

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA QUEBRADA
HUARMİYACU DEL CANTÓN URCUQUÍ, PROVINCIA DE
IMBABURA PARA EL PREDISEÑO DE LA PLANTA DE
POTABILIZACIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LAS
POBLACIONES DE SAN BLAS Y URCUQUÍ.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AMBIENTAL**

GABRIELA ALEJANDRA MANCHENO DOMÍNGUEZ

gabyamd_15@hotmail.com

CHRISTIAN ALBERTO RAMOS ROSERO

carr1832@hotmail.com

DIRECTOR: ING. LUIS ÁNGEL JARAMILLO SÁNCHEZ

luis.jaramillo@epn.edu.ec

Quito, enero 2015

DECLARACIÓN

Nosotros, Gabriela Alejandra Mancheno Domínguez y Christian Alberto Ramos Rosero, declaramos que el presente trabajo descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

GABRIELA MANCHENO DOMÍNGUEZ

CHRISTIAN RAMOS ROSERO

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Gabriela Alejandra Mancheno Domínguez y Christian Alberto Ramos Rosero, bajo mi supervisión.

Ing. Luis Jaramillo S.
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento se dirige principalmente a quien ha forjado mi camino, a quien siempre me acompaña, a quien me levanta de cualquier tropiezo, a quien me ha dirigido siempre por el sendero correcto, a mi creador, a Dios.

Mi más sincera gratitud a mis padres y a mi hermanita, gracias por tanto amor, dedicación y apoyo incondicional; gracias a ustedes soy quien soy, gracias a ustedes cada día soy alguien mejor.

Un agradecimiento especial a quienes hicieron que cada día en la universidad sea más llevadero, a mis amigas, Anibel y Pao; a mis amigos Jhair, Wilson y Daniel gracias por estar ahí en todo momento, gracias por cada consejo, por cada ocurrencia, por tantas risas y tristezas, por formar parte de la mejor etapa de mi vida.

Mi gratitud también al Ing. Luis Jaramillo por su colaboración, consejo y dirección, al Ing. Marco Bolaños, Director de Agua Potable del GAD Municipal Urcuquí, por su disposición y por facilitarnos la información necesaria para el desarrollo del presente proyecto, a la Ing. Nathy y la Ing. Carola Fierro por su entera colaboración para la realización de los ensayos.

Finalmente, un profundo gracias a Christian por siempre confiar en mí, por apoyarme en todo momento, por formar parte de mi vida, por ayudarme a ser mejor cada día.

DEDICATORIA

A una de las personas más importantes en mi vida, mi abue, a quien agradezco inmensamente por brindarme todo su amor.

A la memoria de mi mejor amigo, fiel e incondicional, Sneijder.

A todos los lectores del presente proyecto.

“Al ampliar la capacidad de aprender, se amplía la capacidad de acción y por ende se amplía la capacidad de triunfar”.

Engelberth Freites

AGRADECIMIENTO

Le agradezco en primer lugar a Dios, por haberme guiado e iluminado durante toda mi vida, por haberme hecho aprender a tomar mis propias decisiones y por haberme dado el regalo más grande, mi familia.

Les agradezco a mis padres, por haberme inculcado los valores más nobles y por apoyarme en todo momento de manera incondicional, por haberse velado por brindarme bienestar y educación, y sobre todo por compartir su amor sincero.

Les agradezco a mis hermanos, Dayana y Juan Carlos, por compartir el convivir diario, con sus ocurrencias y por brindarme su apoyo y confianza en todo momento.

Agradezco a Gaby de manera especial por haber sido una persona muy importante en mi vida universitaria, por apoyarme en todo sentido, por haberme hecho vivir una experiencia hermosa en pareja y por motivarme y exigirme para lograr cumplir este y muchos otros objetivos.

Agradezco a todos mis maestros quienes me han formado con su sabiduría y conocimiento como profesional, en especial a nuestro director de tesis, Ing. Luis Jaramillo, quien nos guió durante la realización del presente proyecto, y a la Ing. Nathalia Valencia, quien confió en mí para formar parte de su equipo de trabajo en la Escuela Politécnica Nacional.

Les agradezco así también a mis amigos con quienes compartimos momentos únicos y con quienes formamos una estrecha relación, en mención especial a los Grossos.

Finalmente agradezco a todos mis familiares y a quienes de una u otra forma me apoyaron en las decisiones que he tomado y por motivarme a seguir adelante.

Christian

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a Dios porque nunca me ha desamparado y me ha dado la fortaleza para siempre seguir adelante. A mis padres por apoyarme en los buenos y malos momentos de mi vida y por ser la fuente de mi inspiración para cumplir mis objetivos, motivándome siempre y depositando su confianza total en cada reto presentado.

Christian

CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.....	xviii
ÍNDICE DE TABLAS	xix
ÍNDICE DE CUADROS	xxiii
CAPÍTULO I	1
ASPECTOS GENERALES.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. OBJETIVOS	2
1.2.1. Objetivo general.....	2
1.2.2. Objetivos específicos	2
1.3. ALCANCE	2
1.4. JUSTIFICACIÓN	3
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. EL AGUA.....	5
2.1.1. Características físico – químicas.	6
2.1.2. Fuentes de agua.....	7
2.1.3. Importancia	8
2.1.4. Contaminantes del agua.....	9
2.1.5. Purificación del agua.....	9
2.1.6. Agua de consumo humano	10
2.1.6.1. Agua potable	10
2.1.6.2. Calidad del agua.....	10
2.1.6.3. Indicadores físico – químicos y microbiológicos.	12

2.1.7. Índices de calidad del agua	11
2.1.7.1. Clasificación de los índices de calidad del agua.....	12
2.1.7.2. Usos de los índices.....	13
2.1.7.3. Estimación del índice de calidad de agua “ICA-NSF”	14
2.2. LEGISLACIÓN AMBIENTAL APLICABLE.....	15
2.2.1. Constitución de la República del Ecuador	16
2.2.2. Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (TULSMA) ...	19
2.2.3. Norma Técnica Ecuatoriana - Agua Potable (INEN 1108: 2011)	20
2.2.3.1. Requisitos específicos	20
2.2.4. Marco Institucional vigente GAD Municipal Urcuquí.	21
2.3. REDES DE MONITOREO	21
2.3.1. Definición de redes de monitoreo	21
2.3.2. Definición de criterios para diseño de red de monitoreo.....	22
2.3.2.1. Calidad del agua.....	22
2.3.2.2. Usos del agua.....	22
2.3.2.3. Criterios secundarios.....	23
2.3.2.3.1. Recursos económicos	23
2.3.2.3.2. Distancias a caminos y laboratorios	23
2.3.3. Sistemas de Información Geográfica (SIG) en el diseño de redes de monitoreo.....	24
CAPÍTULO III	25
ÁREA DE ESTUDIO.....	25
3.1. GENERALIDADES.....	25
3.1.1. Antecedentes.....	25
3.1.1.1. Cantón Urcuquí	25
3.1.1.2. Parroquia San Blas.....	27
3.1.1.2.1. Ubicación.....	27

3.1.1.2.2. Clima	28
3.1.1.2.3. Temperatura	28
3.1.1.2.4. Altitud	28
3.1.1.2.5. Hidrografía.....	28
3.1.1.3. Parroquia Urcuquí	28
3.1.1.3.1. Ubicación.....	28
3.1.1.3.2. Población.....	29
3.1.1.3.3. Altitud	29
3.1.1.3.4. Hidrografía.....	29
3.1.1.3.5. Clima y temperatura	29
3.1.2. Situación actual.....	29
3.1.3. Diagnóstico de las estructuras existentes de la vertiente Alofitara.	31
3.1.3.1. Estructura de la Captación	31
3.1.3.2. Desarenadores	31
3.1.3.3. Pre-sedimentadores	32
3.1.3.4. Barcaza	32
3.1.3.5. Tanque rompe - presión	32
3.1.3.6. Válvulas de aire	32
3.1.4. Diagnóstico de las estructuras existentes de la vertiente Conrayaro....	33
3.1.4.1. Estructura de la Captación	33
3.1.4.2. Pre – sedimentador	33
3.1.5. Análisis de las plantas de potabilización existentes.....	33
CAPÍTULO IV	34
METODOLOGÍA.....	34
4.1. METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE REDES DE MONITOREO.....	34
4.1.1. Procedimiento de sistema de muestreo.....	34
4.1.1.1. Selección de los puntos de toma de muestras.	34

4.1.1.2. Precauciones de seguridad	35
4.1.1.3. Materiales	35
4.1.1.4. Previsiones	35
4.1.1.5. Procedimiento de toma de muestras	35
4.1.1.5.1. Análisis de parámetros físico – químicos.	36
4.1.1.5.2. Análisis microbiológico.	36
4.1.1.6. Manejo de muestras.	36
4.1.1.7. Interpretación de análisis de aguas.	36
4.2. CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA DE LA POBLACIÓN.	37
4.2.1. Cálculo de la magnitud de la muestra poblacional.....	38
4.2.2. Proyección de la población de Urcuquí y San Blas.....	40
4.3. RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA.	46
4.3.1. Revisión de estudios	46
4.4. LINEAMIENTO BASE.....	46
4.4.1. Planificación y ejecución.....	46
4.4.1.1. Toma de muestras.....	48
CAPITULO V	50
ANÁLISIS DE RESULTADOS	50
5.1. ANÁLISIS DE LA INVESTIGACIÓN EN CAMPO.....	50
5.1.1. Calidad del recurso hídrico.	50
5.1.1.1. Resultados análisis parámetros físicos.....	50
5.1.1.2. Resultados análisis parámetros químicos.....	52
5.1.1.3. Resultados análisis parámetros microbiológicos.	55
5.1.2. Análisis de parámetros de laboratorio.....	56
5.1.2.1. Parámetros físicos.....	57
5.1.2.1.1. Color verdadero.....	57
5.1.2.1.2. Potencial de Hidrógeno (pH)	58

5.1.2.1.3. Turbidez	58
5.1.2.1.4. Conductividad.....	59
5.1.2.1.5. Sólidos totales	60
5.1.2.1.6. Sólidos suspendidos	61
5.1.2.1.7. Sólidos disueltos	62
5.1.2.2. Parámetros químicos.....	63
5.1.2.2.1. Cloruros.....	63
5.1.2.2.2. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	63
5.1.2.2.3. Dureza total	65
5.1.2.2.4. Calcio	65
5.1.2.2.5. Fosfatos.....	66
5.1.2.2.6. Flúor	67
5.1.2.2.7. Hierro soluble	68
5.1.2.2.8. Manganeseo.....	69
5.1.2.2.9. Nitratos	70
5.1.2.2.10. Nitritos	71
5.1.2.2.11. Alcalinidad	72
5.1.2.2.12. Bicarbonatos	73
5.1.2.2.13. Potasio	73
5.1.2.2.14. Sulfatos	74
5.1.2.3. Parámetros microbiológicos	74
5.1.2.3.1. Coliformes totales.....	74
5.1.2.3.2. Coliformes fecales.....	75
5.1.3. Cálculo del índice de calidad de agua “ICA-NSF”	76
5.2. ANÁLISIS DE OFERTA Y DEMANDA HÍDRICA.....	78
5.2.1 Resultados a partir de la encuesta general.	78
5.2.2. Demanda hídrica.....	98

5.2.3. Oferta Hídrica.....	100
5.2.3.1. Dotación de agua potable.....	101
5.2.3.1.1. Gasto Medio Diario.....	101
5.2.3.1.2. Gasto Máximo Diario.....	102
5.2.3.1.3. Gasto Máximo Horario	103
5.2.3.1.4. Caudal de Incendios.....	104
5.2.4. Demanda Insatisfecha	104
5.3. ANÁLISIS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EXISTENTE PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA.....	106
5.3.1. Análisis de la planta de potabilización de la parroquia Urcuquí.....	106
5.3.2. Análisis de la planta de potabilización parroquia San Blas.....	112
5.3.3. Desinfección.....	114
5.4. PREDISEÑO DE LAS UNIDADES DE POTABILIZACIÓN.....	115
5.4.1. Prediseño de la captación (tanque recolector).....	116
5.4.1.1. Altura y fondo del tanque recolector o tanque de captación.....	117
5.4.1.2. Dimensionamiento de las paredes	122
5.4.1.3. Dimensionamiento de la canastilla	123
5.4.1.4. Válvula de cierre.....	125
5.4.1.5. Válvula de purga o desagüe	126
5.4.1.6. Ventosa	127
5.4.2. Prediseño de los tanques rompe -presión	130
5.4.2.1. Dimensionamiento de los tanques rompe – presión.....	136
5.4.2.1.1. Altura y fondo de los tanques rompe – presión.	136
5.4.2.1.2. Dimensionamiento de las paredes	140
5.4.2.1.3. Dimensionamiento de la canastilla	141
5.4.2.1.4. Válvula de cierre.....	142
5.4.2.1.5. Válvula de purga o desagüe.....	143

5.4.2.1.6. Ventosa	144
5.4.3. Prediseño del sistema de tratamiento	147
5.4.4. Otras consideraciones para el prediseño.....	148
5.5. PRESUPUESTO GENERAL	149
5.6. FICHA AMBIENTAL DEL PROYECTO.	151
CAPITULO VI.....	163
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	163
6.1. CONCLUSIONES.....	163
6.2. RECOMENDACIONES	165
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	167
ANEXOS	172
ANEXO No 1. Límites Máximos Permisibles: TULSMA	173
ANEXO No 2. Requisitos para Agua Potable Norma INEN.....	179
ANEXO No 3. Definiciones Norma INEN	182
ANEXO No 4. Modelo de encuestas	185
ANEXO No 5. Valoración de la calidad del agua en función de diversos parámetros: gráficas.....	189
ANEXO No 6. Fotografías	197
ANEXO No 7. Mapa de muestreo	208
ANEXO No 8. Diseño de tanque recolector	210
ANEXO No 9. Diseño de tanque rompe – presión	212
ANEXO No 10. Plantas de potabilización existentes.....	214
ANEXO No 11. Recomendaciones para las plantas de potabilización existentes.	217
ANEXO No 12. Perfil de la conducción existente.	219

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2. 1 Ciclo del agua	6
FIGURA 3. 1 División parroquial del cantón San Miguel de Urcuquí.....	11
FIGURA 3. 2 Localización de la Universidad del Conocimiento Yachay	15
FIGURA 4. 1 Determinación de la ecuación de crecimiento poblacional de la parroquia Urcuquí.....	42
FIGURA 4. 2 Determinación de la ecuación de crecimiento poblacional de la parroquia San Blas.....	43
FIGURA 4. 3 Crecimiento de la población de la parroquia Urcuquí.	45
FIGURA 4. 4 Crecimiento de la población de la parroquia San Blas.....	45
FIGURA 5. 1 Resultados análisis color verdadero por punto de muestreo.	57
FIGURA 5. 2 Resultados análisis pH por punto de muestreo.....	58
FIGURA 5. 3 Resultados análisis turbidez por punto de muestreo.	59
FIGURA 5. 4 Resultados análisis conductividad por punto de muestreo.	60
FIGURA 5. 5 Resultados análisis sólidos totales por punto de muestreo.	61
FIGURA 5. 6 Resultados análisis sólidos suspendidos por punto de muestreo... ..	61
FIGURA 5. 7 Resultados análisis sólidos disueltos por punto de muestreo.....	62
FIGURA 5. 8 Resultados análisis cloruros por punto de muestreo.	63
FIGURA 5. 9 Resultados análisis DBO por punto de muestreo.	64
FIGURA 5. 10 Resultados análisis dureza total por punto de muestreo.	65
FIGURA 5. 11 Resultados análisis calcio por punto de muestreo.....	66
FIGURA 5. 12 Resultados análisis fosfatos por punto de muestreo.....	67
FIGURA 5. 13 Resultados análisis fluoruros por punto de muestreo.	68
FIGURA 5. 14 Resultados análisis hierro soluble por punto de muestreo.....	69
FIGURA 5. 15 Resultados análisis manganeso por punto de muestreo.	70
FIGURA 5. 16 Resultados análisis nitratos por punto de muestreo.	71
FIGURA 5. 17 Resultados análisis nitritos por punto de muestreo.....	72
FIGURA 5. 18 Resultados análisis alcalinidad por punto de muestreo.	72

FIGURA 5. 19 Resultados análisis bicarbonatos por punto de muestreo.....	73
FIGURA 5. 20 Resultados análisis potasio por punto de muestreo.....	74
FIGURA 5. 21 Resultados análisis coliformes totales por punto de muestreo. ..	75
FIGURA 5. 22 Resultados análisis coliformes fecales por punto de muestreo....	76
FIGURA 5. 23 Población encuestada en la parroquia Urcuquí	79
FIGURA 5. 24 Población encuestada en la parroquia San Blas.....	80
FIGURA 5. 25 Tipos de vivienda de la población de la parroquia Urcuquí.....	81
FIGURA 5. 26 Tipos de vivienda de la población de la parroquia San Blas.....	81
FIGURA 5. 27 Número de pisos de viviendas de la población de la parroquia Urcuquí.....	82
FIGURA 5. 28 Número de pisos de viviendas de la población de la parroquia San Blas	82
FIGURA 5. 29 Número de personas por vivienda de la población de la parroquia Urcuquí.....	83
FIGURA 5. 30 Número de personas por vivienda de la población de la parroquia San Blas.....	84
FIGURA 5. 31 Servicios existentes en viviendas de la población de la parroquia Urcuquí.....	85
FIGURA 5. 32 Servicios existentes en viviendas de la población de la parroquia San Blas.....	85
FIGURA 5. 33 Nivel de educación de la población de la parroquia Urcuquí.	86
FIGURA 5. 34 Nivel de educación de la población de la parroquia San Blas.	86
FIGURA 5. 35 Ingreso mensual de la población de la parroquia Urcuquí.	87
FIGURA 5. 36 Ingreso mensual de la población de la parroquia San Blas.	87
FIGURA 5. 37 Ocupación de los pobladores de la parroquia Urcuquí.	88
FIGURA 5. 38 Ocupación de los pobladores de la parroquia San Blas.	89
FIGURA 5. 39 Procedencia principal de agua recibida en la parroquia Urcuquí. .	90
FIGURA 5. 40 Procedencia principal de agua recibida en la parroquia San Blas.	90
FIGURA 5. 41 Cantidad de agua que dota a la población de Urcuquí.	91
FIGURA 5. 42 Cantidad de agua que dota a la población de San Blas.	91
FIGURA 5. 43 Pago por el agua de consumo de la parroquia Urcuquí.....	92
FIGURA 5. 44 Pago por el agua de consumo de la parroquia San Blas.....	92

FIGURA 5. 45 Consideración de la población de Urcuquí sobre el costo de servicio de agua.	93
FIGURA 5. 46 Consideración de la población de San Blas sobre el costo de servicio de agua.	94
FIGURA 5. 47 Ponderación del servicio de agua potable que recibe la población de Urcuquí.	95
FIGURA 5. 48 Ponderación del servicio de agua potable que recibe la población de San Blas.	95
FIGURA 5. 49 Consideración de la población sobre la implementación de un nuevo sistema de abastecimiento de agua potable para la parroquia de Urcuquí.	96
FIGURA 5. 50 Consideración de la población sobre la implementación de un nuevo sistema de abastecimiento de agua potable para la parroquia de San Blas.	96
FIGURA 5. 51 Disposición a pagar por la implementación de un nuevo sistema de abastecimiento de agua potable en la parroquia de Urcuquí.	97
FIGURA 5. 52 Disposición a pagar por la implementación de un nuevo sistema de abastecimiento de agua potable en la parroquia de San Blas.	98
FIGURA 5. 53 Esquema general de filtración.	109
FIGURA 5. 54 Esquema de las dimensiones del tanque recolector.	121
FIGURA 5. 55 Esquema del espesor de la pared del tanque recolector.	123
FIGURA 5. 56 Esquema de la canastilla del tanque recolector.	127
FIGURA 5. 57 Esquema de ubicación de la ventosa en el tanque recolector. ...	127
FIGURA 5. 58 Esquema de la conducción a presión, desde la captación hacia el primer tanque rompe – presión.	132
FIGURA 5. 59 Esquema de las dimensiones del tanque rompe – presión.	138
FIGURA 5. 60 Esquema de las dimensiones del espesor de las paredes del tanque rompe – presión.	140
FIGURA 7. 1 Valoración de la calidad del agua en función de coliformes fecales.	190
FIGURA 7. 2 Valoración de la calidad del agua en función de pH.	190
FIGURA 7. 3 Valoración de la calidad del agua en función de la DBO5.	191

FIGURA 7. 4 Valoración de la calidad del agua en función de nitratos.	191
FIGURA 7. 5 Valoración de la calidad del agua en función de fósforo.	192
FIGURA 7. 6 Valoración de la calidad del agua en función del cambio de temperatura.	192
FIGURA 7. 7 Valoración de la calidad del agua en función de la turbidez.	193
FIGURA 7. 8 Valoración de la calidad del agua en función del residuo total.	193
FIGURA 7. 9 Valoración de la calidad del agua en función del porcentaje de saturación del oxígeno disuelto.	194

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA 4. 1 Planta de tratamiento Urcuquí – Cloración.....	148
FOTOGRAFÍA 4. 2 Diseño del sistema de cloración - Planta de tratamiento Urcuquí.....	148
FOTOGRAFÍA 7. 1 Vertiente Alofitara punto de muestreo 1.....	198
FOTOGRAFÍA 7. 2 Vertiente Alofitara punto de muestreo 2.....	198
FOTOGRAFÍA 7. 3 Vertiente Alofitara punto de muestreo 3.....	199
FOTOGRAFÍA 7. 4 Tanque rompe – presión vertiente Alofitara.	199
FOTOGRAFÍA 7. 5 Tanque rompe – presión 2 vertiente Alofitara.	200
FOTOGRAFÍA 7. 6 Desarenadores vertiente Alofitara.....	200
FOTOGRAFÍA 7. 7 Barcaza vertiente Alofitara.	201
FOTOGRAFÍA 7. 8 Planta de tratamiento vertiente Alofitara.	201
FOTOGRAFÍA 7. 9 Planta de tratamiento vertiente Alofitara.	202
FOTOGRAFÍA 7. 10 Planta de tratamiento vertiente Alofitara.	202
FOTOGRAFÍA 7. 11 Planta de tratamiento vertiente Alofitara.	203
FOTOGRAFÍA 7. 12 Vertiente Conrayaro punto de muestreo.	204
FOTOGRAFÍA 7. 13 Tanque rompe presión vertiente Conrayaro.....	205
FOTOGRAFÍA 7. 14 Desarenador vertiente Conrayaro punto de muestreo.	205
FOTOGRAFÍA 7. 15 Sistema de tratamiento vertiente Conrayaro punto de muestreo.	206
FOTOGRAFÍA 7. 15 Sistema de tratamiento vertiente Conrayaro punto de muestreo.	207
FOTOGRAFÍA 7. 15 Tanque de reserva San Blas.....	207

