemos encontrar:

- Diagnóstico de propiedad
- Fichas de recopilación de información de campo y de registro.
- Mapas, fotografías e información catastral.
- Actas de verificación de mojones.
- Planos topográficos debidamente autorizados.
- Planos para el Registro de la información catastral de los terrenos.
- Listas con las coordenadas de las esquinas de los terrenos.
- Caminos, informe de la situación del terreno y su análisis o estudio catastral.
- Declaraciones del predio catastrado, memorias de cálculo.
- Índices en orden alfabético y numérico.
- La constancia de que se hicieron los posicionamientos o medidas en las esquinas del terreno.
- Las hojas en las que se escribieron las dudas que surgieron en el campo y constancia escrita de que se resolvieron.
- Los expedientes que tengan solicitud para que se haga una resolución técnica.
- Código de clasificación catastral y,
- Otros documentos como mapas, fotografías y escritos que se consideren importantes.

Las leyes anteriormente mencionadas fueron tratadas en grupo manera de hacer énfasis en tener más interés en la información legal para así poder tener un respaldo y garantizar de manera integral los proyectos.

---

<sup>3</sup> Registro de Inscripción Catastral. Guatemala. 78 p.

Anexo 2. **Ficha técnica aditivo para concreto acelerante del fraguado**

**Sikament®-100**

ADITIVO REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO, ACELERANTE DE RESISTENCIAS Y SUPERFLUIDIFICANTE

DESCRIPCIÓN

Aditivo adicionado de estabilizadores especiales que agregado al concreto imparte una consistencia superfluida de alta trabajabilidad, alta reducción de agua en el concreto, obteniéndose altas resistencias a edades tempranas. **No contiene cloruros.** Cumple normas ASTM C 494 tipo F y ASTM C 1017 tipo I.

USOS

**Sikament-100** se caracteriza por un alto poder dispersante permitiendo una perfecta distribución de las partículas de cemento del concreto, provocando su hidratación completa, obteniendo el máximo efecto del cemento. **Sikament-100** se usa principalmente para: estructuras pretensadas, postensadas, prefabricadas, de diseño especial, colados en serie, descimbrados a corto plazo, fabricación de block, adocreto, etc.

VENTAJAS

Por sus características especiales el uso del **Sikament-100** en el concreto:

Incrementa la eficiencia del cemento con la reducción del mismo.

Por ser un reductor de agua de alto rango permite reducciones considerables del cemento.

Reduce la segregación y el sangrado.

Reduce la permeabilidad y disminuye la tendencia a la fisuración, así como a la contracción.

Continuación del anexo 2.

Produce excelentes acabados.

Es el aditivo especial para trabajos urgentes.

Permite reducir el costo de colocación, vibrado, cimbra y el tiempo de construcción.

A 24 horas se acelera la resistencia del concreto o mortero de un 45% a un 90% dependiendo de la dosificación, con relación al concreto o mortero sin aditivo, permitiendo acortar los tiempos de descimbrado (ideal en plantas prefabricadoras).

#### MODO DE EMPLEO

Como **superfluidificante**, adicionar el **Sikament-100** al concreto ya mezclado. En este caso debe ampliarse el tiempo de mezclado medio minuto más por cada metro cúbico de concreto.

Como **reductor de agua de alto rango**, dosificar el **Sikament-100** en el último 10% del agua de mezcla.

Dosificación:

Como superfluidificante, del 0,6% al 1,0% del peso del cemento (de 5 a 8,3 ml/kg de cemento).

Como reductor de agua de alto rango, de 1,2% a 3,0% del peso del cemento (10 a 25 ml/kg de cemento).

#### DATOS TÉCNICOS

Tipo: Aditivo líquido polímero tipo dispersión a base de melanina formaldehído.

Color: Café oscuro.

Densidad: 1,16 kg/l aprox. pH: 10,0 aprox.

Continuación del anexo 2.

#### PRECAUCIONES

El concreto fabricado con Sikament-100 fresco tiene que colocarse y acabarse sin demora. La permanencia del efecto de superfluidez, se mantiene alrededor de 30 minutos. El lapso de la permanencia de fluidez obedece al revenimiento inicial y a las temperaturas del concreto fresco y del ambiente. Demoras imprevistas en un colado pueden remediarse mediante una segunda dosis de Sikament-100 al concreto. En caso de usarse en obras urgentes, este producto funciona como acelerante de resistencia a una dosificación del 2,5% al 3% del peso del cemento.

#### MEDIDAS DE SEGURIDAD

En caso de contacto con la piel lavar la zona afectada con agua y jabón, quitar inmediatamente la ropa empapada o manchada y no dejar secar. En caso de contacto con los ojos lavar inmediatamente con agua abundante durante 5 minutos y acudir inmediatamente al médico. En caso de ingestión no provocar el vómito y acudir al médico. Para mayor información y en caso de derrames, consulte la hoja de seguridad.

#### ALMACENAMIENTO

Un año en su envase original, bien cerrado, en lugar fresco y bajo techo.