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2. 1 Pesos relativos para cada parámetro del “ICA”	14
TABLA 2. 2 Clasificación del “ICA” propuesto por Brown.....	15
TABLA 2. 3 Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren desinfección.....	14
TABLA 4. 1 Niveles de confianza para el cálculo del tamaño de una muestra según el nivel de Gauss.....	38
TABLA 4. 2 Número de viviendas del cantón San Miguel de Urucuquí.....	39
TABLA 4. 3 Determinación del tamaño de la población en el tiempo de la parroquia Urucuquí.....	41
TABLA 4. 4 Determinación del tamaño de la población en el tiempo de la parroquia San Blas.....	42
TABLA 4. 5 Estimación de la población futura.	44
TABLA 4. 6 Ubicación de los puntos de muestreo.	47
TABLA 4. 7 Fecha de toma de muestras.	48
TABLA 5. 1 Parámetros físicos de las vertientes Conrayaro y Alofitara.....	50
TABLA 5. 2 Parámetros físicos de la captación y tratamiento de la vertiente Conrayaro.....	51
TABLA 5. 3 Parámetros físicos de la captación y tratamiento de la vertiente Alofitara.	51
TABLA 5. 4 Límites máximos permisibles.....	52
TABLA 5. 5 Parámetros químicos de las vertientes Conrayaro y Alofitara.....	52
TABLA 5. 6 Parámetros químicos de la captación y tratamiento de la vertiente Conrayaro.....	53
TABLA 5. 7 Parámetros químicos de la captación y tratamiento de la vertiente Alofitara.	54
TABLA 5. 8 Parámetros microbiológicos de las vertientes Conrayaro y Alofitara.	55
TABLA 5. 9 Parámetros microbiológicos de la captación y tratamiento de la vertiente Conrayaro.....	55

TABLA 5. 10 Parámetros microbiológicos de la captación y tratamiento de la vertiente Alofitara.	55
TABLA 5. 11 Codificación y proceso correspondiente en cada punto de muestreo.	56
TABLA 5. 12 Valores asignados a parámetros escogidos.	77
TABLA 5. 13 Resultado cálculo ICA-NSF	78
TABLA 5. 14 Número de personas encuestadas	79
TABLA 5. 15 Tipos de vivienda población encuestada.	80
TABLA 5. 16 Número de pisos de viviendas de la población encuestada.....	81
TABLA 5. 17 Número de personas por vivienda población encuestada.....	83
TABLA 5. 18 Servicios existentes en viviendas de la población encuestada	84
TABLA 5. 19 Nivel de educación de la población encuestada.	85
TABLA 5. 20 Ingreso mensual de la población encuestada	87
TABLA 5. 21 Ocupación de los pobladores de la población encuestada.	88
TABLA 5. 22 Procedencia principal de agua recibida en la población encuestada	89
TABLA 5. 23 Cantidad de agua que dota a la población en la población encuestada.....	90
TABLA 5. 24 Pago por el agua de consumo de la población encuestada.....	92
TABLA 5. 25 Consideración de la población encuestada sobre el costo de servicio de agua.	93
TABLA 5. 26 Ponderación del servicio de agua potable que recibe la población encuestada.....	94
TABLA 5. 27 Consideración sobre la implementación de un nuevo sistema de abastecimiento de agua potable para la población encuestada.....	95
TABLA 5. 28 Disposición a pagar por la implementación de un nuevo sistema de abastecimiento de agua potable.....	97
TABLA 5. 29 Proyección de la Demanda Insatisfecha parroquia Urcuquí.	104
TABLA 5. 30 Proyección de la Demanda Insatisfecha parroquia San Blas.....	105
TABLA 5. 31 Cálculo del diámetro de la tubería y velocidad del agua en la misma para las vertinetes de Alofitara y Conrayaro.....	121
TABLA 5. 32 Cálculo de las dimensiones del tanque recolector para las vertinetes de Alofitara y Conrayaro.....	122

TABLA 5. 33 Cálculo del espesor de las paredes del tanque de recolección para las vertientes de Alofitara y Conrayaro.....	123
TABLA 5. 34 Cálculo del número de ranuras de la canastilla para el tanque de recolección para las vertientes de Alofitara y Conrayaro.	125
TABLA 5. 35 Cálculo del diámetro de las válvulas de cierre del tanque de recolección para las vertientes de Alofitara y Conrayaro.	125
TABLA 5. 36 Cálculo del diámetro de la tubería de purga o desagüe.....	127
TABLA 5. 37 Cálculo de las dimensiones del tanque de recolección para las vertientes de Alofitara y Conrayaro.	130
TABLA 5. 38 Datos de cotas inicial y final vertientes Alofitara y Conrayaro.....	134
TABLA 5. 39 Cálculo de diámetros a utilizar en cada tramo.	135
TABLA 5. 40 Cálculo de velocidad de agua por la tubería en cada tramo.	139
TABLA 5. 41 Cálculo de volumen, área y lados del tanque rompe – presión.....	139
TABLA 5. 42 Cálculo del espesor de las paredes del tanque rompe – presión	140
TABLA 5. 43 Cálculo del número de ranuras de la canastilla del tanque rompe – presión.	142
TABLA 5. 44 Cálculo del diámetro de las válvulas de cierre del tanque rompe – presión.	142
TABLA 5. 45 Cálculo del diámetro de la tubería de purga o desagüe.....	143
TABLA 5. 46 Cálculo de las dimensiones del tanque rompe – presión.	146
TABLA 5. 47 Presupuesto general del proyecto.....	146
TABLA 7. 1 Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren desinfección.....	174
TABLA 7. 2 Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieran desinfección.....	176
TABLA 7. 3 Requisitos fisicoquímicos del agua potable.	180
TABLA 7. 4 Requisitos Microbiológicos.....	181
TABLA 7. 5 Factores para corregir la presión parcial y la saturación relativa de gases a diferentes alturas.	195
TABLA 7. 6 Solubilidad de oxígeno en función de la temperatura y la salinidad.	196

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 2. 1 Constitución de la República del Ecuador	16
CUADRO 2. 2 Leyes y Reglamentos que norman el funcionamiento del sector..	18
CUADRO 4. 1 Principales fuentes de información.	46
CUADRO 4. 2 Parámetros de análisis.	49
CUADRO 5. 1 Características del medio de soporte.....	109
CUADRO 5. 2 Velocidad de filtración de acuerdo con el número de procesos preliminares.....	111

RESUMEN

El presente proyecto de investigación trata sobre el prediseño de un sistema de potabilización de aguas provenientes de las vertientes Alofitara y Conrayaro para el abastecimiento de agua potable a las parroquias de San Blas y Urcuquí, pertenecientes al cantón San Miguel de Urcuquí, provincia de Imbabura.

El proceso de la investigación se basó en el estudio socioeconómico de la población de las parroquias de San Blas y Urcuquí, mediante la elaboración de encuestas, además de la caracterización física, química y microbiológica del agua, la misma que se efectuó mediante muestreo simple, empleando envases de plástico y frascos estériles conjuntamente con Tiosulfato de Sodio como preservante para inhibir la acción del Cloro Libre Residual y poder llevar a cabo el análisis microbiológico de Coliformes Totales y Fecales. Los ensayos y cálculos analíticos fueron realizados en el Laboratorio de Docencia de Ingeniería Ambiental (LDIA) y en el Centro de Investigaciones y Control Ambiental (CICAM) pertenecientes a la Escuela Politécnica Nacional; basando el procedimiento de los análisis en la Norma APHA-AWWA-WPCF.

Como resultado de la caracterización del agua en algunos de los diferentes puntos de muestreo, se obtuvieron valores que superaban el límite máximo permisible establecido en la Normativa Nacional Vigente (TULSMA, Libro VI Anexo I, TABLA 2. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieran desinfección.), los cuales corresponden a los parámetros de Color verdadero, Manganeso, DBO y Sólidos Totales Disueltos.

Actualmente el municipio del cantón Urcuquí abastece del recurso agua a las poblaciones de San Blas y Urcuquí, sin embargo, se presentan constantemente quejas del poblado argumentando la mala calidad del mismo, en base a frecuentes infecciones estomacales debido a la posible presencia de patógenos, a más de presentar mal agrado para el paladar de los pobladores.

La propuesta planteada describe las operaciones unitarias necesarias para el tratamiento de agua, como solución a los distintos problemas que interfieren de manera negativa en la calidad de la misma, como la elevada presencia de material en suspensión debido esencialmente al contacto directo entre la vegetación y el cauce natural de la vertiente de agua, a más de la contaminación generada por la práctica ganadera existente en la zona e incluso contaminación debida al agua pluvial; mediante el prediseño de unidades de captación y conducción del agua para mantener las condiciones naturales del recurso hídrico, a más de la mejora en los procesos de potabilización empleados actualmente como sedimentación y filtración; que permitan eliminar la presencia de sólidos o impurezas presentes en el agua, a más de microorganismos patógenos, mejorando las condiciones del proceso y reduciendo al máximo los recursos para dar cumplimiento a lo establecido en la Norma Técnica para Agua Potable NTE INEN 1108:2011.

ABSTRACT

This research project deals the pre-design of a water purification system from the rivers Conrayaro and Alofitara, to supply drinking water to the parishes of San Blas and Urcuquí which belong to the canton San Miguel Urcuquí in the Imbabura province.

The research process is based on socio-economic study of the population by developing surveys, in addition of the characterization of physical, chemical and microbiological of water. This process was performed by single sampling, using sterile plastic containers and bottles together with sodium thiosulfate as a preservative to inhibit the action of Free Residual Chlorine so we can perform microbiological analysis of total and fecal coliforms.

The tests and analytical calculations were performed at the Laboratory of Environmental Engineering and the Center for Research and Environmental Control (CICAM) from the National Polytechnic School; basing the analysis procedure in the standard APHA-AWWA-WPCF.

As a result of the characterization of water in some of different sampling points, were obtained values above the current national regulations (TULSMA, Book VI of Annex I, Table 2. Maximum permissible limits for water for human consumption were obtained and domestic use requiring only disinfection.), which correspond to the parameters of True Color, Manganese, Biochemical Oxygen Demand and Total Dissolved Solids.

Currently the municipality of the canton Urcuquí supplies water to the parishes of San Blas and Urcuquí, however, complaints of residents have constantly arguing the poor quality of it, based on frequent stomach infections due to the possible presence of pathogens; also present evil pleasure of the people who consume the water.

The proposal presented describes the unit operations necessary to treat water as a solution to the various problems that interfere negatively on the quality of it, as the high presence of suspended material essentially due to direct contact between the vegetation and the natural channel shed water over pollution from livestock existing in the area and even pollution from storm water; by predesign units capture and conveyance of water to maintain natural conditions of water resources over improved treatment processes currently employed as sedimentation and filtration; needed to eliminate the presence of solids or impurities present in the water, likewise, improving the process conditions and minimizing the resources to comply with the provisions of the Technical Standard for Drinking Water NTE INEN 1108: 2011.

PRESENTACIÓN

La estructura del presente proyecto se menciona a continuación:

Dentro del capítulo 1 “Aspectos Generales”, se muestra la introducción al estudio, sus objetivos y justificación.

En el capítulo 2 “Marco Teórico” y 3 “Área de estudio” se incluye la descripción del área de estudio, es decir, antecedentes y situación actual de las parroquias San Blas y Urcuquí, además del fundamento teórico para la realización del proyecto; se brinda información acerca del agua y temas relacionados, también se describe los índices de calidad del agua, redes de monitoreo y la Legislación Ambiental aplicable a este campo.

El proceso de la investigación de campo realizada, se detalla en el capítulo 4 “Metodología”, donde se describe la situación socio – económica de la población, se describe también el proceso para la toma de muestras y se especifica el lineamiento base del presente proyecto.

En el capítulo 5 “Resultados” se plasma el desarrollo de la metodología para el cálculo de la demanda y oferta hídrica, se muestra los resultados de los análisis de los parámetros analizados tanto físicos, químicos y microbiológicos, además se presenta el cálculo del índice de calidad del agua para las distintas vertientes analizadas; también se muestran todos los cálculos hidráulicos necesarios para la realización del prediseño del sistema de agua potable y se describe el presupuesto general en caso de implementación del prediseño propuesto además de la ficha ambiental del mismo.

Por último en el Capítulo 6 “Conclusiones y recomendaciones”, se verifica el cumplimiento de los objetivos planteados, así como se dan recomendaciones para la mejora del abastecimiento de agua potable a la población.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. INTRODUCCIÓN

Ecuador es uno de los países que posee las mayores reservas de agua en América del Sur; así, el cantón Urcuquí, perteneciente a la provincia de Imbabura, ubicado en la Sierra Norte del Ecuador; a más de encontrarse rodeado de vistosas montañas, goza de múltiples recursos hídricos. (GAD Municipal de San Miguel de Urcuquí, 2014).

Sin embargo, algunas de las comunidades que conforman el cantón, presentan algunos inconvenientes respecto al uso de dichos recursos, evidenciándose en la falta de provisión de agua potable a ciertos sectores de la población y en el deterioro de la calidad de la misma por acción antrópica, trayendo consigo consecuencias perjudiciales en la salud de las personas, afectando la calidad del agua; por tal razón, por medio de la Normativa Nacional Vigente se ha establecido que las mayores exigencias en lo referente a la calidad del agua se centren en su aplicación para el consumo humano, es así, que para cumplir con lo establecido, se busca implementar tecnologías de bajo costo y alta operatividad para obtener agua que posea características adecuadas conforme al uso que se le pretende dar.

Una de las medidas que pueden mejorar la problemática existente respecto a la baja calidad del agua, se encuentra en el tratamiento de aguas mediante las operaciones de potabilización, como sedimentación, aireación, cloración, entre otras, las cuales buscan eliminar o reducir la contaminación que se encuentre en las aguas destinadas para el consumo humano.

Es así que surge la importancia del manejo de este recurso a través de procesos de tratamiento, debido a su aporte a la economía, al desarrollo social y al

mejoramiento de la calidad de vida, estableciendo así, un compromiso ambiental mediante la disminución de la contaminación del mismo.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general

Prediseñar de una planta de potabilización de agua para consumo humano mediante evaluación de la calidad del agua de las vertientes Alofitara y Conrayaro de la quebrada Huarmiyacú del Cantón San Miguel de Urucuquí, provincia de Imbabura.

1.2.2. Objetivos específicos

- Recolectar y analizar la información disponible relativa al estado de la calidad del recurso hídrico.
- Seleccionar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos relevantes para evaluar la calidad del recurso hídrico así como la concentración de la carga contaminante en base a la Normativa Nacional Vigente.
- Realizar los cálculos de ingeniería para el prediseño del sistema de tratamiento de potabilización del agua en las vertientes Alofitara y Conrayaro de la quebrada Huarmiyacú.
- Brindar una opción de suministro confiable de agua potable para las parroquias de San Blas y Urucuquí.

1.3. ALCANCE

El presente trabajo busca prediseñar el sistema de captación, conducción y tratamiento del agua destinada para consumo de las parroquias San Blas y

Urcuquí pertenecientes al cantón San Miguel de Urcuquí, a través del análisis de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua; además de la evaluación de las unidades de tratamiento actualmente existentes, tomando medidas oportunas y necesarias para disminuir la contaminación del recurso agua debido a que el actual sistema de potabilización existente presenta varios defectos en su diseño a más de que es obsoleto, para ello se considerará prioritariamente los resultados de los análisis de calidad del agua obtenidos (TULSMA 2010).

Una vez realizado el prediseño, se realizara un presupuesto general del mismo para evaluar la viabilidad en el caso de su ejecución además se realizará una ficha ambiental del proyecto con el fin de evaluar si se generaría impactos ambientales en el caso de implementar dicho prediseño.

1.4. JUSTIFICACIÓN

En el cantón Urcuquí más del 90% de la población se dedica a actividades agrícolas y ganaderas; la municipalidad del cantón provee a sus habitantes de agua para sus diferentes usos, como: agrícola, pecuario, recreativo, industrial, transporte, estético, y en especial para consumo humano (GAD. Municipal de San Miguel de Urcuquí, 2014).

Actualmente, San Miguel de Urcuquí cuenta con una planta de tratamiento primario de potabilización de agua que consiste en un proceso de cloración, la cual abastece al 32% de la población, de un total de 15.888 habitantes del cantón según el último censo de población y vivienda. (INEC, 2010). Se prevé un crecimiento poblacional debido al desarrollo del proyecto Ciudad del Conocimiento "YACHAY" el mismo que se basa en una estructura de renovación integral a través de talento humano especializado, industria de alta tecnología, servicios públicos y privados. Yachay abarca un espacio total de 4.489 hectáreas proyectándose como el primer concentrador del conocimiento en América Latina. (Yachay, Ciudad del Conocimiento, 2014)

La importancia de la creación de la Ciudad del Conocimiento Yachay radica en que se convertirá en un centro de desarrollo en Latinoamérica, puesto que promueve la investigación, desarrollo e innovación entre el Estado, institutos de investigación, sector empresarial, y otros; para maximizar el potencial crecimiento económico del Ecuador. (Yachay, Ciudad del Conocimiento, 2014)

Una inadecuada provisión de agua y servicios de saneamiento, sin control de calidad, puede generar a los pobladores del cantón enfermedades, incremento de la tasa de mortalidad y morbilidad, problemas en el desarrollo correcto de los niños.

Por lo tanto, es necesario proponer nuevas alternativas sobre el manejo del recurso hídrico, atendiendo principalmente al de consumo humano, prediseñando un adecuado sistema de captación, conducción y tratamiento; analizando el estado actual de las diferentes unidades en funcionamiento.

De este modo, el presente estudio es una propuesta de un sistema de tratamiento adecuado del agua el cual permitirá eliminar la posible presencia de compuestos patógenos o elementos que atenten contra la salud pública, impulsando al desarrollo del cantón y mejorando la calidad de vida de la población.

CAPÍTULO II

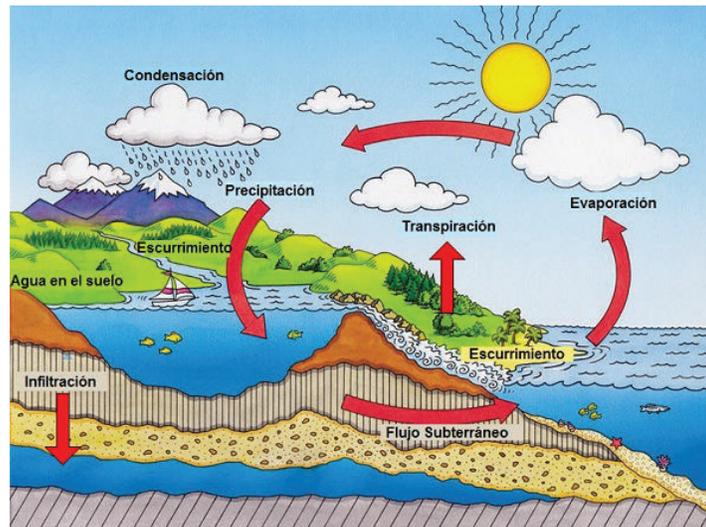
MARCO TEÓRICO

2.1. EL AGUA

El agua es un recurso natural renovable, fundamental para los seres vivos, empleada como disolvente para transportar, combinar y descomponer químicamente sustancias, siendo la única sustancia que en condiciones normales existe en los tres estados de la materia.

El ciclo del agua se produce esencialmente cuando el agua cae a la tierra en forma de lluvia la cual puede tener varios destinos, fluye por la superficie terrestre creando lagos, ríos y lagunas, está en constante movimiento de acuerdo a la topografía del lugar por donde pasa; de esta manera, el agua sigue el trayecto de los suelos, quebradas, declives. De aquí el agua se eleva a la atmósfera, es decir, con la transpiración de la misma por las plantas, árboles y demás vegetación que habitan los bosques y la evaporación del agua del suelo y de los ríos que forman la cuenca hidrográfica. El agua restante se infiltra, penetrando al interior del suelo; esta agua infiltrada puede volver a la atmósfera por evapotranspiración o profundizarse hasta alcanzar las capas freáticas, el escurrimiento subterráneo se da a través de medios porosos, ocurre con gran lentitud y sigue alimentando los cursos de agua mucho después de haber terminado la precipitación que le dio origen. Tanto el escurrimiento superficial como el subterráneo van a alimentar los cursos de agua que desaguan en lagos y en océanos. (Proyecto Ley que establece el Canon del Recurso Hídrico Perú, 2011)

FIGURA 2. 1 Ciclo del agua



Fuente: Marcano. J., Elementos de Ecología

2.1.1. Características físico – químicas.

Como se conoce el agua pura es un líquido inodoro e insípido. Su punto de congelación es de 0 °C y su punto de ebullición de 100 °C. Alcanza su densidad máxima a una temperatura de 4 °C y se expande al congelarse, esto a condiciones estándar (temperatura de 0 °C (ó 273,15 K) y a una presión de 1 atm).

Entre otras de sus propiedades, por mencionar las más importantes, se tiene que el agua es uno de los agentes ionizantes más conocidos. Puesto que todas las sustancias son de alguna manera solubles en agua, se le conoce frecuentemente como el disolvente universal. Además, el agua se combina con ciertas sales para formar hidratos, reacciona con los óxidos de los metales formando ácidos y actúa como catalizador en muchas reacciones químicas importantes. Así mismo, se considera que el agua es un líquido casi incompresible, debido a su estructura compacta y a los puentes de hidrógeno mantienen sus moléculas fuertemente unidas. (Proyecto Ley que establece el Canon del Recurso Hídrico Perú, 2011)

2.1.2. Fuentes de agua

Las principales fuentes de agua para el consumo humano y animal son los lagos, ríos, humedad del suelo y las cuencas de agua subterráneas relativamente poco profundas (Shiklomanov, 1999). Sin embargo, la distancia es un factor que afecta su disponibilidad y por ende dificulta su abastecimiento ya que como se conoce el agua en el planeta se encuentra distribuida en forma desproporcional a la población.

Como se mencionó en el párrafo anterior, existen diferentes fuentes de agua y cada una de ellas requieren tratamientos diferentes para hacerla apta para el uso humano, entre las principales se encuentran: (Henry & Heinke, Ingeniería Ambiental, 1999, pág. 392-395).

- Aguas subterráneas: son aquellas que se han filtrado desde la superficie de la tierra hacia abajo por los poros del suelo. Las formaciones del suelo y roca que se han saturado de líquido se conocen como depósitos de agua subterránea o acuíferos. Estas fuentes de agua son las más apropiadas, por lo que no son tan susceptibles a la contaminación como las aguas de la superficie.
- Aguas superficiales: las de ríos y lagos son fuentes importantes de abastecimiento de aguas públicas en virtud de las altas tasas de extracción que soportan normalmente.
- Aguas de mar: está disponible en cantidad casi ilimitada, se puede transformar en agua dulce por diversos procesos. No obstante, los costos de conversión son quizás de dos a cinco veces más altos que los del tratamiento del agua dulce.

2.1.3. Importancia

El agua que existe en la tierra es necesaria para poder realizar diversas actividades; por ejemplo para la producción de alimentos, crecimiento de plantas, cría de animales, el buen vivir del hombre, etc., pero, sólo el 3% del agua que hay en el mundo es apta para el consumo humano. (Contreras *et al.*, 2008).

La disponibilidad del agua apta para el consumo, la preparación de alimentos, higiene personal, etc., además de la producción de energía es esencial para garantizar la salud y el bienestar de los seres humanos. Es así, que se necesita agua para desintoxicar el cuerpo humano y mantener constante su temperatura. Por eso, aunque un ser humano puede vivir por más de dos semanas sin comer, puede sobrevivir solamente tres o cuatro días sin tomar agua.

Es necesario estar conscientes de que a pesar de la época actual, todavía hay centros poblados que no tienen acceso al agua potable, por lo cual, sus habitantes presentan una serie de problemas de subsistencia y progreso, pues, como se ha señalado, el agua es sustancial para poder mantener una vida saludable, higiénica y placentera. (Contreras *et al.*, 2008).

Sin embargo, debido a los problemas de contaminación, se considera que el agua es asimismo un importante vehículo de transmisión de muchas enfermedades que han afectado a los seres humanos durante siglos ya que el agua al estar contaminada sirve como hábitat a los agentes patógenos o a los huéspedes intermediarios, en los cuales ciertos parásitos pasan parte de su ciclo de vida. (Contreras *et al.*, 2008).

Las enfermedades vinculadas con la falta de higiene se caracterizan por la escasez o la inaccesibilidad del agua, sin importar donde ocurra esto, hay siempre una alta incidencia de enfermedades cutáneas, oculares, entre otras (López, 2003).

Debido a la importancia del agua es necesario conocer la manera de conservarla, pues, la escasez de la misma cada día es más frecuente y se va incrementando. Es por ello que se requiere empezar a tomar conciencia sobre la importancia que tiene el agua para todos los seres vivos; pues, somos justamente nosotros quienes generamos todas las acciones que promueven la disminución y la contaminación del agua, enfrentamos la urgencia de lograr su conservación y por ende debemos evitar o postergar cada día más el alto riesgo de no contar con ella. (Contreras, *et al.*, 2008)

2.1.4. Contaminantes del agua

Se considera que el agua pura es un recurso renovable y por ende se puede restaurar por procesos naturales a una velocidad superior a la del consumo por los seres humanos, a pesar de ello, refiriéndonos al agua que procede de los ríos, lagos y quebradas, se puede decir, que es objeto de una severa contaminación especialmente por actividades humanas lo que dificulta su restauración. Entre las principales sustancias que contaminan el agua se encuentran (Heising Klas, 2009):

- Agentes patógenos.- Bacterias, virus, protozoarios, parásitos que entran al agua proveniente de desechos orgánicos.
- Sustancias químicas inorgánicas.- Ácidos, compuestos de metales tóxicos (Mercurio, Plomo), envenenan el agua.
- Los nutrientes vegetales pueden ocasionar el fenómeno de eutrofización del agua debido al crecimiento excesivo de plantas acuáticas que después mueren y se descomponen, agotando el oxígeno del agua.
- Sustancias químicas orgánicas.- Petróleo, plásticos, plaguicidas, detergentes.
- Sedimentos o materia suspendida.- Partículas insolubles de suelo.
- Las sustancias radiactivas pueden causar defectos congénitos y cáncer.
- El calor debido a ingresos de agua caliente que disminuyen el contenido de oxígeno y hace a los organismos acuáticos vulnerables.

2.1.5. Purificación del agua

En base a lo propuesto anteriormente y para aseverar el acceso al agua segura, es necesario seguir procesos para purificar la misma de acuerdo a las características que esta posea; dentro de los principales procesos se tienen los procesos de criba y sedimentación, los mismos que ayudan a eliminar los materiales suspendidos ya sean orgánicos y/o inorgánicos. Otro método es el tratamiento con ciertos compuestos, como el carbón activado, que eliminan los sabores y olores desagradables. Del mismo modo se puede purificar el agua por filtración, por cloración o irradiación que matan los microorganismos infecciosos.

(CAHESA S.A.) El presente proyecto se enfocará en el proceso de potabilización del agua.

2.1.6. Agua de consumo humano

2.1.6.1. Agua potable

Se entiende por agua potable al agua cuyas características físicas, químicas y microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano, esto implica la necesidad de someter al agua a una serie de procesos u operaciones unitarias para purificarla a fin de que pueda ser utilizada para dicho fin. (Arboleda, 2000)

En este marco, se entiende por potabilización del agua al proceso que se lleva a cabo para la eliminación de compuestos volátiles seguida de la precipitación de impurezas con floculantes, filtración y desinfección con cloro.

2.1.6.2. Calidad del agua

Se considera que el agua es de buena calidad cuando esta es salubre y limpia, es decir, cuando no contiene microorganismos patógenos ni contaminantes a niveles capaces de afectar adversamente la salud de quienes la consumen.

Para lograr que el agua presente las características que le confieren el estado de buena calidad se la debe someter previamente a controles sanitarios y procesos de potabilización, así, para corroborar que la calidad del agua tratada sea buena, en nuestro país, se debe mantener las características dentro de ciertos límites que viabilizan determinado uso. Estos límites constituyen las normas legales de la calidad de agua. (López, 2002)

2.1.6.3. Indicadores físico – químicos y microbiológicos.

Mediante la evaluación de los indicadores físicos, químicos y biológicos del agua ya sea en forma individual o en forma grupal se puede valorar la calidad de los diferentes tipos de agua, puesto que, por medio de la evaluación de los parámetros físico – químicos se puede obtener una amplia información acerca de la naturaleza de las propiedades físicas del agua así como de las especies químicas que la conforman; los indicadores biológicos permiten conocer acerca de la influencia en la vida acuática de los distintos organismos que habitan en ella, por tal razón, es necesario evaluar ambos indicadores para obtener una completa evaluación del recurso hídrico (Orozco, *et al.*, 2005).

Es por ello que para el análisis de calidad del agua para consumo, los principales indicadores que se deben considerar se muestran a continuación:

Tomado de Arboleda, 2000:

1. Físicas: - clara (turbiedad)
 - sabor agradable
 - fresca (< 15 °C).
2. Químicas: - no corrosiva
 - no tóxica, sin sustancias indeseables
 - que contenga sustancias útiles al organismo
3. Microbiológicas: - No tenga organismos patógenos
4. Sustancias deseables: Iodo (en pequeñas cantidades), flúor (en límites recomendables), cloruros (en lugares calientes para contrarrestar la deshidratación).

2.1.7. Índices de calidad del agua

Un índice de calidad de agua es una expresión simple, resultado de la combinación de un número o ponderación asignado a varios parámetros, los cuales definen la aptitud del cuerpo de agua respecto a los usos que el mismo podría tener, es decir, como una medida de la calidad del agua. El índice puede ser representado por un número, un rango, una descripción verbal, un símbolo o un color.

La ventaja de utilizar índices de calidad del agua radica en que la información obtenida en los monitoreos puede comunicarse y ser interpretada con mayor facilidad. Los usuarios pueden rápidamente tener una idea clara de la situación que presenta el agua ya que el índice expresa el grado de contaminación del tipo de agua analizado, la cual puede ser excesiva, media o inexistente, entre otras, de fácil comprensión y abstracción. (López, 2002)

2.1.7.1. Clasificación de los índices de calidad del agua.

Por facilidad de comprensión, y de acuerdo con Ball and Church, (1980), los índices de calidad de agua pueden organizarse en 10 categorías dentro de 4 grupos. Las categorías están orientadas de acuerdo con su uso.

Primer grupo: aplica a tensores e incluye dos categorías:

- Los indicadores en la fuente: los cuales reportan la calidad del agua, generada por tensores en fuentes discretas.
- Los indicadores en un punto diferente a la fuente: reportan la calidad del agua generada por fuentes difusas.

Segundo grupo: mide la Capacidad de Estrés e incluye 4 categorías:

- Medidas simples como indicadores: incluyen muchos atributos y componentes individuales del agua, que pueden ser usados como indicadores de su calidad.
- Los indicadores basados en criterios o estándares: correlacionan las medidas de calidad de agua con los niveles estándar o normales que han sido determinados para la preservación y usos adecuados del agua.
- Índices Multiparámetro: son determinados por las opiniones colectivas o individuales de expertos.
- Índices Multiparámetro Empíricos: son establecidos por el uso de las propiedades estadísticas de las mediciones de calidad del agua.

Tercer grupo: incluye la categoría única de indicadores para lagos, específicamente desarrollados para este tipo de sistemas.

Cuarto grupo: sobre las consecuencias: Incluye 4 categorías:

- Indicadores de la vida acuática: basados en las diferentes relaciones de tolerancia de la biota acuática a varios contaminantes y condiciones.
- Indicadores del uso del agua: evalúan la compatibilidad del agua con usos como, abastecimiento y agricultura.
- Indicadores basados en la percepción: los cuales se determinan por las opiniones del público y los usos de los cuerpos de agua.

2.1.7.2. Usos de los índices

Los índices se usan para informar sobre la calidad del agua, clasificándose, según Ott (1978) en:

1. Manejo del recurso: Proveen información necesaria para la toma de decisiones sobre las prioridades del recurso.
2. Clasificación de áreas: Comparar diferentes áreas geográficas respecto al estado del recurso.
3. Aplicación de normatividad: Comparar con los límites normativos y las políticas existentes.
4. Análisis de la tendencia: Verificar en un periodo de tiempo, si la calidad ambiental está mejorando o deteriorándose.
5. Información pública: Utilidad en acciones de concientización y educación ambiental.
6. Investigación científica: Sintetizar los datos para analizarlos fácilmente y obtener una visión de los fenómenos medioambientales.

2.1.7.3. Estimación del índice de calidad de agua “ICA-NSF”

A continuación se presenta la base conceptual y la estimación para ICA-NSF. El cual se va a utilizar en el desarrollo del presente proyecto.

- **ICA-NSF** es utilizado para supervisar la calidad de los ríos a través del tiempo y comparar aguas de abastecimiento (Ott, 1978; Brown *et al.*, 1970). Para su desarrollo se realizan tres pasos:
 1. Se seleccionan las variables de contaminación, en este caso las de mayor importancia son: coliformes fecales, pH, DBO₅, SDT, NO₃-N, fosfatos, temperatura, oxígeno disuelto y turbidez. (Ott, 1978; Brown *et al.*, 1970).
 2. Se asignan los pesos de importancia del parámetro (wi) correspondientes a los factores de contaminación en aguas de acuerdo al uso del agua e importancia de los parámetros en relación al riesgo que implique el aumento o disminución de su concentración.
 3. Con esta última etapa se construyen niveles de calidad de agua en un rango de 0 a 100, los mismos que se pueden observar en el **Anexo 5**. Los pesos de los diversos parámetros para consumo se indican en la **Tabla 3.1**. (Ott, 1978; Brown *et al.*, 1970)

TABLA 2. 1 Pesos relativos para cada parámetro del “ICA”

Parámetro	wi
Coliformes fecales	0,15
pH	0,12
DBO ₅	0,10
Nitratos	0,10
Fosfatos	0,10
Temperatura	0,10
Turbidez	0,08
Sólidos disueltos totales	0,08
Oxígeno disuelto	0,17
Σ	1

Fuente: Ott, 1978; Brown *et al.*, 1970
Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

Para calcular el Índice de Brown se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$ICA = \sum_{i=1}^9 (Subi \times wi) \quad (3.1)$$

donde,

wi: Pesos relativos asignados a cada parámetro (Subi), y ponderados entre 0 y 1, de tal forma que se cumpla que la sumatoria sea igual a uno.

Subi: Subíndice del parámetro i.

De acuerdo al valor obtenido en el cálculo del índice de Brown, existen diferentes categorías respecto a la calidad del agua, las cuales se encuentran en la **Tabla 2.2**.

TABLA 2. 2 Clasificación del “ICA” propuesto por Brown.

CALIDAD DE AGUA	COLOR	VALOR
Excelente		91 a 100
Buena		71 a 90
Regular		51 a 70
Mala		26 a 50
Pésima		0 a 25

Fuente: Comisión Nacional del Agua, 1999.

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

2.2. LEGISLACIÓN AMBIENTAL APLICABLE

El Marco Jurídico comprende el conjunto de normas que establecen y regulan los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano. Dentro de estas normas se encuentran:

- Constitución de la República del Ecuador.
- Leyes y Reglamentos de la República del Ecuador que regulan el sector en los aspectos de salud humana y ambiente.
- Normas ambientales vinculadas con el sector.

2.2.1. Constitución de la República del Ecuador

La Constitución de la República del Ecuador, publicada en el Registro Oficial No. 449 del 20 de octubre del 2008, trata de manera muy amplia la temática ambiental entre ella el recurso agua como eje fundamental para el logro del “Buen Vivir” (Sumak Kawsay), como se aprecia en los **cuadros 2.1. y 2.2:**

CUADRO 2. 1 Constitución de la República del Ecuador.

REFERENCIA	TEXTO
TÍTULO II: DERECHOS CAPÍTULO II: DERECHOS DEL BUEN VIVIR SECCIÓN PRIMERA: AGUA Y ALIMENTACION	Art. 12: El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.
TÍTULO II: DERECHOS CAPÍTULO II: DERECHOS DEL BUEN VIVIR SECCIÓN SEGUNDA: AMBIENTE SANO	Art. 14: Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay.
TÍTULO II: DERECHOS CAPÍTULO II: DERECHOS DEL BUEN VIVIR SECCIÓN SEPTIMA: SALUD	Art. 32: La salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir.

CUADRO 2.1 CONTINUACIÓN

<p>TÍTULO VI: REGIMEN DE DESARROLLO</p> <p>CAPÍTULO I: PRINCIPIOS GENERALES</p>	<p>Art. 276: El régimen de desarrollo tendrá los siguientes objetivos:</p> <p>4. Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural.</p>
<p>TÍTULO VII: REGIMEN DEL BUEN VIVIR</p> <p>CAPÍTULO II: BIODIVERSIDAD Y RECURSOS NATURALES</p> <p>SECCION SEXTA: AGUA</p>	<p>Art. 411: El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.</p> <p>Art. 412: La autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control. Esta autoridad cooperará y se coordinará con la que tenga a su cargo la gestión ambiental para garantizar el manejo del agua con un enfoque ecosistémico.</p>

Fuente: Constitución de la República del Ecuador, 2008

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

CUADRO 2. 2 Leyes y Reglamentos que norman el funcionamiento del sector.

LEY	OBJETIVOS	ARTÍCULOS PERTINENTES Y APLICABLES AL SECTOR
Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización	Dotar sistemas de agua potable.	<p>Art. 55: Competencias exclusivas del gobierno autónomo descentralizado municipal.- Los gobiernos autónomos descentralizados municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley:</p> <p>Literal d): Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley.</p>
Ley de Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua.	Esta ley establece sanciones y multas a quienes infrinjan sus disposiciones o regulaciones que están relacionadas con el deterioro de la calidad de agua.	<p>Registro Oficial 305 de 06 de Agosto del 2014.</p> <p>Las disposiciones de la Ley de Aguas regulan el aprovechamiento de las aguas marítimas, superficiales, subterráneas y atmosféricas del territorio nacional, en todos sus estados físicos y formas.</p>

CUADRO 2.2. CONTINUACIÓN

<p>Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria</p>	<p>Libro VI del TULSMA tienen como objeto el preservar la salud de los habitantes, la calidad del aire ambiente, el bienestar de los ecosistemas y del ambiente en general, además la calidad del recurso agua, recursos suelo, ruido ambiente, manejo de desechos sólidos no peligrosos. Esta norma es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental.</p> <p>Establece y regula las Reglamentaciones del Sistema Único de Manejo Ambiental</p>	<p>Ver: Decreto Ejecutivo No 3516, publicado en el R. O. Edición Especial No 2 del 31 de marzo del 2003</p> <p>-Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes</p>
--	---	---

Fuente: TULSMA

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

2.2.2. Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (TULSMA)

El Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria presenta una serie de parámetros para normar y regular la calidad del agua de consumo humano, y para las diferentes actividades que involucran la utilización del recurso. Este cuerpo legal contempla parámetros físicos, químicos, bacteriológicos que norman las características del agua a ser captada y los requisitos de los efluentes a ser descargados. Sus disposiciones respecto a los servicios de agua y saneamiento básico.

En el Libro VI, Anexo I se presenta la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: recurso agua. El objetivo principal de dicha norma es proteger la calidad del recurso agua, para salvaguardar y preservar la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general. En

la misma, entre otros se establecen los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos y los métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua. (Ver tabla completa **Anexo 1**)

A continuación, en la **Tabla 2.3** se presentan los parámetros a utilizar en el desarrollo del presente proyecto.

TABLA 2.3 Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieran desinfección.

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Color	color real	Unidades de color	20
Coliformes Totales	nmp/100 ml		50*
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	250
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	2
Dureza	CaCO3	mg/l	500
Fluoruros	F	mg/l	Menor a 1,4
Hierro (total)	Fe	mg/l	0,3
Manganeso (total)	Mn	mg/l	0,1
Nitrato	N-Nitrato	mg/l	10,0
Nitrito	N-Nitrito	mg/l	1,0
Oxígeno disuelto	O.D	mg/l	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6 mg/l
Potencial de Hidrógeno	pH		6-9
Sulfatos	SO4 ⁼	mg/l	250
Sólidos disueltos totales		mg/l	500
Temperatura	°C		Condición Natural +/- 3 grados
Turbiedad		UTN	10

Fuente: Texto Unificado de Legislación Secundaria, Libro VI, Anexo I
Adaptado por: Mancheno G., Ramos C.

2.2.3. Norma Técnica Ecuatoriana - Agua Potable (INEN 1108: 2011)

2.2.3.1. Requisitos específicos

El agua potable debe cumplir con los requisitos que se detallan en el **Anexo 2** del presente proyecto, además para comprender algunos términos estipulados en la Normativa Nacional Vigente se adjunta también en el **Anexo 3** del presente proyecto, las definiciones correspondientes a los mismos.

2.2.4. Marco Institucional vigente GAD Municipal Urcuquí.

En cuanto al servicio de agua potable, el GAD Municipal Urcuquí, se rige a la Ordenanza Municipal para el Servicio de Agua Potable del Cantón Urcuquí; en la cual se declara que el agua potable del cantón es de uso público, facultando a los pobladores su aprovechamiento con sujeción a las prescripciones de la presente Ordenanza, estableciendo además la forma y el valor de pago de la misma. Sin embargo, en cuanto a la calidad del recurso hídrico, no se sujetan a ninguna regulación establecida debido a que no se llevan a cabo planes de evaluación y control de la calidad del agua.

2.3. REDES DE MONITOREO

2.3.1. Definición de redes de monitoreo

En términos generales el monitoreo ha sido definido como la observación continua del medio ambiente con métodos estandarizados (UNESCO, WHO. 1978).

Es así, que una red de monitoreo de agua consiste en un programa de supervisión continua diseñado científicamente de continua supervisión con el fin de realizar observaciones, mediciones, muestreo y análisis de variables ya sean físicas, químicas y/o biológicas para poder examinar diversas características de la misma para un determinado propósito. (Ramírez, F. 2007)

Entre los diferentes propósitos que se establecen para efectuar un sistema de monitoreo se encuentran:

- Identificar las propiedades físicas, químicas y biológicas del sistema de aguas.
- Definir el estado, en cantidad y calidad de las aguas subterráneas.
- Identificar los efectos de los procesos naturales y los impactos humanos en la calidad del agua destinada para consumo.
- Pronosticar a largo plazo las tendencias en cantidad y calidad de las aguas.

- Definir medidas a ser adoptadas para desarrollar un adecuado manejo del recurso.

2.3.2. Definición de criterios para diseño de red de monitoreo.

2.3.2.1. Calidad del agua.

La calidad del agua que debe ser abastecida a la población para su consumo debe ser caracterizada de la forma más completa posible, para conocer: el tipo de fuente, las características físico-químicas, organolépticas y microbiológicas tanto en periodo seco como en periodos de lluvia, y así poder identificar el tipo de tratamiento que el agua necesita para seleccionar: los procesos de potabilización adecuados, el procedimiento de muestreo para el control de calidad, la protección que se debe suministrar a este recurso, entre otros aspectos, como por ejemplo, considerar que los procedimientos para llevar a cabo los mismos se encuentren acorde con los métodos estándar reconocidos nacional e internacionalmente. (Cano y Escobar, 2011)

Además, se debe considerar de antemano, si el recurso hídrico es susceptible de contaminación, para seleccionar los parámetros de mayor importancia al momento de realizar el análisis de calidad del agua y los métodos de recopilación de muestras.

2.3.2.2. Usos del agua

Se refiere al seguimiento que se le va a dar al recurso hídrico a más de considerar el uso que se le da actualmente y se le dará en el futuro al agua, esto permitirá conocer si existe alguna fuente de contaminación al recurso y si se cumplen con los límites máximos permisibles establecidos en la normativa vigente, todo este proceso se realiza a través del muestreo y toma de datos de campo durante intervalos de tiempo definidos para obtener la información que permita evaluar

dichos los parámetros de calidad. Para el presente caso, es necesario conocer además, que los distintos usos del agua corresponden a uso recreativo, industrial, agrícola para preservación de flora fauna, para transporte, estético, pecuario o para consumo y uso doméstico; también se deberá tomar en cuenta su uso como captaciones o descargas hidroeléctricas, riego o abastecimiento público. (UNEP7WHO7UNESCO7WMO, 1992)

2.3.2.3. Criterios secundarios

Estos criterios se emplean esencialmente para facilitar la toma de decisiones por parte de las autoridades y los organismos de control.

2.3.2.3.1. Recursos económicos

Es fundamental contar con suficiente capital económico para dar seguimiento a la calidad del recurso hídrico, así como para poder implementar, operar y mantener las unidades de potabilización del agua, puesto que se requiere contar con: suficiente personal para las diferentes actividades a realizar, transporte adecuado para instrumentos y materiales para la toma de muestras, su respectivo traslado a laboratorios, limpieza y mantenimiento de las unidades de tratamiento del agua y tanques de reserva de la misma. (MDSMA, 1999)

2.3.2.3.2. Distancias a caminos y laboratorios

Este es un factor muy importante a considerar, puesto que de la distancia desde los puntos muestreados hacia el laboratorio (para el caso de análisis que no se puedan realizar en campo) va a influir en el manejo de las muestras, costos de traslado y formas de preservación de las mismas, así como también, el estado de las vías de acceso, influirán en los tiempos de desplazamiento al dificultar o a su vez facilitar la accesibilidad al lugar de destino. (Cano y Escobar, 2011)

2.3.3. Sistemas de Información Geográfica (SIG) en el diseño de redes de monitoreo.

Coppock y otros autores (2006), describen a los SIG como programas computacionales que permiten integrar, analizar gran cantidad de información y tienen la capacidad de manejar información que está referida geográficamente; de esta manera se puede conocer cualquier atributo de un determinado sitio sobre la superficie de la Tierra. (Gómez y Barredo, 2006)

Al estar referidos geográficamente, estos atributos pueden ser valorizados de manera ponderada además, los SIG, al tener información de manera digital, se pueden actualizar constantemente, presentando una ventaja frente a los mapas tradicionales.

La importancia de los SIG radica en su utilidad para la toma de decisiones, teniendo en cuenta grandes extensiones terrestres, para el monitoreo, mantenimiento y la planeación de los servicios en las ciudades, o definición de áreas para implantar medidas de control, para disminuir los efectos negativos del uso de los recursos, etc (EPA, 2011).

CAPÍTULO III

ÁREA DE ESTUDIO

3.1. GENERALIDADES

3.1.1. Antecedentes

3.1.1.1. *Cantón Urcuquí*

La realización del presente proyecto se desarrolla en el cantón San Miguel de Urcuquí, el cual se creó el 9 de febrero de 1984, dedicándose la población principalmente a actividades agrícolas; sin embargo, para este último año se contempla un desarrollo urbanístico debido a la creación de la Ciudad del Conocimiento “Yachay”. Esta nueva institución de educación superior, está enfocada en transformar el sistema universitario actual brindando apoyo al desarrollo de la investigación, innovación y producción tecnológica para promover la incorporación de los profesionales en el mercado laboral. Por este motivo, se prevé la afluencia de ciudadanos de distintos sectores del país, docentes, estudiantes nacionales, extranjeros y familias enteras al cantón (Yachay, Ciudad del Conocimiento, 2014).

La Asamblea Nacional Constituyente de 1967 aprobó en primer debate el proyecto de cantonización de Urcuquí, encontrándose este integrado por las parroquias: Urcuquí (parroquia urbana), San Blas, Tumbabiro, Pablo Arenas, Cahuasquí y La Merced de Buenos Aires. (Tomado del Plan Cantonal de Urcuquí, 2006).

Este cantón se encuentra ubicado al Noroccidente de la provincia, a 19 kilómetros de la ciudad de Ibarra; con una superficie de 778,8 kilómetros cuadrados. El cantón se encuentra limitado de la siguiente manera:

- Norte: Por la parroquia Salinas y la provincia de Esmeraldas.
- Sur: Por las parroquias de Imbaya, Chaltura y Atuntaqui del cantón Antonio Ante, y la parroquia de Imantág del cantón Cotacachi.
- Este: Por la reserva ecológica Cotacachi – Cayapas, y
- Oeste: Por el cantón Ibarra.

FIGURA 3. 1 División parroquial del cantón San Miguel de Urcuquí



Fuente: SENPLADES, 2011. Escala 1:50000

Según el último censo de Población y Vivienda realizado en el año 2010, el número total de habitantes del cantón San Miguel de Urcuquí es de 15.888. La población del cantón está mayoritariamente en el sector rural, contando así, con un 33,22% de su población en el sector urbano y el 68,72% restante en el sector rural. (INEC, 2010)

El cantón San Miguel de Urcuquí, se encuentra conformado por los siguientes barrios y comunidades:

- Barrios: Central, La Plaza Vieja, El Naranjo, San Ignacio, Santa Rosa, Las Mercedes, La Recoleta, San Nicolás, El Rosario, Las Cuatro Esquinas, El Mercado, Ciudadela Municipal, Nueve de Febrero, Los Arupos, Sindicato de Choferes.

- Comunidades: Coñaqui, San Rafael, Cualta, El Chamanal, El Puente, San Andrés, San Vicente, Tapiapamba, San Antonio, San José, Las Parcelas, Armastola, Cochapata, Azaya, Pigunchuela, El Bosque.

Adicionalmente, en el cantón San Miguel de Urququí existe una potencial riqueza cultural y diversidad étnica con un patrimonio cultural rico tanto tangible como intangible. Sin embargo, la provincia de Imbabura ocupa el séptimo lugar en el Índice de Pobreza Humana; el 33% de la población no satisface sus necesidades básicas y en la zona rural, sólo el 10% de la población lo consigue. (Agenda 21 Imbabura, 2010).

Dentro de este contexto, en lo que respecta a la satisfacción de necesidades básicas entorno al servicio de agua para consumo de las parroquias del cantón objeto de estudio, el GAD Municipal de Urququí toma principalmente el agua proveniente de la vertiente Conrayaro ubicada a una altura de 2.948 msnm con una caída de aproximadamente de 25 m de altura con un caudal estimado de 14,21 L/s y de la vertiente y Alofitara con un caudal estimado de 15,67 L/s. (GAD Municipal San Miguel de Urququí, 2014)

3.1.1.2. Parroquia San Blas

San Blas, es una parroquia rural perteneciente al cantón Urququí de la provincia de Imbabura localizada a 4 km de la cabecera cantonal y a 32 Km de la capital provincial, fue fundada el 1 de diciembre de 1946 y cuenta con una superficie de 75,28 Km². (Plan de Desarrollo Estratégico San Blas, 2014)

3.1.1.2.1. Ubicación

San Blas limita al norte con las parroquias rurales de Cahuasquí, Pablo Arenas, Tumbabiro y Urququí del mismo cantón; al sur con la parroquia rural de Imantág del cantón Cotacachi, al oriente la parroquia urbana de Urququí y al occidente con la parroquia rural de Imantág del cantón Cotacachi.

3.1.1.2.2. Clima

Posee una variedad de climas como el frío, templado y subtropical, lo que favorece a sus habitantes para que puedan desarrollar sus principales actividades como la agricultura y ganadería.

3.1.1.2.3. Temperatura

La temperatura oscila entre 13,90°C y 16,64°C.

3.1.1.2.4. Altitud

De acuerdo a su topografía, se encuentra entre 2.226 msnm y 2.718 msnm.

3.1.1.2.5. Hidrografía

La Parroquia de San Blas presenta cinco quebradas y tres ríos. Desde el sur occidente se unen la quebrada Pucará y Taruga Potrero para formar el río Gualvi, este río se une al río Huarmiyacú para formar el Río Cariyacu el cual va a desembocar en el río Ambi.

La parroquia se encuentra ubicada en la red hidrográfica de las microcuencas del Cariyacu y Huarmiyacú, donde goza de un clima templado.

3.1.1.3. Parroquia Urcuquí

La parroquia Urcuquí es la única parroquia urbana y cabecera cantonal de San Miguel de Urcuquí. Fue decretada como tal el 21 de junio de 1941 como parte del cantón Ibarra. Cuenta con una superficie aproximadamente de 56,62 Km².

3.1.1.3.1. Ubicación

Se encuentra situada al noroeste de Ibarra. Sus límites son: Al norte con la parroquia de Salinas del cantón Ibarra; al Sur con las parroquias de Imbaya,

Chaltura y Atuntaqui del cantón Antonio Ante, y la parroquia de Imantág del cantón Cotacachi; al Oriente con la parroquia rural de San Blas del cantón Urcuquí y al Occidente con el cantón Ibarra.

3.1.1.3.2. Población

Según el censo del 2010 realizado por el INEC, la parroquia tiene 4.970 habitantes. Urcuquí siendo la cabecera cantonal, es el centro de mayor movimiento comercial, agrícola y artesanal del cantón.

3.1.1.3.3. Altitud

Se encuentra a una altura entre los 1.600 msnm y los 3.180 msnm, que le da un favorable clima, para el aprovechamiento de sus recursos naturales.

3.1.1.3.4. Hidrografía

En la parte occidental de la cabecera parroquial se encuentra la quebrada de Pisangacho mientras que en la parte oriental se encuentran las quebradas de San Rafael y Coñaquí.

3.1.1.3.5. Clima y temperatura

Semejante a la parroquia San Blas, posee una variedad de climas como el frío, templado y subtropical. La temperatura de la misma manera, oscila entre 13,90°C y 16,64°C.

3.1.2. Situación actual

Como se mencionó, alrededor de las parroquias San Blas y Urcuquí, existen pequeñas quebradas, producto de fuentes naturales que riegan la zona, por las precipitaciones que se producen en el área.

La principal fuente de abastecimiento de agua proviene de la vertiente subterránea denominada Conrayaro y Alofitara; las comunidades disponen de un sistema de agua conformado por los procesos de captación, conducción y almacenamiento en donde se realizan controles de cloración para el consumo humano. (Plan de Desarrollo Económico Cantonal Urcuquí, 2014)

Según el GAD Municipal de Urcuquí, las características del agua son de buena calidad aunque en época lluviosa el agua de las captaciones adquiere turbiedad, sin que esto afecte a la cantidad de agua requerida para la población aún en época de estiaje.

De igual forma, actualmente el proyecto Ciudad del Conocimiento “YACHAY” se construye en el cantón San Miguel de Urcuquí, en un área de 4.489 hectáreas, con lo cual además de un crecimiento relativamente acelerado de la densidad poblacional, es necesario redefinir la cantidad de agua para consumo requerida por la población y su calidad para brindar un adecuado servicio a sus habitantes.

El proyecto Ciudad del Conocimiento Yachay constará con 46 residencias (33 restauradas y 13 nuevas) para los alumnos; 14 casas para maestros PHD; 14 aulas, con una capacidad mínima de 15 alumnos y máxima de 25 estudiantes; entre otras, en el presente año inicio con 187 personas entre estudiantes y docentes; sin embargo, se pretende aumentar a un número de 500 personas entre estudiantes y docentes por año (Yachay, Ciudad del Conocimiento, 2014)

Para el año 2034, en la “ciudad Yachay” se prevé una población de alrededor de 10000 habitantes con lo cual en base a normas del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria (CEPIS, 2014) se requiere una dotación de agua de 40 – 50l/hab/día.

FIGURA 3. 2 Localización de la Universidad del Conocimiento Yachay.



Fuente: Ciudad Yachay, 2014.

3.1.3. Diagnóstico de las estructuras existentes de la vertiente Alofitara.

Las imágenes de las estructuras encontradas se pueden observar en el **Anexo 5**.

3.1.3.1. Estructura de la Captación

Consiste en un cajón recolector. El agua se capta en forma directa sin ninguna compuerta y obras de defensa, además de que el cajón no se encontraba en muy buen estado. Se pudo observar alrededor de la vertiente la existencia de mucha vegetación, lo cual afecta a la calidad del agua que se está captando ya que al estar en contacto con la misma aumenta la concentración de sólidos en el agua a más de la turbidez.

3.1.3.2. Desarenadores

Después de la captación, el agua se conduce lateralmente a tres cajas desarenadoras cerradas con dimensiones aproximadas de: 2,50 m. de largo x 1,50 m. de ancho y 1,80 m. de profundidad, cada una de estas contiene una válvula de compuerta en hierro fundido para realizar el mantenimiento.

3.1.3.3. Pre-sedimentadores

Consiste en una serie de 6 tanques en forma de L conectados entre sí por tuberías de PVC de 6 pulgadas de diámetro, el primer tanque funciona como un recolector de entrada a presión de la unión de los puntos 1, 2 y 3 de la vertiente Alofitara. Se pudo observar claramente que se encuentran funcionando en mal estado, puesto que al analizar las muestras tomadas en dichos tanques se concluyó que la calidad del agua disminuye considerablemente. El pre-sedimentador tiene una dimensión de 5 m. de largo con 1,20 m. de ancho y una profundidad de 2,50 m.

3.1.3.4. Barcaza

Existe además un sedimentador construido recientemente con una dimensión de 5,00 m. de largo, 1,50 m. de ancho y 1,20 m. de profundidad. Alrededor de éste se pudo observar la presencia de ganado con lo cual se considera que la presencia de reses representa un punto de contaminación para el agua, puesto que el mismo es una estructura abierta en toda su extensión y se encuentra construido relativamente a ras del suelo. Además, en este punto se analizó la calidad del agua y se comprobó que en función de la calidad del agua de las vertientes como tal, esta disminuye.

3.1.3.5. Tanque rompe - presión

Se pudieron observar 3 cajas rompe - presión, con una superficie de un metro al cuadrado, las cuales contienen una válvula de compuerta en hierro fundido para realizar el mantenimiento; sin embargo, en uno de los tanques la compuerta se encuentra rota y en mal estado. Además, en caso de lluvia la cubierta vegetal residual (hojarasca y suelo), pueden ingresar al cuerpo de agua.

3.1.3.6. Válvulas de aire

Entre la captación y la segunda caja rompe – presión existen ocho válvulas de aire, protegidos con tubos PVC y en muros de concreto.

3.1.4. Diagnóstico de las estructuras existentes de la vertiente Conrayaro.

Las imágenes de las estructuras encontradas se pueden observar en el **Anexo 6**.

3.1.4.1. Estructura de la Captación

Al igual que en la vertiente Alofitara, la captación se realiza por medio de un cajón recolector en forma directa sin compuerta ni obras de defensa. Se pudo observar también que alrededor de la vertiente existe mucha vegetación la misma que afecta negativamente a la calidad del agua de la misma.

3.1.4.2. Pre – sedimentador

Después de la captación, el agua se conduce a un pre – sedimentador con dimensiones aproximadas de: 8 m. de largo x 1,50 m. de ancho y 1,80 m. de profundidad, dentro del cual se pudo observar varillas de hierro oxidadas además de la presencia de hongos por la falta de mantenimiento.

3.1.5. Análisis de las plantas de potabilización existentes.

Una vez realizada la visita de reconocimiento, se encontró que tanto la parroquia de Urcuquí como San Blas, cuentan con una planta de potabilización cada una, las mismas que están compuestas por una estructura de ingreso de caudal, un sedimentador de flujo horizontal, dos filtros lentos ascendentes para la planta de la parroquia Urcuquí, un filtro lento descendente para la parroquia San Blas y la reserva en dos compartimentos con un volumen total de 633m³ para la parroquia Urcuquí, mientras que para la parroquia San Blas la reserva cuenta con un volumen de 174m³.

A continuación se analizará más a detalle cada una de las plantas de potabilización para evaluar su prediseño. En el **Anexo 10.**, se puede observar las plantas de potabilización de cada parroquia.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1. METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE REDES DE MONITOREO.

Según la Guía de Prácticas Hidrológicas no existe una metodología estándar para el diseño de una red de monitoreo, sin embargo, se puede desarrollar en base a las actividades que se pretendan realizar, como por ejemplo: (OMM, 2011)

- Delimitación del área de monitoreo.
- Selección de las estaciones de muestreo.
- Determinación de la frecuencia de muestreo y selección de variables a ser analizadas. Dentro de ello se debe determinar que variables se van a analizar en campo y cuales se van a llevar a cabo por medio de procedimientos analíticos de laboratorio.
- Manipulación, procesamiento y evaluación de los datos.

4.1.1. Procedimiento de sistema de muestreo.

4.1.1.1. Selección de los puntos de toma de muestras.

La ubicación de los puntos de tomas de muestras, se determinan aleatoriamente en diferentes puntos de la vertiente de tal manera que se presente un estudio representativo de la calidad de agua destinada para consumo de la población del cantón.

4.1.1.2. Precauciones de seguridad

- ✓ Utilizar guantes durante el muestreo.
- ✓ Utilizar ropa adecuada para las condiciones en el área de muestreo.
- ✓ Contar con los materiales y equipos adecuados para realización del muestreo.

4.1.1.3. Materiales

- ✓ Paquetes de gel – hielo
- ✓ Guantes de nitrilo
- ✓ Enfriador
- ✓ Marcador
- ✓ Envases plásticos
- ✓ Envases seriados esterilizados

4.1.1.4. Previsiones

- ✓ Abrir los envases seriados esterilizados (microbiológicos) justo en el momento de proceder a tomar la muestra de agua tratada.
- ✓ El interior del envase no debe tener contacto por ningún motivo con los dedos de la persona que procede a realizar la toma de muestra.
- ✓ El tiempo entre recolección y análisis de la muestra no deberá exceder de las 24 horas.

4.1.1.5. Procedimiento de toma de muestras.

Según la Norma Técnica Ecuatoriana INEN el muestreo para el análisis bacteriológico, físico, químico debe realizarse de acuerdo a los Métodos Normalizados para el agua potable y residual (Standard Methods).

A continuación se describe el procedimiento utilizado en la realización de las tomas de muestras para el respectivo análisis del agua.

4.1.1.5.1. Análisis de parámetros físico – químicos.

El muestreo debe realizarse cuidadosamente evitando que se contamine el envase, se requiere homogenizar el recipiente con el agua a muestrear, para lo cual se recoge un poco del agua, se cierra el envase y se agita fuertemente, luego proceder a desechar el agua; se efectúa esta operación dos o tres veces, procediendo enseguida a tomar la muestra con un volumen de 1L.

4.1.1.5.2. Análisis microbiológico.

Abrir el envase seriado esterilizado, evitando contaminarlo y proceder a tomar la muestra sin pérdida de tiempo. Se debe dejar el espacio libre requerido para la agitación de la muestra previa al análisis (aproximadamente 10% del volumen del frasco).

4.1.1.6. Manejo de muestras.

Las muestras recolectadas se colocan en el enfriador con paquetes de gel y/o hielo para su transporte al laboratorio, de preferencia a una temperatura entre los 4 y 10°C, cuidando de que no se congelen.

Al momento que ingresan las muestras al laboratorio se realiza el análisis bacteriológico, los parámetros físico – químicos son analizados en un periodo máximo de tres días.

4.1.1.7. Interpretación de análisis de aguas.

La interpretación del análisis consiste en determinar en primer lugar si las concentraciones de los parámetros de la muestra (pH, color, turbiedad, temperatura, alcalinidad total (alcalinidad a la Fenolftaleína y alcalinidad al Anaranjado de Metilo), dureza total, calcio, magnesio, hierro, manganeso, flúor CO₂, sulfatos, cloruros, nitratos, nitritos, sólidos totales, NMP (número más probable) de coliformes; están dentro de las normas establecidas para agua de una fuente de abastecimiento. De ser así, se aceptará la fuente para

abastecimiento y luego se compararán los resultados de este análisis con las normas de calidad de agua potable, estableciendo, así, la necesidad de eliminar o modificar la presencia de determinadas sustancias para conseguir agua potable mediante procesos de potabilización adecuados en cada uno de los casos. (Arboleda, 2000).

4.2. CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA DE LA POBLACIÓN.

La opinión pública emitida y plasmada a través de las encuestas es un mecanismo de participación ciudadana, en el cual se evidencia el estado actual de la población respecto a sus bienes, servicios y necesidades básicas, que posee en conjunto o individualmente, a través de la aplicación de un grupo de observaciones necesarias; es por ello que para evidenciar el estado actual de la población y su disposición para la realización del presente proyecto, se empleó las encuestas como herramienta de investigación (ver **Anexo 4**); para lo cual, se debe primeramente definir la cantidad de personas que van a participar en dicho proceso, por ello, el muestreo requiere ser representativo, utilizando un número mínimo de encuestados, el mismo que es necesario para modelar la realidad de la población a través de la muestra estudiada, debido a que la misma nos proporciona información oportuna, eficiente y exacta, evitando así, recurrir a encuestar a toda la población. Seguidamente se requiere establecer el área o zona de estudio, en el cual se debe enlistar todos los miembros de la población, para luego seleccionar aleatoriamente el número de individuos requeridos, lo mismo que equivaldría a entrevistar a absolutamente toda la población, cumpliendo con el principio de que todos tienen la misma probabilidad de ser elegidos. (Malhotra, N. 2004)

4.2.1. Cálculo de la magnitud de la muestra poblacional.

El siguiente apartado referente al cálculo de la muestra se realizará en base a la bibliografía de Murray y Larry (2009), el cuál detalla que para ejecutar el muestreo, se requiere primeramente determinar el nivel de confianza (Z) con que se desea trabajar, este nivel de confianza se refiere al valor correspondiente a la distribución de Gauss, como se aprecia en la **Tabla 4.1.**, en la cual, si seleccionamos un porcentaje de certeza equivalente al 95%, para este caso el nivel de confianza según la distribución de Gauss corresponde a un valor de $z=1.96$ ó, $z=1.65$ para el 90% de confianza.

TABLA 4. 1 Niveles de confianza para el cálculo del tamaño de una muestra poblacional según el nivel de Gauss.

Certeza	95%	94%	93%	92%	91%	90%	80%	62.27%	50%
Z	1,96	1,88	1,81	1,75	1,69	1,65	1,28	1	0,6745
E	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,20	0,37	0,50

Fuente. Murray y Larry (2009)

Adaptado por: Mancheno G., Ramos C.

Seguidamente se debe establecer la probabilidad de ocurrencia del evento (p), que en este caso equivaldría a la realización de la encuesta, y también la probabilidad de que no se realice (q); considerando que la suma de ambos valores $p + q$ será siempre igual a 1; en la realización del presente trabajo existe ausencia de este dato informativo, sin embargo, según la bibliografía investigada, se sugiere que se asigne un valor de 0,5 a p y 0,5 a q .

Otro factor a considerarse en el cálculo de la muestra es el grado de error máximo aceptable, que puede ser presentado en los resultados de la investigación. Se sugiere que este valor corresponda a un máximo del 10%; ya que variaciones superiores al 10% reducen la validez de la información, es por ello que se asumirá un error máximo del 5%, puesto que a menor margen de error, existe una mayor confiabilidad. (Murray y Larry, 2009)

Una vez establecidos dichos valores y consideraciones, se procede a aplicar la fórmula del tamaño de la muestra de acuerdo con el tipo de población, correspondiendo en este caso la ecuación referida a población finita, pues se conoce con precisión el número de pobladores que posee cada parroquia objeto de estudio.

$$n = \frac{Z^2 p \times q \times N}{Ne^2 + Z^2 p \times q} \quad (4.1)$$

donde,

- N = Universo
- e = error de estimación.
- n = tamaño de la muestra
- Z = nivel de confianza.
- p = Probabilidad a favor.
- q = Probabilidad en contra.

Ejemplo de Cálculo:

De acuerdo al censo poblacional del 2010, la población del cantón San Miguel de Urucuquí registró un determinado número de viviendas por parroquia, como se indica en la **Tabla 4.2**:

TABLA 4. 2 Número de viviendas del cantón San Miguel de Urucuquí.

Parroquia	Total
San Blas	686
Urucuquí	3493

Fuente: GAD Municipal Urucuquí

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

1. Cálculo de población a muestrear en parroquia San Blas:

- n = número de encuestas
- e = 5% = 0,05

- $Z = 1,96$ (**Tabla 4.1.**, de distribución normal para el 95% de confiabilidad)
- $N = 2800$ (población total parroquia San Blas)
- $p = 0,8$
- $q = 0,2$

$$n = \frac{Z^2 p \times q \times N}{Ne^2 + Z^2 p \times q}$$

$$n = \frac{(1,96)^2 (0,5) \times (0,5) \times (686)}{(686)(0,05)^2 + (1,96)^2 (0,5) \times (0,5)}$$

$$n = 246,2 \approx 246 \text{ encuestas}$$

2. Cálculo de población a muestrear en parroquia Urcuquí:

- n = número de encuestas
- $e = 5\% = 0,05$
- $Z = 1,96$ (**Tabla 4.1.**, de distribución normal para el 95% de confiabilidad)
- $N = 3493$ (población total parroquia Urcuquí)
- $p = 0,50$
- $q = 0,50$

$$n = \frac{Z^2 p \times q \times N}{Ne^2 + Z^2 p \times q}$$

$$n = \frac{(1,96)^2 (0,5) \times (0,5) \times (3493)}{(3493)(0,05)^2 + (1,96)^2 (0,5) \times (0,5)}$$

$$n = 346,1 \approx 346 \text{ encuestas}$$

4.2.2. Proyección de la población de Urcuquí y San Blas.

Para la población del cantón San Miguel de Urcuquí, se estima un crecimiento poblacional tipo geométrico o exponencial debido a que la aplicación de este método supone que la población aumenta constantemente en una cifra

proporcional a su volumen cambiante, debido a que este está indicado para comunidades jóvenes con buenas perspectivas de futuro, horizontes libres y porvenir económico despejado; por lo que a continuación se detalla el cálculo de dicha proyección poblacional:

Se emplearán las siguientes fórmulas:

$$P_f = P_o \times (e)^{r \times \Delta t} \quad (4.2)$$

donde,

P_f = Población final

P_o = Población inicial

r = Tasa de crecimiento demográfico

Δt = Variación del tiempo

$$x = \ln P_i - \ln P_o \quad (4.3)$$

donde,

x = Variación logarítmica de la población

P_i = Población en un año determinado

A partir de las **Tablas 4.3. y 4.4.**, que se muestran a continuación, se elaborará la **Figura 4.1.**, en la cual, en el eje horizontal se coloca el valor de la variación logarítmica de la población determinada, y en el eje vertical el logaritmo natural de la población en los años que se tiene registro censal. Al ser el cantón San Miguel de Urcuquí, un cantón relativamente nuevo, sólo se posee información de tres años de registro censal.

TABLA 4. 3 Determinación del tamaño de la población en el tiempo de la parroquia Urcuquí.

Año	Población	lnPf	X
1990	3713	8,21959545	0
2001	4499	8,41161043	11
2010	5205	8,55737498	20

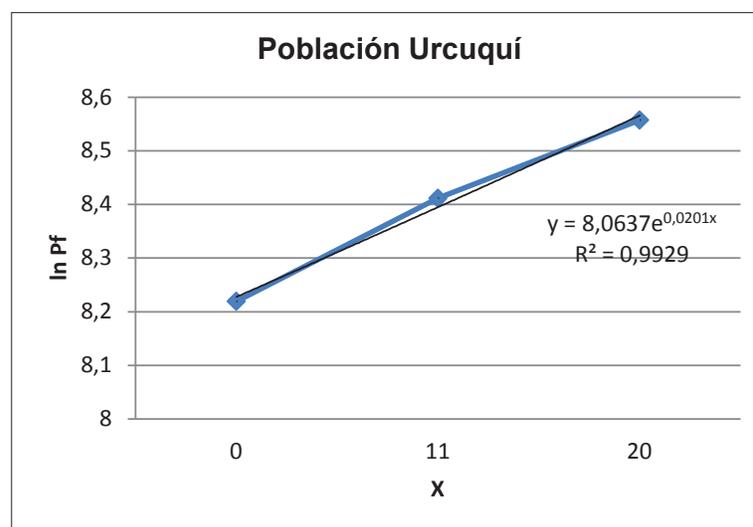
Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

TABLA 4. 4 Determinación del tamaño de la población en el tiempo de la parroquia San Blas.

Año	Población	InPf	X
1990	2570	7,85166118	0
2001	2800	7,9373747	11
2010	3015	8,01135511	20

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

FIGURA 4. 1 Determinación de la ecuación de crecimiento poblacional de la parroquia Urcuquí.



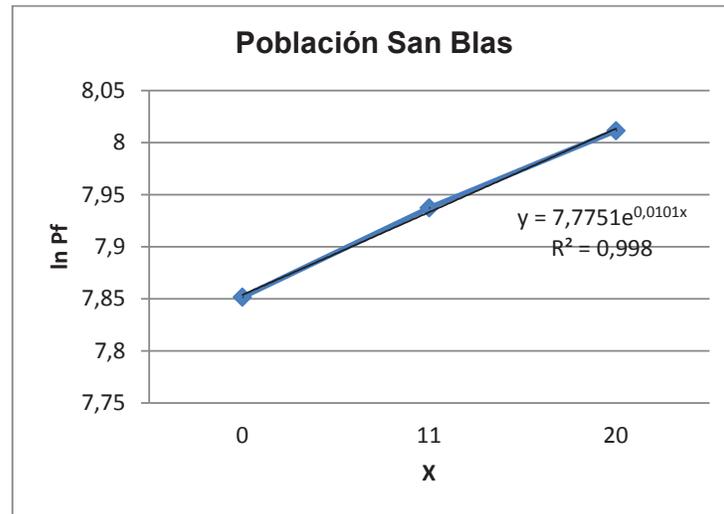
Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

La gráfica de la **Figura 4.1** tiene un coeficiente de correlación de 0,9929; esto indica que la gráfica tiene una aproximación de 99,3% o en su defecto un error del 0,7%. En base a los datos obtenidos, se puede decir que el modelo de proyección se acopla bastante bien a la realidad, considerándose como un modelo apropiado para la proyección de la población de la parroquia Urcuquí.

De la ecuación de la gráfica, se obtienen el dato de la tasa de crecimiento exponencial:

✓ Ecuación obtenida gráficamente: $y = 3713 e^{0,0201x}$

FIGURA 4. 2 Determinación de la ecuación de crecimiento poblacional de la parroquia San Blas.



Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

La gráfica de la **Figura 4.2** tiene un coeficiente de correlación de 0,998; esto indica que la gráfica tiene una aproximación de 99,9 % ó en su defecto un error del 0,1%. Tal como en el caso de la parroquia Urcuquí, al tener un error relativamente bajo, se puede decir que se acopla bastante bien para la proyección de la población de la parroquia San Blas.

De la ecuación de la gráfica, se obtienen el dato de la tasa de crecimiento exponencial:

✓ Ecuación obtenida gráficamente: $y = 2570 e^{0,0201x}$

Con estos valores se estima la población futura utilizando la fórmula $P_f = P_o \times (e)^{k \times \Delta t}$, y se realiza la **Tabla 4.5.**, con los datos de población proyectados a 20 años, el mismo que corresponderá a nuestro horizonte de diseño según el Reglamento Técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. (RAS, 2000)

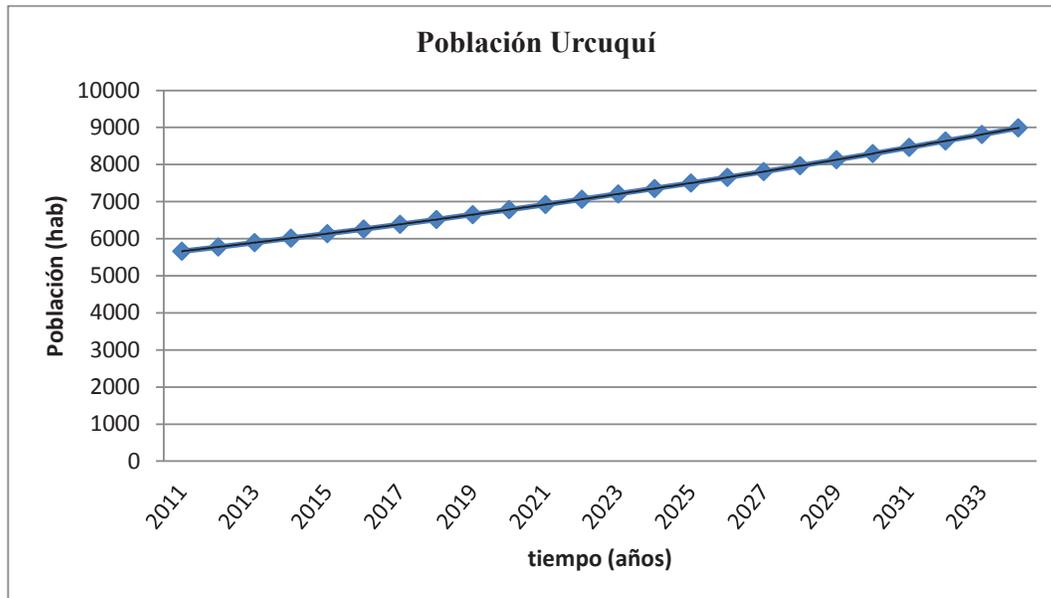
TABLA 4. 5 Estimación de la población futura.

Año	Población Urcuquí	Población San Blas
2011	5663	3177
2012	5778	3209
2013	5895	3242
2014	6015	3275
2015	6137	3308
2016	6262	3342
2017	6389	3376
2018	6518	3410
2019	6651	3445
2020	6786	3480
2021	6924	3515
2022	7064	3551
2023	7208	3587
2024	7354	3623
2025	7503	3660
2026	7656	3697
2027	7811	3734
2028	7970	3772
2029	8131	3811
2030	8297	3849
2031	8465	3888
2032	8637	3928
2033	8812	3968
2034	8991	4008

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

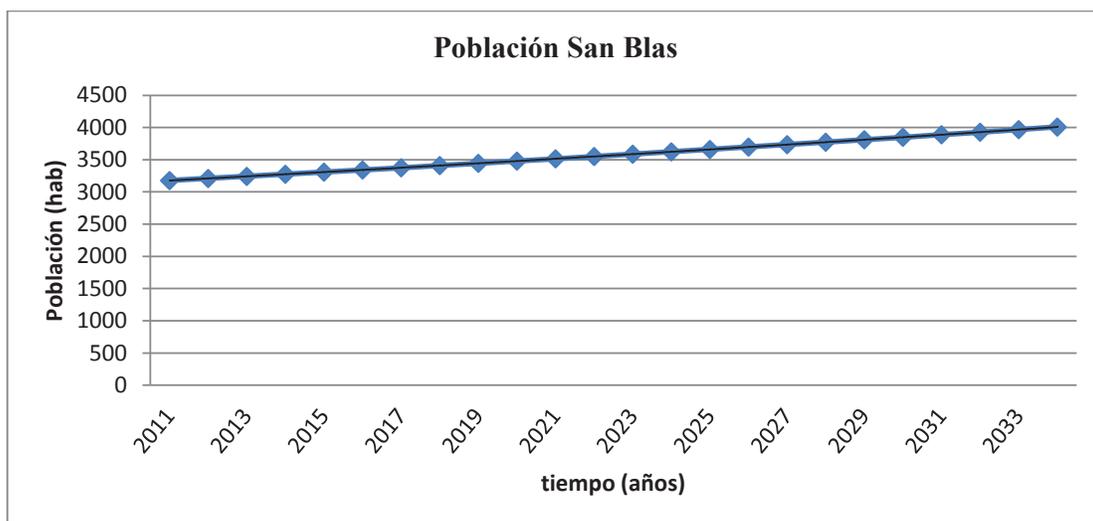
La parroquia Urcuquí al año 2034 registrará una proyección de 8.991 habitantes, mientras que parroquia San Blas al año 2034 registrará una proyección de 4.008 habitantes.

FIGURA 4. 3 Crecimiento de la población de la parroquia Urcuquí.



Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

FIGURA 4. 4 Crecimiento de la población de la parroquia San Blas.



Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

4.3. RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA.

La información utilizada para la realización del presente estudio fue proporcionada por el GAD Municipal de San Miguel de Urucuquí y la junta Parroquial San Blas. Además, se complementó con información de otras instituciones como el Instituto Geográfico Militar con información de cartas topográficas correspondientes al cantón. En el **Cuadro 4.1.**, se puede apreciar las fuentes de información utilizadas:

CUADRO 4. 1 Principales fuentes de información.

Información	Fuente
Plan Cantonal de Urucuquí	GAD Municipal Urucuquí
Plan de Desarrollo Estratégico Urucuquí	GAD Municipal Urucuquí
Captaciones del cantón San Miguel de Urucuquí	GAD Municipal Urucuquí
Plan de Desarrollo Estratégico San Blas	Junta Parroquial San Blas
Mapa Cartográfico cantón Urucuquí	IGM
Datos Socioeconómicos cantón Urucuquí	INEC

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

4.3.1. Revisión de estudios

En cuanto a la revisión de estudios previos, el GAD municipal Urucuquí, no cuenta con información de acceso público relacionada con la calidad del agua de las vertientes objeto de estudio, por tal razón la ejecución del presente proyecto de investigación servirá como referente de la calidad del agua para futuros proyectos.

4.4. LINEAMIENTO BASE

4.4.1. Planificación y ejecución

Fecha de actividad: 12 de septiembre de 2014.

Se definieron veintidós puntos de muestreo, georeferenciados en UTM WGS1984_17S que conforman el sistema de captación y de conducción del agua proveniente de las vertientes Alofitara y Conrayaro hasta su sitio de tratamiento y de distribución para las diferentes parroquias, es decir, se tomaron muestras en las vertientes propiamente, los tanques de recolección actuales, tanques rompe – presión, tramos abiertos en la conducción del agua y en la planta de tratamiento existente; así como se indica a continuación en la **Tabla 4.6**.

Para definir la codificación de las muestras tomadas en campo, se procedió a utilizar una letra V, T ó M si pertenece a la vertiente como tal, a un tanque rompe – presión o M si es de algún otro punto en la conducción; seguida de un guion y una numeración ascendente y por último de una letra C o A según pertenezca a la vertiente Conrayaro o Alofitara, de la siguiente manera:

V = Vertiente

C = Conrayaro

A = Alofitara

T = Tanque rompe – presión

M = Muestra

TABLA 4. 3 Ubicación de los puntos de muestreo.

Código del sitio	Nombre del sitio	Coordenadas		
		x	y	Altura, msnm.
Conrayaro	Vertiente Conrayaro	802666,38	10048092	2985,61
V1	Vertiente 1 Alofitara	803242,20	10047318,11	2876,89
V2	Vertiente 2 Alofitara	803226,03	10047288,14	2885,56
V3	Vertiente 3 Alofitara	803489,02	10047349,24	2805,26
M-01-C	Captación Vertiente Conrayaro	802666,38	10048092	2985
M-02-C	Barcaza Vertiente Conrayaro			
T-01-C	Tanque rompe - presión Conrayaro	803379	10047691	2894
T-02-C	Tanque rompe - presión Conrayaro	803505	10047379	2830
T-03-C	Tanque rompe - presión Conrayaro	804054,37	10047141,75	2729,44
M-04-C	Planta San Blas Entrada	804057	10047148	2426
M-05-C	Planta San Blas Salida			
M-01-A	Captación Vertiente Alofitara 1	803249,37	10047316	2876,04

TABLA 4.6 CONTINUACIÓN

Código del sitio	Nombre del sitio	Coordenadas		
		x	y	Altura, msnm.
M-02-A	Captación Vertiente Alofitara 2	803226,03	10047288,14	2884
M-03-A	Captación Vertiente Alofitara 3	803489,02	10047349,24	2805
M-04-A	Vertiente Alofitara punto 3 Tanque 1	803504,72	10047351,82	2803,33
M-05-A	Vertiente Alofitara punto 3 Tanque 2			
M-06-A	Vertiente Alofitara punto 3 Tanque 3			
M-07-A	Vertiente Alofitara punto 3 Tanque 4			
M-08-A	Vertiente Alofitara punto 3 Tanque 5			
M-09-A	Vertiente Alofitara punto 3 Tanque 6			
M-10-A	Barcaza Vertiente Alofitara entrada	803606,16	10047371,74	2795,36
M-11-A	Barcaza Vertiente Alofitara salida	803606,16	10047371,74	2795,36
T-01-A	Tanque rompe - presión Alofitara	804054,25	10047141,73	2730,55
T-02-A	Tanque rompe - presión Alofitara	806176,34	10045430,95	2655,58
T-03-A	Tanque rompe - presión Alofitara	808210,91	10045227,11	2655,58
M-12-A	Planta Urcuquí Entrada	810603	10045525	2376
M-13-A	Planta Urcuquí Salida			

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

La ubicación de puntos de muestreo Vertiente Conrayaro y Alofitara, se pueden apreciar en el **Anexo 7**.

4.4.1.1. Toma de muestras

TABLA 4. 7 Fechas de toma de muestras.

Día	Mes	Año
12	septiembre	2014
30	septiembre	2014
01	octubre	2014
12	octubre	2014
17	octubre	2014

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

Se procedió al análisis de parámetros de campo y se realizó la toma de muestras de agua para análisis físico, químico y microbiológico.

Las muestras fueron codificadas como se presentó en la **Tabla 4.6.**, preservadas (aquellas que lo requerían de acuerdo al método de análisis) y almacenadas a una temperatura de 4°C y se transportaron a la ciudad de Quito para ser analizadas en el Laboratorio de Docencia de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de la Escuela Politécnica Nacional y en el Centro de Investigaciones y Control Ambiental CICAM-EPN.

En el **Cuadro 4.2.**, se establecen los parámetros escogidos para su análisis, los mismos que fueron elegidos en base a: los regulados por el TULSMA, libro VI, anexo 1, tabla 2; parámetros para hacer el cálculo del ICA y otros de diseño:

CUADRO 4. 2 Parámetros de análisis.

Parámetros IN SITU	Parámetros de Laboratorio
pH, caudal	Físico – Químicos: Cl ⁻ , dureza, F ⁻ , Fe ₂ , Mn ₂ , NO ₃ ⁻ , NO ₂ ⁻ , SO ₄ ⁻ , alcalinidad, HCO ₃ ⁻ , K ⁺ , ST, SS, SD, turbidez, conductividad, color.
Temperatura del agua	
Temperatura ambiente	
Cloro libre residual	Microbiológicos: coliformes totales, coliformes fecales.

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

CAPITULO V

ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. ANÁLISIS DE LA INVESTIGACIÓN EN CAMPO.

5.1.1. Calidad del recurso hídrico.

5.1.1.1. Resultados análisis parámetros físicos.

En las **Tablas 5.1 - 5.10.**, que se muestran a continuación se pueden observar los resultados obtenidos de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las vertientes Alofitara y Conrayaro. De los resultados obtenidos existen valores que superan los límites máximos permisibles (LMP) señalados en la Normativa Nacional Vigente, establecidos en el Libro VI, Anexo I del TULSMA, Tabla 2, siendo estos marcados con amarillo.

TABLA 5. 4 Parámetros físicos de las vertientes Conrayaro y Alofitara.

Parámetros	Unidad	Conrayaro	Alofitara		
			V1	V2	V3
Color verdadero	Pt-Co	10	9	10	12
pH	u	8	7,7	7,7	7,8
Temperatura del agua	°C	11,1	11,9	12,8	12,6
Turbidez	UTN	0,6	1,2	1,17	1,3
Conductividad	uS/cm	29,6	31,1	30,9	29,7
Sólidos totales	mg/L	88	96	86	82
Sólidos suspendidos	mg/L	58	52	42	42
Sólidos totales disueltos	mg/L	30	44	44	40
Caudal	L/s	10,56	10,34	3,88	1,46

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

TABLA 5. 5 Parámetros físicos de la captación y tratamiento de la vertiente Conrayaro.

Parámetros	Unidad	M-01-C	M-02-C	M-04-C	M-05-C
Color verdadero	Pt-Co	21	26	0	9
pH	u	8,3	8	8	8,3
Temperatura del agua	°C	11,1	12,6	11,4	11,1
Turbidez	UTN	0,85	1,72	1,04	3,08
Conductividad	uS/cm	38,4	39,8	39,5	39,8
Sólidos totales	mg/L	122	136	114	149
Sólidos totales suspendidos	mg/L	58	57	31	58
Sólidos totales disueltos	mg/L	64	79	83	91

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

TABLA 5. 6 Parámetros físicos de la captación, conducción y tratamiento de la vertiente Alofitara.

Parámetros	Unidad	M-01-A	M-02-A	M-03-A	M-04-A	M-05-A	M-06-A	M-07-A	M-08-A	M-09-A	M-10-A	M-11-A	M-12-A	M-13-A
Color verdadero	Pt-Co	21	25	22	15	20	17	18	8	17	20	17	23	20
pH	u	7,7	7,8	8	8	8	7,7	7,5	7,9	7,8	7,7	7,7	7,8	7,9
Temperatura del agua	°C	11,9	11,8	12,6	12,5	12,5	12,8	13,9	13,6	13,6	12,7	12,7	12,6	12,3
Turbidez	UTN	1,3	1,3	3,6	10,3	13	11,6	10,7	6,4	5,9	4,9	4,7	1,2	1,1
Conductividad	uS/cm	33,1	32,9	31,7	29	38,2	40,4	40,2	31,3	33,6	34,8	33,3	36,8	36,4
Sólidos totales	mg/L	111	106	102	509,2	695,4	553,4	402,8	475	452,2	482,6	467,4	124	125
Sólidos totales suspendidos	mg/L	52	42	42	112	178	52	46	135	147	169	178	61	64
Sólidos totales disueltos	mg/L	59	64	60	397,2	517,4	501,4	356,8	340	305,2	313,6	289,4	63	61

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

TABLA 5. 7 Límites máximos permisibles (LMP).

Parámetros	Unidad	LMP
Color verdadero	Pt-Co	100
pH		6-9
Temperatura del agua	°C	condición natural +/- 3 grados
Turbidez	NTU	10
Sólidos totales disueltos	mg/L	500

Fuente: TULSMA. Libro VI, ANEXO I. Tabla 2.

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

5.1.1.2. Resultados análisis parámetros químicos.

TABLA 5. 8 Parámetros químicos de las vertientes Conrayaro y Alofitara.

Parámetros	Unidad	Conrayaro	Alofitara			LMP
			V1	V2	V3	
Cloruros	mg/L	4,7	3,2	12,5	5,3	250
DBO	mg/L	1	1,2	1,2	1,4	2
Dureza total, CaCO ₃	mg/L	28	20	15	27	500
Calcio	mg/L	9,0	5,3	2,3	3,2	
Fluoruros	mg/L	0	0	0	0	<1,4
Hierro soluble	mg/L	0,01	0,01	0	0,02	
Manganeso	mg/L	0	0	0,1	0,1	
Nitratos	mg/L	2	0,9	2,6	1,5	0,1
Nitritos	mg/L	0,01	0,01	0,004	0,01	10
Sulfatos	mg/L	0	0	0	0	1
Alcalinidad total	mg/L	60	56	62	70	250
Bicarbonatos	mg/L	60	56	62	70	
Potasio	mg/L	2,1	2,1	1,8	1,6	
Fosfatos	mg/L	0,2	0,35	0,29	0,32	

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

TABLA 5. 9 Parámetros químicos de la captación y tratamiento de la vertiente Conrayaro.

Parámetros	Unidad	M-01-C	M-02-C	M-04-C	M-05-C	LMP
Cloruros	mg/L	4,9	3,4	6,4	5,4	250
DBO	mg/L	8	4	4,2	4,2	2
Dureza total	mg/L	30	25	19	28	500
Calcio	mg/L	9,2	4,0	2,4	4,4	
Fluoruros	mg/L	0	0	0	0	<1,4
Fosfatos	mg/L	0,4	0,36	0,27	0,26	
Hierro soluble	mg/L	0,03	0,02	0,02	0,03	
Manganeso	mg/L	0,2	0,6	0,4	0,1	0,1
Nitratos	mg/L	2,5	2	3,1	3,4	10
Nitritos	mg/L	0,01	0,02	0,01	0,004	1
Sulfatos	mg/L	0	0	0	0	250
Alcalinidad total	mg/L	67	69	64,8	0	
Bicarbonatos	mg/L	67	69	64,8	0	
Potasio	mg/L	2,4	1,8	1,8	2,3	

Fuente: TULSMA. Libro VI, ANEXO I. Tabla 2.

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

TABLA 5. 10 Parámetros químicos de la captación y tratamiento de la vertiente Alofitara.

Parámetros	Unidad	M-01-A	M-02-A	M-03-A	M-04-A	M-05-A	M-06-A	M-07-A	M-08-A	M-09-A	M-10-A	M-11-A	M-12-A	M-13-A	LMP
Cloruros	mg/L	3,4	14,8	5,9	5,9	4,4	8,9	4,4	4,6	4,4	4,9	4,9	4,4	4,4	250
DBO	mg/L	3,8	2,8	4,4	5,2	12	6	5,6	3,8	11,6	4,8	3,4	3,6	1,6	2
Dureza total	mg/L	22	16	28	37	20	22	19	17	20	22	18	27	16	500
Calcio	mg/L	5,6	2,4	3,6	14,4	2,8	8,4	5,2	3,2	2,4	6,8	0,0	5,2	2,8	
Fluoruros	mg/L	0	0,09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<1,4
Fosfatos	mg/L	0,45	0,38	0,47	0,49	0,52	0,47	0,47	0,42	0,4	0,48	0,47	0,28	0,26	
Hierro soluble	mg/L	0,02	0,02	0,06	0,04	0,06	0,06	0,04	0,04	0,04	0,02	0,02	0,03	0,02	
Manganeso	mg/L	0,2	0,1	0,6	0,1	0,1	0,3	0,2	0,4	0,4	0,2	0,7	0,2	0,2	0,1
Nitratos	mg/L	1	3,5	1,6	4,6	5,8	1,8	1,6	3,9	2	2,9	1,6	2	2,2	10
Nitritos	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	1
Sulfatos	mg/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	250
Alcalinidad Total	mg/L	60	68	84	101	76	69	66	37	58	64	61	68	65	
Bicarbonatos	mg/L	60	68	84	101	76	69	66	37	58	64	61	68	65	
Potasio	mg/L	2,4	2,2	1,9	2,2	2	2,5	2,4	1,7	2,6	2	2,2	2,8	3	

Fuente: TULSMA. Libro VI, ANEXO I. Tabla 2.

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

5.1.1.3. Resultados análisis parámetros microbiológicos.

TABLA 5. 11 Parámetros microbiológicos de las vertientes Conrayaro y Alofitara.

Parámetros	Unidad	Conrayaro	Alofitara			LMP
			V1	V2	V3	
Coliformes totales	nmp/100 ml	< 2,3	< 2,3	< 2,3	< 2,3	50
Coliformes fecales	nmp/100 ml	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	20

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

TABLA 5. 12 Parámetros microbiológicos de la captación y tratamiento de la vertiente Conrayaro.

Parámetros	Unidad	M-01-C	M-02-C	M-04-C	M-05-C	LMP
Coliformes totales	nmp/100 mL	9,1	< 2,3	23	9,1	50
Coliformes fecales	nmp/100 mL	3,6	<1,1	9,1	3,6	20

Fuente: TULSMA. Libro VI, ANEXO I. Tabla 2.

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

TABLA 5. 13 Parámetros microbiológicos de la captación y tratamiento de la vertiente Alofitara.

Parámetros	Unidad	M-01-A	M-02-A	M-03-A	M-04-A	M-05-A	M-06-A	M-07-A	M-08-A	M-09-A	M-10-A	M-11-A	M-12-A	M-13-A	LMP
Coliformes totales	nmp/100 mL	23	9,1	93	23	9,1	9,1	9,1	9,1	3,6	9,1	3,6	3,6	< 2,3	50
Coliformes fecales	nmp/100 mL	9,1	3,6	43	9,1	3,6	3,6	3,6	3,6	<1,1	3,6	<1,1	<1,1	<1,1	

Fuente: TULSMA. Libro VI, ANEXO I. Tabla 2.

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

5.1.2. Análisis de parámetros de laboratorio

Tras elaborar los análisis físicos, químicos y microbiológicos de las muestras de agua tomadas en los diferentes puntos de interés, se procedió a realizar un análisis cuantitativo de los resultados, en los cuales se busca describir el comportamiento de los componentes constitutivos del agua en los diferentes procesos de potabilización de la misma (captación, conducción y planta de tratamiento), para tomar medidas en el prediseño que se propondrá más adelante. Para llevar a cabo el muestreo se procedió a tomar 3 muestras por punto en diferentes fechas, como se indica en la **Tabla 4.7**, en base a protocolos establecidos en la norma INEN.

Además, la codificación de las muestras tomadas en campo se clasificó de acuerdo a los procesos de captación, conducción y tratamiento, así:

TABLA 5.11 Codificación y proceso correspondiente en cada punto de muestreo.

Código de muestra	Proceso correspondiente
Conrayaro	Vertientes
V1	
V2	
V3	
M-01-C	Captación
M-01-A	
M-02-A	
M-03-A	
M-02-C	Conducción
T-01-C	
T-02-C	
T-03-C	
M-04-A	
M-05-A	
M-06-A	
M-07-A	
M-08-A	
M-09-A	
M-10-A	
M-11-A	
T-01-A	
T-02-A	
T-03-A	
M-04-C	Planta de tratamiento
M-05-C	
M-12-A	
M-13-A	

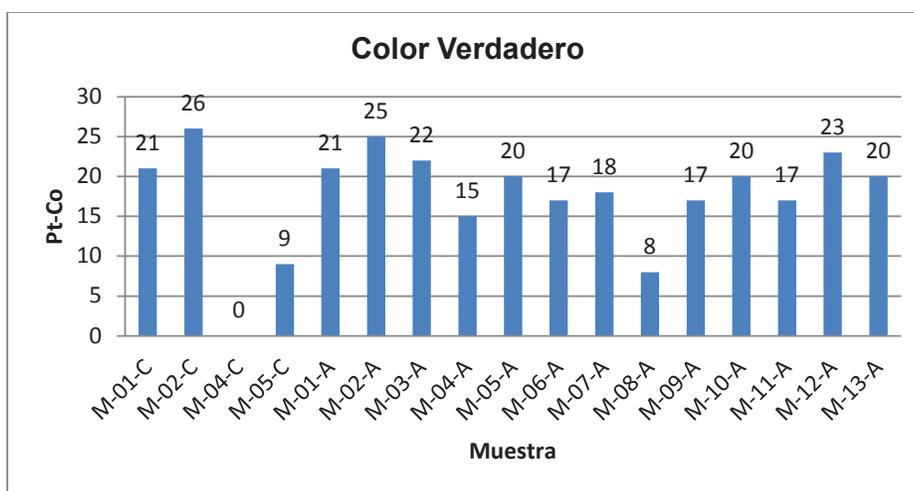
Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

5.1.2.1. Parámetros físicos

5.1.2.1.1. Color verdadero

El color verdadero se debe a la presencia de iones metálicos naturales (hierro y manganeso), humus, plancton, vegetales y desechos industriales. El color debe ser eliminado del agua para que pueda ser utilizada. (NTE INEN 0970, 2011)

FIGURA 5. 1 Resultados análisis color verdadero por punto de muestreo.



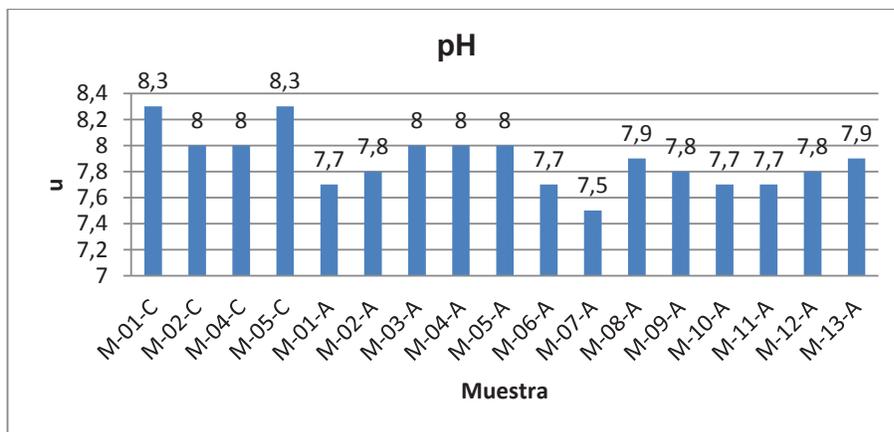
Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

El conjunto de muestras analizadas, para el parámetro de color verdadero, indican que existen valores que superan el límite máximo (20 Pt-Co) establecido en la Normativa Nacional Vigente (TULSMA Libro VI, Anexo I, tabla 2), por lo cual se deben tomar medidas de remoción de color en aquellas que se incumple el valor normado. Los puntos que superan los límites permisibles corresponden en su mayoría a los puntos de captación y conducción, excluyendo a las vertientes, puesto que se evidencia que existe presencia de vegetación en contacto con el agua durante el trayecto comprendido entre la vertiente y la captación, corroborando que el agua en la fuente es de buena calidad respecto a este parámetro.

5.1.2.1.2. *Potencial de Hidrógeno (pH)*

El pH es la concentración de iones hidrógeno activos (H^+) en el agua. La mayoría de aguas son ligeramente básicas debido a la presencia de carbonatos y bicarbonatos (NTE INEN 0973, 2011).

FIGURA 5. 2 Resultados análisis pH por punto de muestreo.

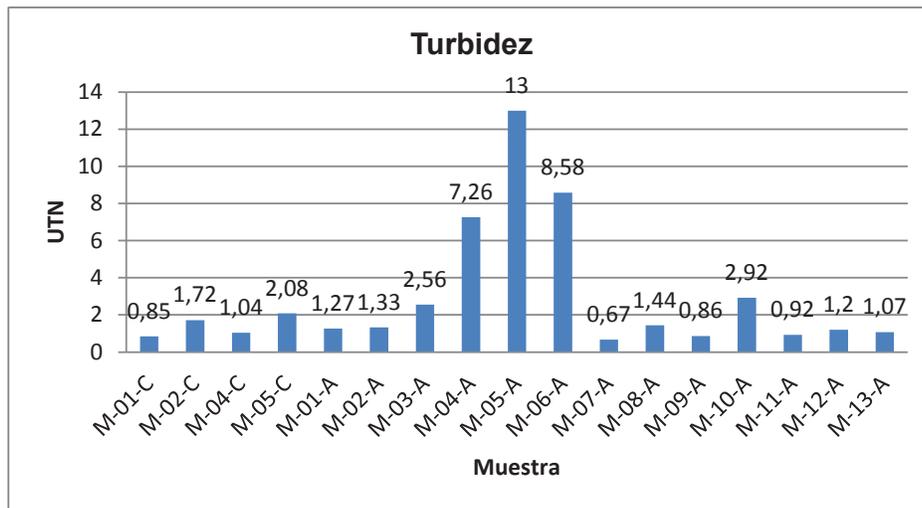


Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

El resultado de los análisis del conjunto de muestras para el parámetro pH, indica que los valores obtenidos se encuentran dentro del rango (6-9) establecido en la Normativa Nacional Vigente (TULSMA Libro VI, Anexo I, tabla 2), debido a que no existe contacto del agua con sustancias ácidas o básicas que modifiquen su composición respecto a este parámetro.

5.1.2.1.3. *Turbidez*

La turbiedad representa una propiedad óptica de una muestra, que influye en el paso de la luminosidad del agua. La turbiedad en el agua se debe a la presencia de sólidos suspendidos (NTE INEN 0971, 2011).

FIGURA 5. 3 Resultados análisis turbidez por punto de muestreo.

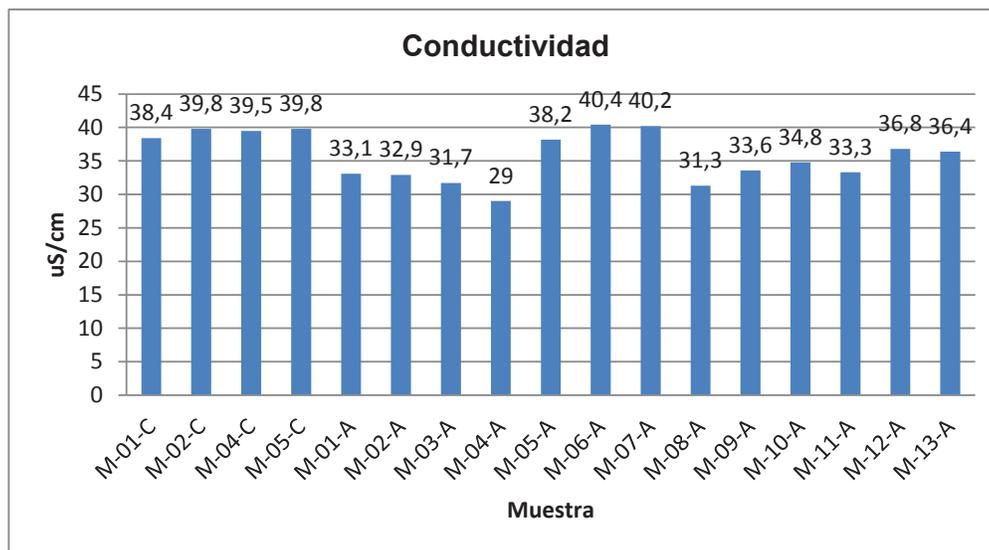
Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

El resultado de los análisis del conjunto de muestras para el parámetro turbidez, indica que existe una muestra que supera el valor máximo (10 NTU) establecido en la Normativa Nacional Vigente (TULSMA Libro VI, Anexo I, tabla 2), debiéndose implementar unidades de remoción de turbidez, como nuevos sedimentadores. El punto mencionado corresponde a un sitio específico de la conducción, lo que indica que en dicho punto existe contaminación cruzada, generada por el contacto directo con la tierra y vegetación encontrada allí, principalmente; debido a la textura del suelo susceptible a erosión hídrica y eólica.

5.1.2.1.4. Conductividad

La conductividad electrolítica es la capacidad de una solución para pasar una corriente eléctrica. La corriente es transportada por sólidos inorgánicos disueltos en la solución, tales como los iones cloruro, nitrato, sulfato y fosfato, también cationes como el sodio, calcio, magnesio, hierro y aluminio.

La conductividad es determinada midiendo la resistencia ocurrida en un área definida de la solución analizada por medio de un sensor, aplicando un voltaje entre dos electrodos sumergidos en una solución.

FIGURA 5. 4 Resultados análisis conductividad por punto de muestreo.

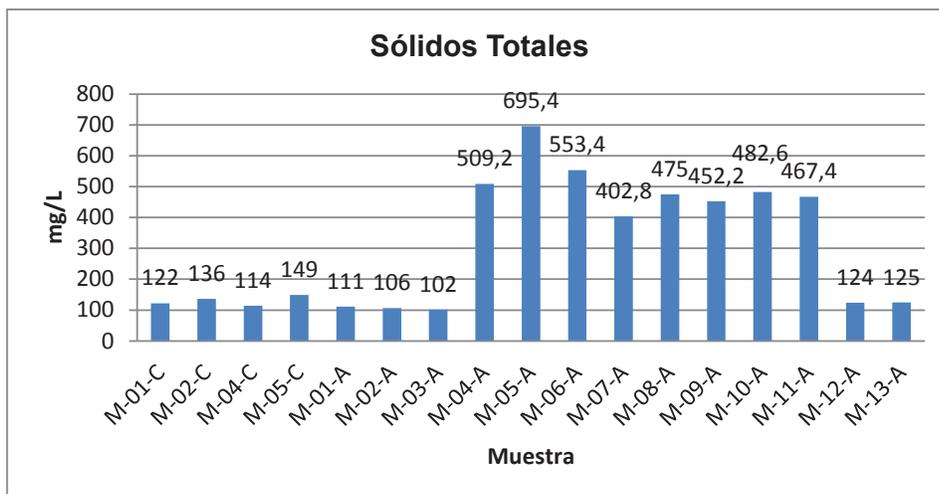
Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

El parámetro conductividad no es regulado en la Normativa Nacional Vigente (TULSMA Libro VI, Anexo I, tabla 2), sin embargo se relacionan directamente con la concentración de sólidos disueltos, parámetro que se analizará más adelante.

5.1.2.1.5. Sólidos totales

Los sólidos totales son toda materia sólida que permanece como residuo después de una evaporación y secado de una muestra de volumen determinado, a una temperatura de 103°C a 105°C.

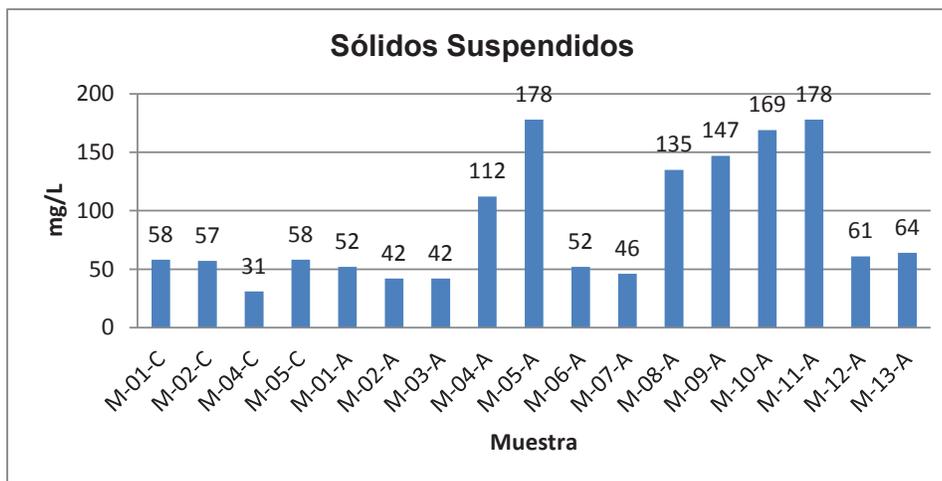
Todos los contaminantes del agua, con excepción de los gases disueltos, contribuyen a la carga de sólidos. Estos contaminantes pueden ser de naturaleza orgánica y/o inorgánica, provenientes de las diferentes actividades domésticas, comerciales e industriales. (Félez, M., 2011)

FIGURA 5. 5 Resultados análisis sólidos totales por punto de muestreo.

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

El parámetro sólidos totales no es regulado en la Normativa Nacional Vigente, sin embargo se analizaron dichas muestras para la aplicación de la metodología empleada en el cálculo de sólidos disueltos, a través de diferencia aritmética, parámetro que es regulado en el TULSMA Libro VI, Anexo I, tabla 2.

5.1.2.1.6. Sólidos suspendidos

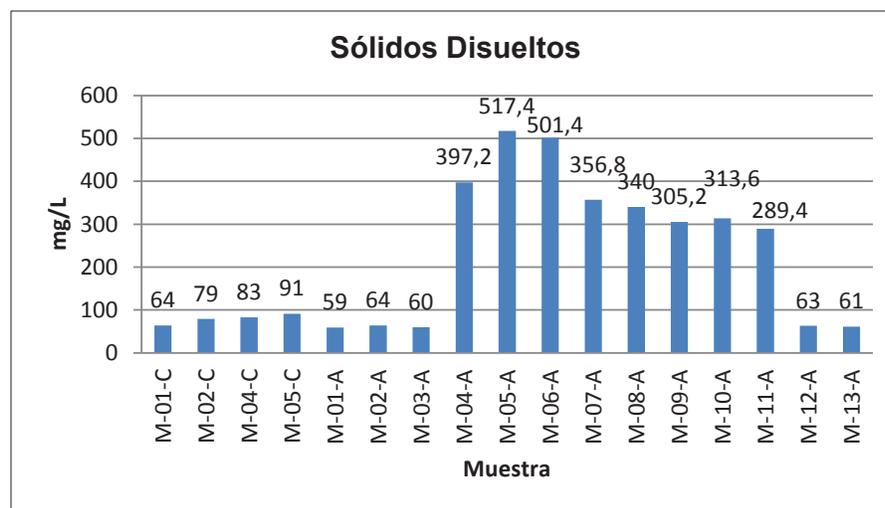
FIGURA 5. 6 Resultados análisis sólidos suspendidos por punto de muestreo.

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

El parámetro sólidos suspendidos no es regulado en la Normativa Nacional Vigente, sin embargo se analizaron dichas muestras para la aplicación de la metodología empleada en el cálculo de sólidos disueltos, a través de diferencia aritmética, parámetro que es regulado en el TULSMA Libro VI, Anexo I, tabla 2.

5.1.2.1.7. Sólidos disueltos

FIGURA 5.7 . Resultados análisis sólidos disueltos por punto de muestreo.



Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

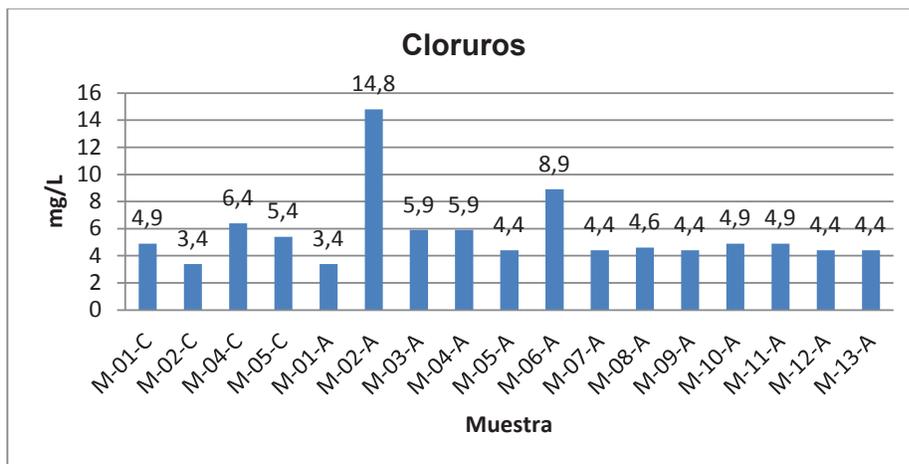
El resultado de los análisis del conjunto de muestras para el parámetro sólidos disueltos, indica que existen valores que superan el valor máximo (500 mg/L) establecido en la Normativa Nacional Vigente (TULSMA Libro VI, Anexo I, tabla 2), debiéndose tomar medidas de control en la captación, como cercado, remoción de vegetación, elevación de los tanques rompe - presión, conducción cerrada; evitando así la contaminación del recurso aguas abajo respecto a la calidad que posee la misma en su origen. Los puntos que superan los límites permisibles corresponden a sitios específicos en la conducción, lo que indica que en dichos puntos existe contaminación cruzada, generada por el contacto directo con minerales, sustancias orgánicas o metales.

5.1.2.2. Parámetros químicos

5.1.2.2.1. Cloruros

Los cloruros inorgánicos contienen el anión Cl^{-1} y por lo tanto son sales del ácido clorhídrico (HCl), que se encuentran en las aguas naturales y residuales. Se suele tratar de sustancias sólidas incoloras con elevado punto de fusión. Podríamos decir que en algunos casos el cloro también se considera como un catión ya que contienen también pequeños iones con carga positiva.

FIGURA 5. 8 Resultados análisis cloruros por punto de muestreo.



Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

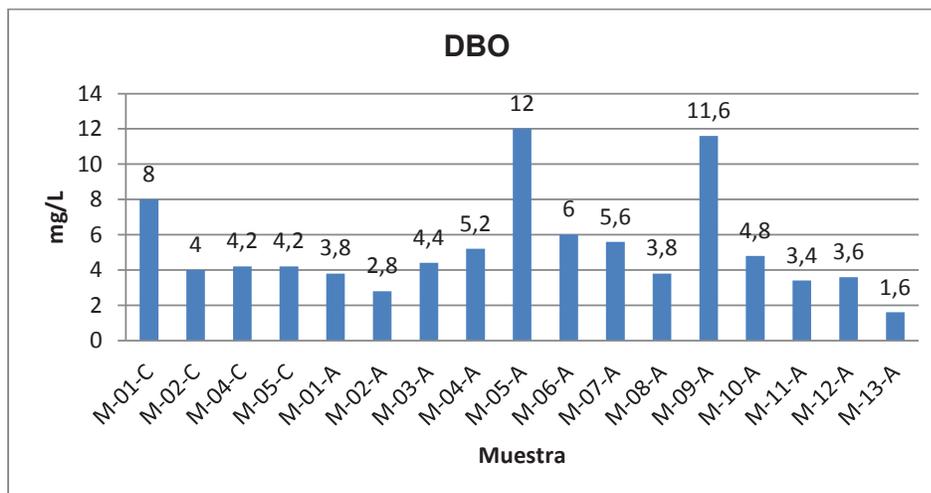
El resultado de los análisis del conjunto de muestras para el parámetro cloruros, indica que los valores obtenidos se encuentran dentro del rango (250 mg/L) establecido en la Normativa Nacional Vigente (TULSMA Libro VI, Anexo I, tabla 2).

5.1.2.2.2. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es un ensayo que mide el oxígeno requerido para la degradación bioquímica de la materia orgánica y el oxígeno

utilizado para oxidar materia inorgánica, tal como sulfuros y compuestos ferrosos. (Vargas, 2004)

FIGURA 5. 9 Resultados análisis DBO por punto de muestreo.



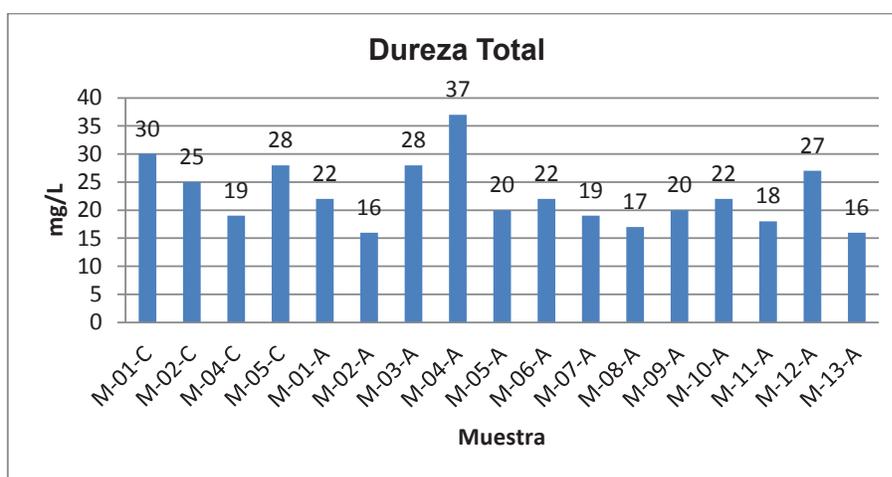
Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

El resultado de los análisis del conjunto de muestras para el parámetro DBO, indica que existen puntos que superan el valor máximo (2,0 mg/L) establecido en la Normativa Nacional Vigente (TULSMA Libro VI, Anexo I, tabla 2), debiéndose tomar medidas de control en la captación, como cercado, remoción de vegetación, elevación de los tanques rompe - presión, conducción cerrada; evitando así la contaminación del recurso aguas abajo respecto a la calidad que posee la misma en su origen. Los puntos que superan los límites permisibles corresponden a casi la totalidad de los sitios muestreados, exceptuando las vertientes, las cuales poseen una buena calidad respecto a este parámetro, lo cual nos indica que existe contaminación cruzada, generada por el contacto directo con la tierra y vegetación encontrada allí, las cuales posiblemente contienen sustancias orgánicas que contribuyen al aumento de la DBO en el agua respecto a su estado original en sus respectivas vertientes.

5.1.2.2.3. Dureza total

La dureza total del agua representa la concentración de los iones calcio y magnesio, expresados como carbonato de calcio, pudiéndose incluir otros iones metálicos que produzcan dureza si éstos se encuentran en cantidades significativas.

FIGURA 5. 10 Resultados análisis dureza total por punto de muestreo.

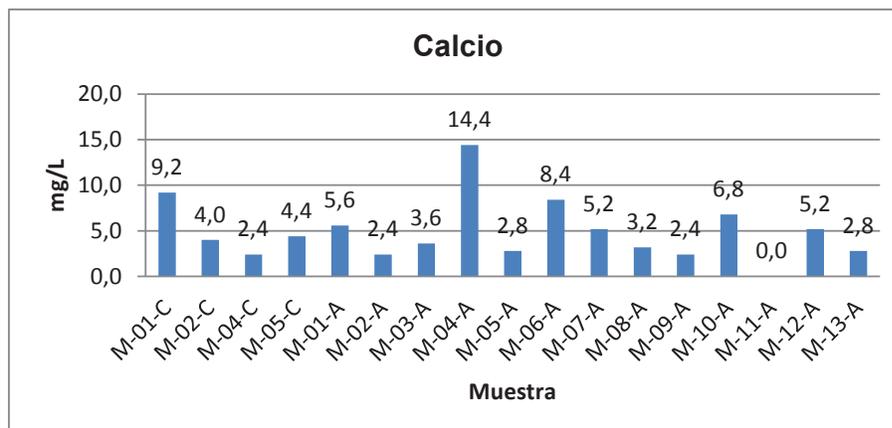


Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

El resultado de los análisis del conjunto de muestras para el parámetro dureza total, indica que todos los puntos muestreados se encuentran dentro de los límites (500 mg/L) establecidos en la Normativa Nacional Vigente (TULSMA Libro VI, Anexo I, tabla 2).

5.1.2.2.4. Calcio

Las sales de calcio contribuyen a la dureza total del agua. (NTE INEN 1107, 2011)

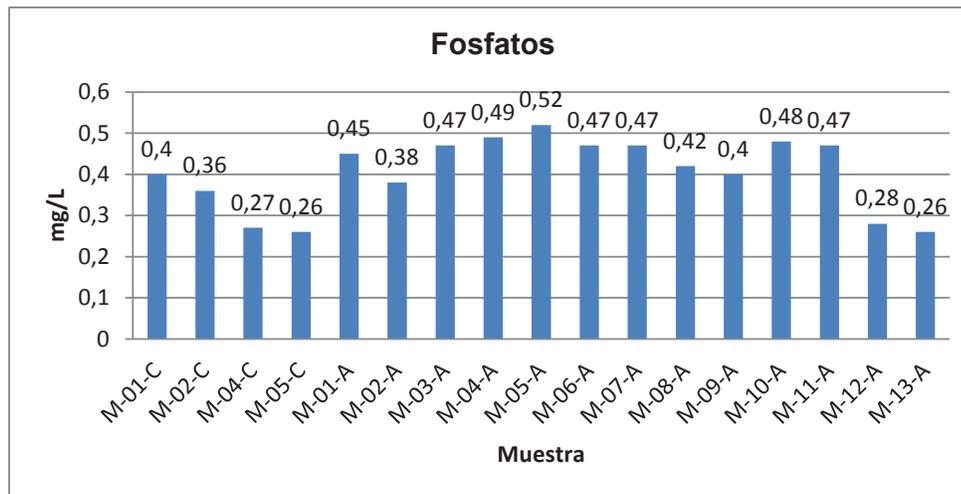
FIGURA 5. 11 Resultados análisis calcio por punto de muestreo.

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

El resultado de los análisis del conjunto de muestras para el parámetro calcio, indica que casi la totalidad de los puntos muestreados superan el valor límite (2,0 mg/L) establecido en la Normativa Nacional Vigente (TULSMA Libro VI, Anexo I, tabla 2), exceptuándose las vertientes de agua, lo que indica que la misma es de buena calidad, debiéndose tomar medidas de control en la captación, como cercado, remoción de vegetación, elevación de los tanques rompe - presión, conducción cerrada; evitando así la contaminación del recurso aguas abajo respecto a la calidad que posee la misma en su origen.

5.1.2.2.5. Fosfatos

El fósforo es un nutriente esencial para el crecimiento de plantas y animales, encontrándose los fosfatos en forma de solución, partículas, fragmentos sueltos o en el cuerpo de organismos acuáticos. Las principales sustancias que aportan con fósforo a un cuerpo de agua son los detergentes y pesticidas.

FIGURA 5. 12 Resultados análisis fosfatos por punto de muestreo.

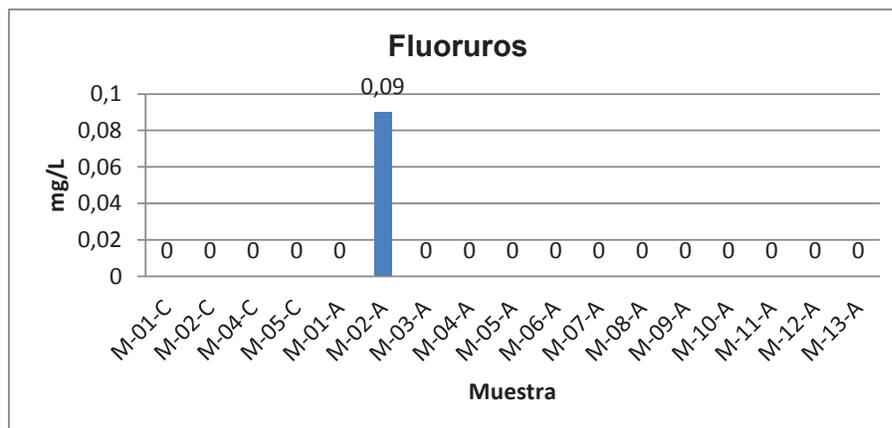
Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

El parámetro fosfatos no es regulado en la Normativa Nacional Vigente (TULSMA Libro VI, Anexo I, tabla 2), sin embargo para altos valores encontrados se deben de igual forma tomar medidas de control en la captación, como cercado, remoción de vegetación, elevación de los tanques rompe - presión, conducción cerrada; evitando así la contaminación del recurso aguas abajo respecto a la calidad que posee la misma en su origen, puesto que contribuyen a la eutrofización de cuerpos hídricos y su remoción implica una elevada inversión de capital.

5.1.2.2.6. Flúor

El flúor se encuentra en el agua naturalmente o por adición, previene las caries dentales, sin embargo, en altas concentraciones puede generar fluorosis (NTE INEN 0985, 2011).

FIGURA 5. 13 Resultados análisis fluoruros por punto de muestreo.



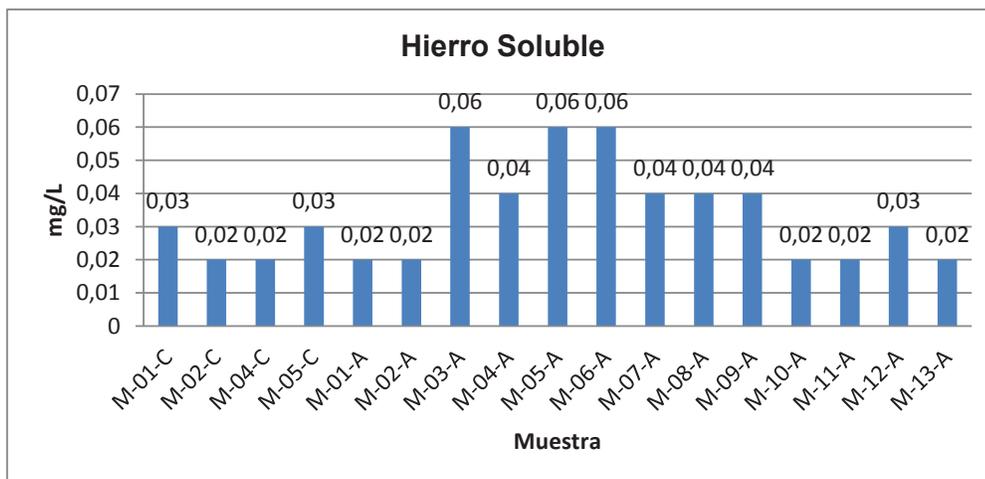
Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

El resultado de los análisis del conjunto de muestras para el parámetro fluoruros, indica todos los puntos muestreados se encuentran dentro de los límites máximos (1,5 mg/L) establecidos en la Normativa Nacional Vigente (TULSMA Libro VI, Anexo I, tabla 2).

5.1.2.2.7. Hierro soluble

La presencia de hierro está asociada a la configuración geológica de su procedencia, es considerado un micronutriente importante para el funcionamiento celular de plantas, animales y algunos microorganismos. El hierro ferroso (2+) se oxida a hierro férrico (3+), dando lugar a la formación de hidróxido férrico de baja solubilidad que precipita a los sedimentos.

FIGURA 5. 14 Resultados análisis hierro soluble por punto de muestreo.

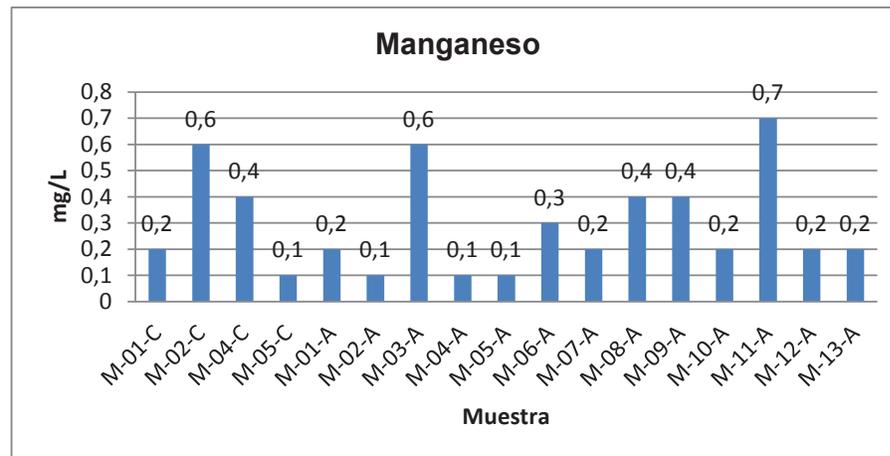


Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

El parámetro hierro soluble no es regulado en la Normativa Nacional Vigente, sin embargo, el hierro soluble (2+) al oxidarse (hierro 3+) precipita, siendo este elemento regulado, mientras que los valores obtenidos cumplen el valor normado, como hierro total, encontrándose dentro de los límites (1,0 mg/L) establecidos en la Normativa Nacional Vigente (TULSMA Libro VI, Anexo I, tabla 2).

5.1.2.2.8. Manganeseo

La presencia de manganeso, al igual que el hierro, está asociada a la configuración geológica de su procedencia, es considerado un micronutriente importante para el funcionamiento celular de plantas, animales y algunos microorganismos. El manganeso (2+) se oxida a manganeso (4+), dando lugar a la precipitación de sedimentos.

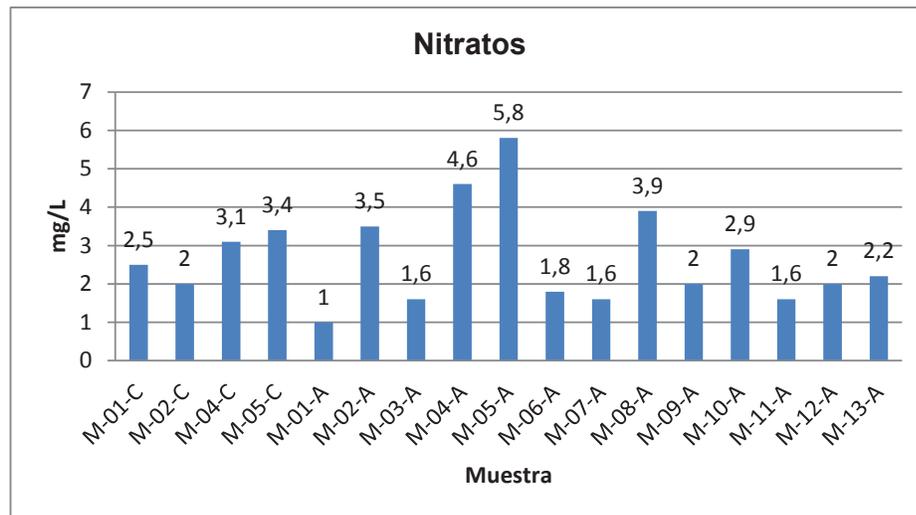
FIGURA 5. 15 Resultados análisis manganeso por punto de muestreo.

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

El resultado de los análisis del conjunto de muestras para el parámetro manganeso total, indica que existen puntos que superan los límites (0,1mg/L) establecidos en la Normativa Nacional Vigente (TULSMA Libro VI, Anexo I, tabla 2). Casi la totalidad de los puntos que superan la normativa corresponden a sitios específicos en los distintos procesos de captación y conducción, exceptuando las vertientes, las cuales poseen valores dentro de la regulación, debiéndose tomar medidas de control en la captación, como cercado, remoción de vegetación, elevación de los tanques rompe - presión, conducción cerrada; evitando así la contaminación del recurso aguas abajo respecto a la calidad que posee la misma en su origen.

5.1.2.2.9. Nitratos

El nitrato es el estado de oxidación más alto en el ciclo del nitrógeno y generalmente alcanza altas concentraciones al final de la oxidación biológica, siendo un nutriente esencial para muchos microorganismos autótrofo-fotosintéticos y en muchos casos ha sido identificado como el nutriente limitante de crecimiento. En altas concentraciones contribuye a la enfermedad conocida como metahemoglobinemia infantil (NTE INEN 0975, 2011).

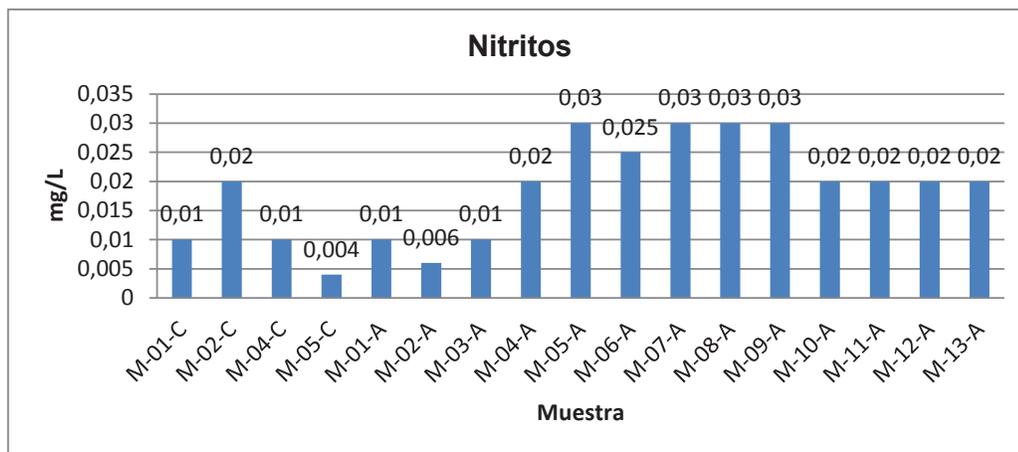
FIGURA 5. 16 Resultados análisis nitratos por punto de muestreo.

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

El resultado de los análisis del conjunto de muestras para el parámetro nitratos, indica que todos los puntos muestreados se encuentran dentro de los límites (10,0 mg/L) establecidos en la Normativa Nacional Vigente (TULSMA Libro VI, Anexo I, tabla 2).

5.1.2.2.10. Nitritos

La presencia de nitritos en el agua es indicativo de contaminación fecal reciente, encontrándose además, en un estado intermedio de descomposición entre el amoníaco y el nitrato.

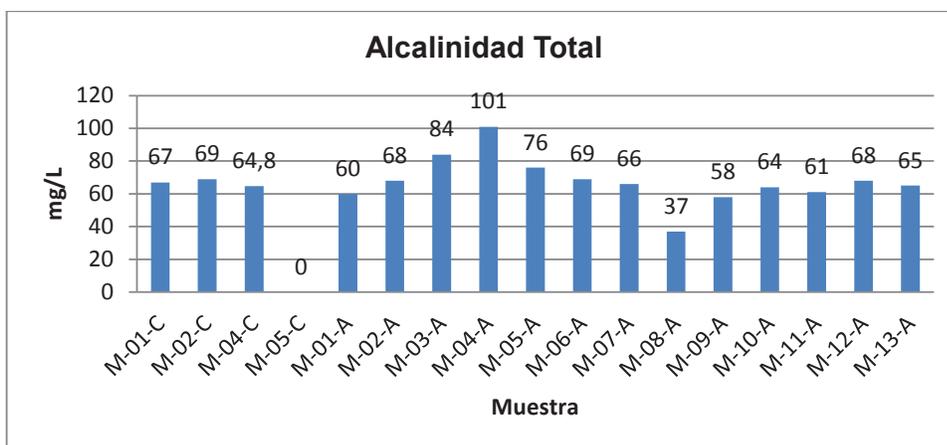
FIGURA 5. 17 Resultados análisis nitritos por punto de muestreo.

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

El resultado de los análisis del conjunto de muestras para el parámetro nitritos, indica que todos los puntos muestreados se encuentran dentro de los límites (1,0 mg/L) establecidos en la Normativa Nacional Vigente (TULSMA Libro VI, Anexo I, tabla 2).

5.1.2.2.11. Alcalinidad

La alcalinidad es la capacidad de un agua para neutralizar ácidos, debiéndose a la presencia de bicarbonatos.

FIGURA 5. 18 Resultados análisis alcalinidad por punto de muestreo.

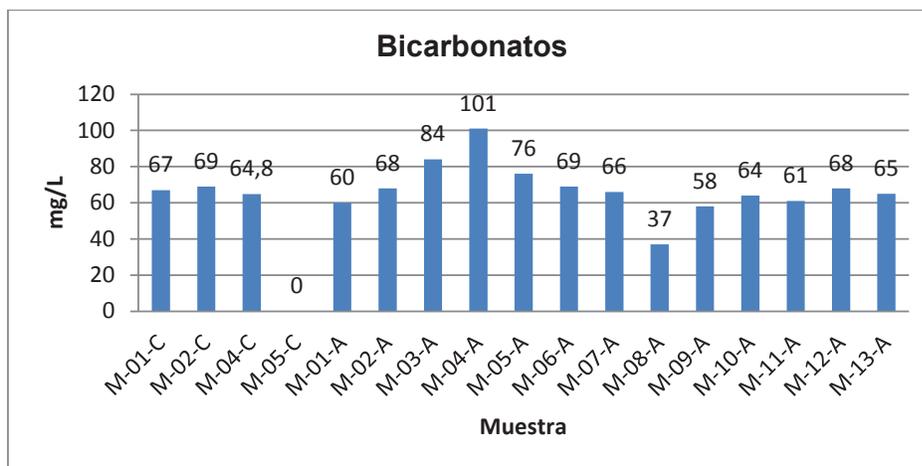
Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

El parámetro alcalinidad no es regulado por la Normativa Nacional Vigente (TULSMA Libro VI, Anexo I, tabla 2), sin embargo, su presencia es fundamental en los procesos de potabilización del agua.

5.1.2.2.12. Bicarbonatos

Los bicarbonatos son sales ácidas derivadas del ácido carbónico, el cual contribuye a darle carácter ligeramente básico al agua.

FIGURA 5. 19 Resultados análisis bicarbonatos por punto de muestreo.

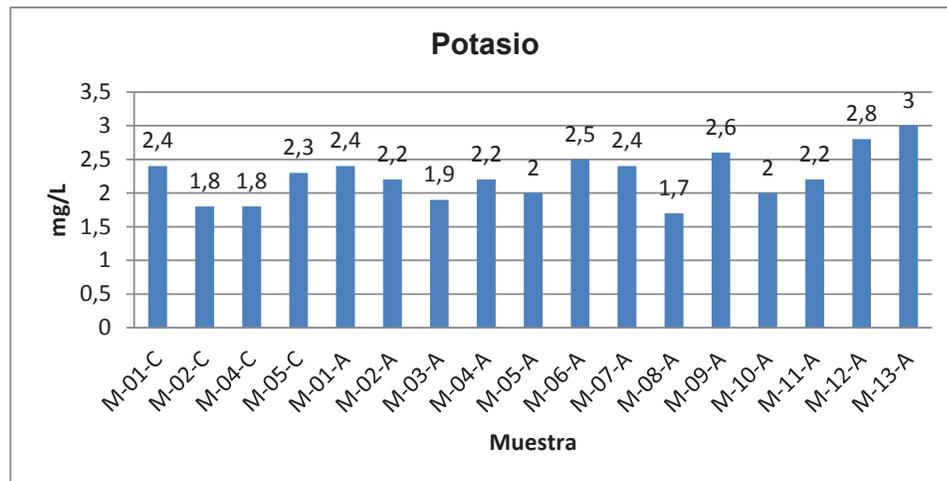


Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

El parámetro bicarbonatos no es regulado en la en la Normativa Nacional Vigente (TULSMA Libro VI, Anexo I, tabla 2).

5.1.2.2.13. Potasio

El potasio en el agua es una sal soluble, que no precipita fácilmente, siendo un macronutriente esencial para la vida de las plantas.

FIGURA 5. 20 Resultados análisis potasio por punto de muestreo.

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

El parámetro potasio no es regulado en la en la Normativa Nacional Vigente (TULSMA Libro VI, Anexo I, tabla 2).

5.1.2.2.14. Sulfatos

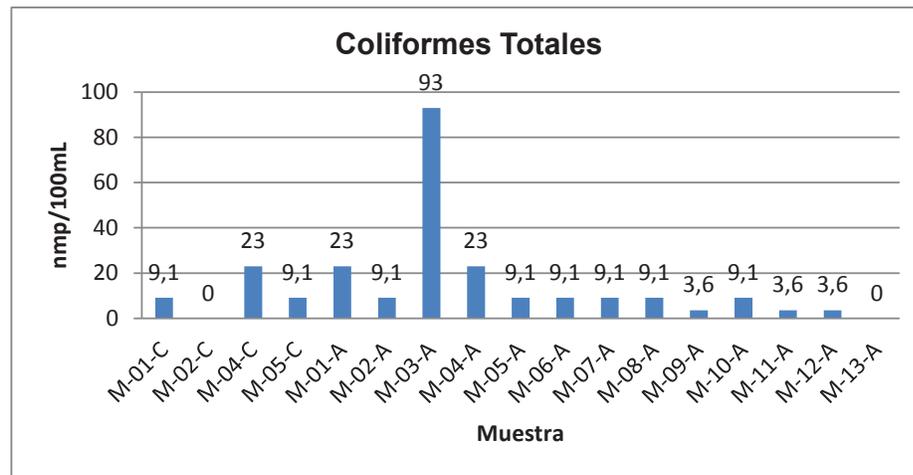
Los resultados de los análisis de sulfatos no se adjuntan puesto que el resultado reporta que no existe presencia de los mismos, obteniendo un valor de 0 mg/L, además de encontrarse muy por debajo del valor límite (400 mg/L) establecidos en la Normativa Nacional Vigente (TULSMA Libro VI, Anexo I, tabla 2).

5.1.2.3. Parámetros microbiológicos

5.1.2.3.1. Coliformes totales

Los coliformes totales se refieren 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.

FIGURA 5. 21 Resultados análisis coliformes totales por punto de muestreo.



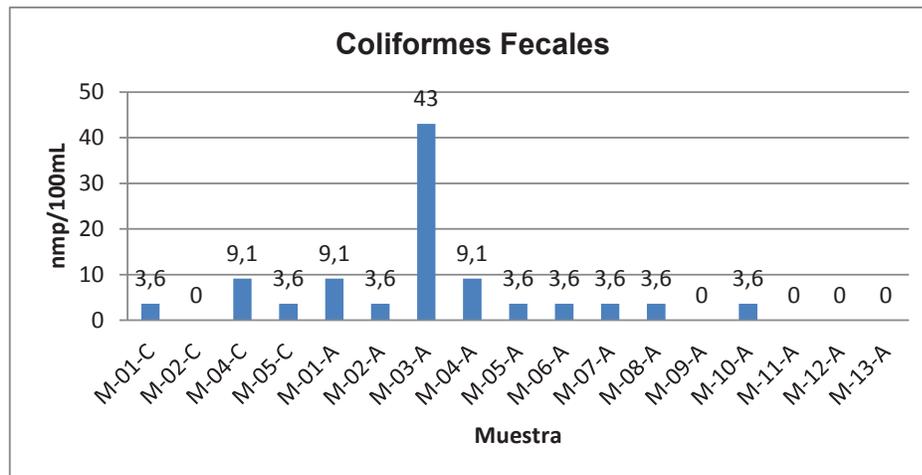
Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

El resultado de los análisis del conjunto de muestras para el parámetro coliformes totales, indica que existe un punto muestreado que supera el límite máximo (50 nmp/100mL) establecido en la Normativa Nacional Vigente (TULSMA Libro VI, Anexo I, tabla 2) siendo el mismo un sitio específico correspondiente a la captación, por lo cual se presume que existe contaminación cruzada con la presencia de actividad agrícola cercana, debiéndose tomar medidas oportunas de diseño.

5.1.2.3.2. Coliformes fecales

Los coliformes fecales, son un grupo de coliformes que en presencia de sales biliares u otros agentes selectivos equivalentes fermentan la lactosa con producción de ácido y gas a temperatura entre 44 y 45,5 (°C), considerándose como indicadores de contaminación fecal en los alimentos y teniendo origen intestinal (NTE INEN 1529-8, 2011).

FIGURA 5. 22 Resultados análisis coliformes fecales por punto de muestreo.



Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

El resultado de los análisis del conjunto de muestras para el parámetro Coliformes Fecales, indica que existen puntos que superan los límites máximos (20 nmp/100mL) establecidos en la Normativa Nacional Vigente (TULSMA Libro VI, Anexo I, tabla 2), siendo el punto que supera la normativa un sitio específico de la captación de agua, por lo que se debe tomar medidas de control, como cercado, remoción de vegetación, elevación de los tanques rompe - presión, conducción cerrada; evitando así la contaminación del recurso aguas abajo respecto a la calidad que posee la misma en su origen, puesto que para eliminar este grupo bacteriano se requiere una elevada inversión económica.

5.1.3. Cálculo del índice de calidad de agua “ICA-NSF”

En base a los resultados obtenidos de los análisis procedemos a calcular el índice de calidad del agua para evaluar el estado de la misma.

Los valores de los subíndices de cada parámetro son calculados mediante curvas, las mismas que se encuentran en el anexo 9.5 para mayor comprensión de las mismas. En las **Tablas 5.12.** y **5.13.**, se puede observar respectivamente, los valores asignados según bibliografía para los parámetros de análisis escogidos, así como el resultado obtenido.

TABLA 5. 14 Valores asignados a parámetros escogidos.

Parámetro	Vertiente							
	Conrayaro	Subi	Alofitara					
			V1	Subi	V2	Subi	V3	Subi
Coliformes fecales (nmp/100 mL)	<1,1	99	<1,1	99	<1,1	99	<1,1	99
pH	8	82	7,7	91	7,7	91	7,8	85
DBO5 (mg/L)	1	90	1,2	89	1,2	89	1,4	87
Nitratos (mg/L)	2	90	0,9	95	2,6	80	1,5	86
Fosfatos (mg/L)	0,2	97	0,35	95	0,29	96	0,32	96,5
Temperatura (°C)	11,1	55	11,9	54	11,8	54	12,6	58
Turbidez (UTN)	0,6	95	1,2	93	1,17	93,5	1,3	92
Sólidos disueltos totales (mg/L)	78	82	44	86	44	86	40	82
Oxígeno disuelto* (mg/L)	6	42	5	32	5	32	7	52
	50,04 %		41,7%		41,7%		58,38%	

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

Nota:

* Para el caso del Oxígeno Disuelto, el cálculo se realizó con el valor del porcentaje de saturación del mismo, para su cálculo se consideran variables como la solubilidad en el agua, la temperatura del agua, la presión del lugar en función de su altura. En el **Anexo 5** se especifican las tablas usadas para el cálculo del mismo. Adicionalmente, los valores de Oxígeno Disuelto considerados como datos, fueron obtenidos por parte del GAD Municipal del cantón San Miguel de Urququí.

Ejemplo de cálculo del ICA:

$$ICA = \sum_{i=1}^9 (Subi \times wi) \quad (5.1)$$

$$ICA = [(99 \times 0,15) + (91 \times 0,12) + (89 \times 0,1) + (95 \times 0,1) + (95 \times 0,1) + (54 \times 0,1) + (93 \times 0,08) + (86 \times 0,08) + (32 \times 0,17)]$$

$$ICA = 79,19$$

TABLA 5. 15 Resultado cálculo ICA-NSF.

Parámetro	Conrayaro	Alofitara		
		V1	V2	V3
	Subi*wi	Subi*wi	Subi*wi	Subi*wi
Coliformes fecales (nmp/100 mL)	14,85	14,9	14,85	14,85
pH	9,84	10,9	10,92	10,2
DBO5 (mg/L)	9	8,9	8,9	8,7
Nitratos (mg/L)	9	9,5	8	8,6
Fosfatos (mg/L)	9,7	9,5	9,6	9,65
Temperatura (°C)	5,5	5,4	5,4	5,8
Turbidez (UTN)	7,6	7,44	7,48	7,36
Sólidos disueltos totales (mg/L)	6,56	6,88	6,88	6,56
Oxígeno disuelto	7,14	5,44	5,44	8,84
ICA-NSF	79,19	78,8	77,47	80,56

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

Según los resultados obtenidos, en base a la clasificación del “ICA” propuesto por Brown; tenemos que las fuentes de agua destinadas para el consumo, son de excelente calidad; razón por la cual, en el tratamiento destinado para las mismas, se enfatizará en el sistema de captación y conducción para que al llegar al reservorio, en la medida de lo posible mantengan sus condiciones naturales.

5.2. ANÁLISIS DE OFERTA Y DEMANDA HÍDRICA

5.2.1 Resultados a partir de la encuesta general.

Tras realizar las encuestas a la población de Urcuquí y San Blas, se procede a revisar minuciosamente todos los datos obtenidos de las mismas y se procesará la información.

Para cuantificar la información de las encuestas, se realizó un conteo de las opciones seleccionadas en cada una de las preguntas, para poder obtener un porcentaje de las respuestas se empleó una regla de tres simple y se realizaron

gráficas de las mismas para poder analizar las tendencias de respuestas que predominan a cada pregunta realizada.

Las encuestas se realizaron considerando el número de viviendas, para evitar encuestar personas que habiten en el mismo lugar, de ello se obtuvo el siguiente porcentaje de personas encuestadas en base al género, como se muestra a continuación en la **Tabla 5.14**.

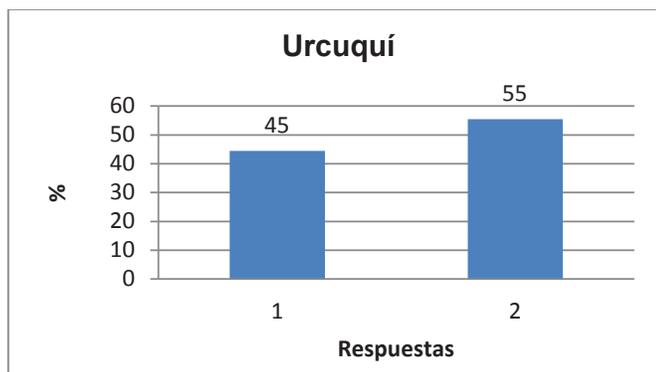
TABLA 5. 14 Número de personas encuestadas.

Opciones de respuesta		Urcuquí	%	San Blas	%
A	Masculino	154	45	98	40
B	Femenino	192	55	148	60
TOTAL		346	100	246	100

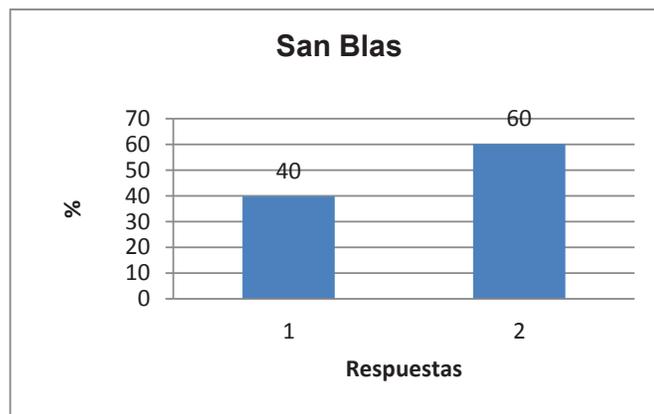
Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

Se realizaron las encuestas en las parroquias de San Blas y Urcuquí, tomando una muestra de 246 y 346 personas, respectivamente, lo que equivale al 10% de las poblaciones mencionadas, siendo este valor de una muestra representativa, según (INEC, 2010), la cual reveló que existe mayor cantidad de mujeres en ambas parroquias, corroborando los valores obtenidos en el último censo de Población y Vivienda (2010).

FIGURA 5. 23 Población encuestada en la parroquia Urcuquí.



Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

FIGURA 5. 234 Población encuestada en la parroquia San Blas.

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

Con el total de personas encuestadas se obtuvieron los siguientes resultados, en base a las 14 preguntas formuladas, las mismas que son de mayor relevancia al momento de analizar el estado socio – económico de la población, en base al INEC, 2010, las cuales se detallan a continuación en las **Tablas 5.15 a 5.28**.

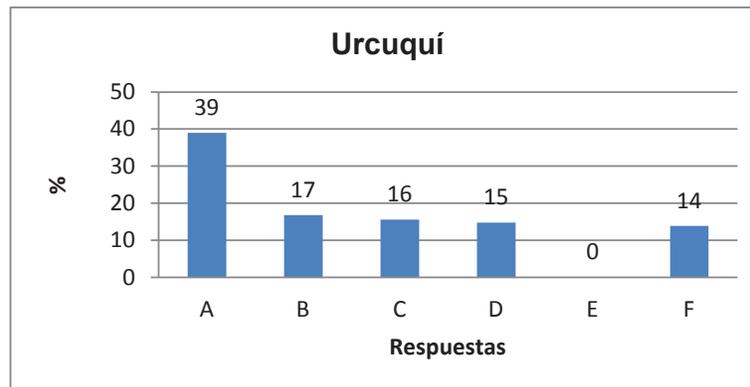
Pregunta 1: ¿Qué tipo de vivienda posee usted?

TABLA 5. 15 Tipos de vivienda población encuestada.

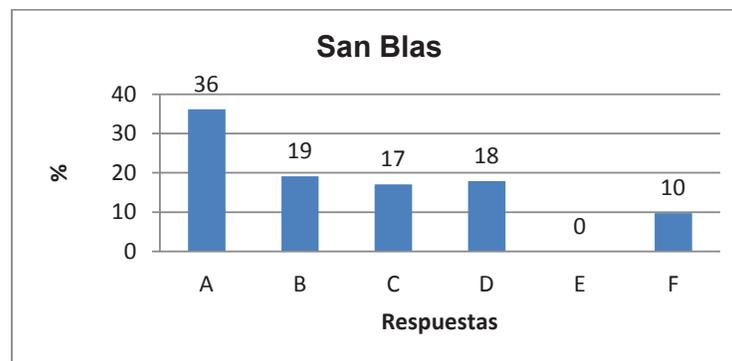
Opciones de respuesta		Urcuquí	%	San Blas	%
A	Casa/ villa	135	39	89	36
B	Departamento en casa	58	17	47	19
C	Mediagua	54	16	42	17
D	Cuarto(s) en casa de inquilinato	51	15	44	18
E	Rancho	0	0	0	0
F	Covacha o Choza	48	14	24	10
TOTAL		346	100	246	100

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

El resultado de la primera pregunta, "**¿Qué tipo de vivienda posee usted?**", reveló, que más del 50% de los encuestados en ambas parroquias viven en un hogar con comodidades, corroborando estos valores con el último censo de Población y Vivienda (2010).

FIGURA 5. 25 Tipos de vivienda de la población de la parroquia Urcuquí.

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

FIGURA 5. 26 Tipos de vivienda de la población de la parroquia San Blas.

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

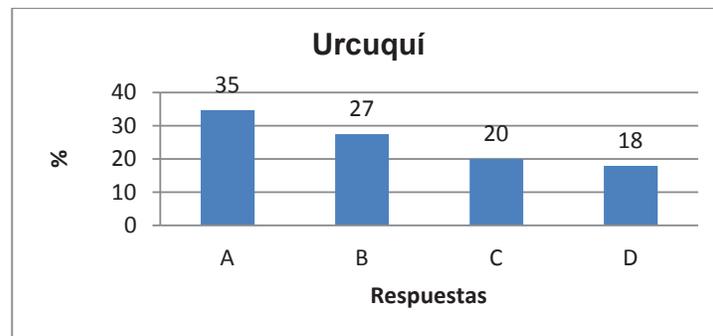
Pregunta 2: Número de pisos de su vivienda:**TABLA 5. 16 Número de pisos de viviendas de la población encuestada.**

Opciones de respuesta		Urcuquí	%	San Blas	%
A	1	120	35	102	41
B	2	95	27	91	37
C	3	69	20	53	22
D	4 o más	62	18		0
TOTAL		346	100	246	100

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

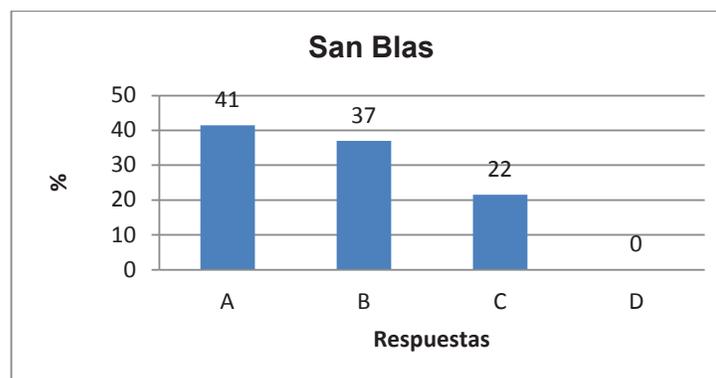
El resultado de la segunda pregunta, “Número de pisos de su vivienda”, reveló en las parroquias de San Blas y Urcuquí, que el 41% y 35% de los encuestados poseen un solo piso en su vivienda, respectivamente, lo que indica que la mayor parte de la población habita en más de una planta.

FIGURA 5. 27 Número de pisos de viviendas de la población de la parroquia Urcuquí.



Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

FIGURA 5. 28 Número de pisos de viviendas de la población de la parroquia San Blas.



Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

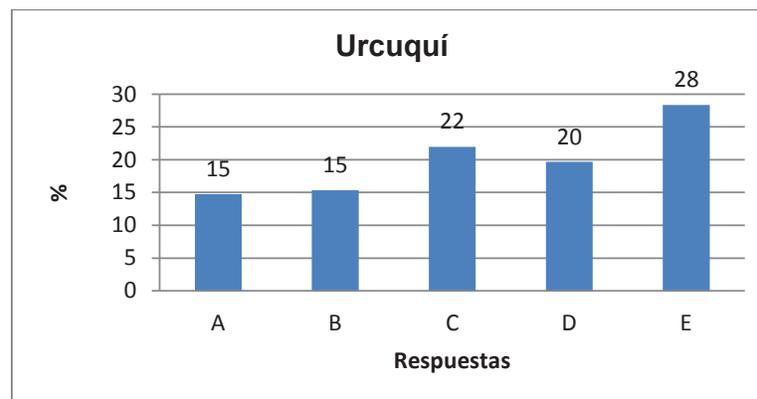
Pregunta 3: Número de personas que habitan en su vivienda:

TABLA 5. 17 Número de personas por vivienda de la población encuestada.

Opciones de respuesta		Urququí	%	San Blas	%
A	1	51	15	35	14
B	2	53	15	46	19
C	3	76	22	53	22
D	4	68	20	41	17
E	5 o más	98	28	71	29
TOTAL		346	100	246	100

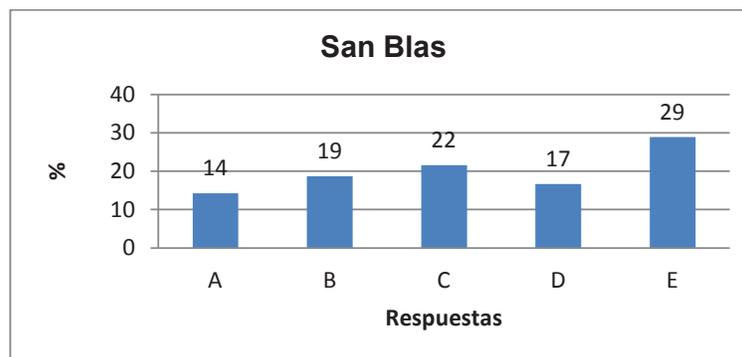
Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

El resultado de la tercera pregunta, “**Número de personas que habitan en su vivienda**”, reveló en las parroquias de San Blas y Urququí que el 29% y 28% de los encuestados habitan conjuntamente con 4 o más personas en su vivienda, respectivamente, mientras que el 14% y 15% de los mismos habitan solos en su vivienda, respectivamente; demostrándose que el índice de hacinamiento es muy elevado, siendo este un indicador de bajo desarrollo social, evidenciando que dicha parroquia se encuentra en vías de desarrollo.

FIGURA 5. 29 Número de personas por vivienda de la población de la parroquia Urququí.

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

FIGURA 5. 30 Número de personas por vivienda de la población de la parroquia San Blas.



Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

Pregunta 4: ¿Qué servicios posee su vivienda?

TABLA 5. 18 Servicios existentes en viviendas de la población encuestada.

Opciones de respuesta		Urcuquí	%	San Blas	%
A	Agua potable*	346	100	230	93
B	Alcantarillado sanitario	343	99	244	99
C	Energía eléctrica	345	100	240	98
D	Teléfono	288	83	123	50
E	Otros	158	46	56	23
TOTAL		346	100	246	100

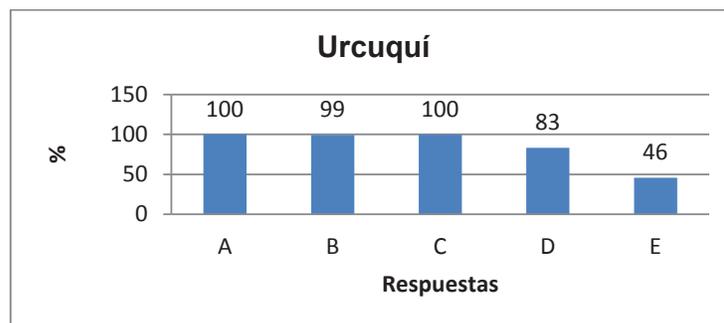
Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

Nota:

* Respecto al servicio de agua potable, en la **Tabla 5.18.**, se especifica la procedencia del agua a los pobladores, puesto que, por motivo de comparación con los resultados de la encuesta con el último censo de Población y Vivienda (INEC, 2010), en la presente pregunta se consideró como servicio de agua potable al servicio de agua en general, sin tomar en cuenta si esta provenía de la red pública o directamente de la vertiente u otro medio.

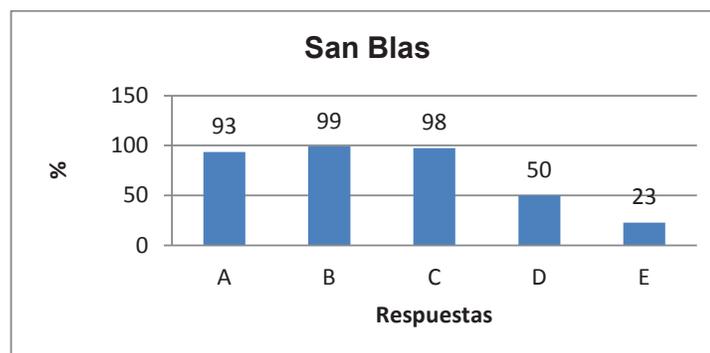
El resultado de la cuarta pregunta, “**¿Qué servicios posee su vivienda?**”, reveló en las parroquias de San Blas y Urcuquí que casi la totalidad de los habitantes poseen agua potable, alcantarillado sanitario y energía eléctrica, siendo estos los servicios básicos necesarios para satisfacer sus necesidades básicas.

FIGURA 5. 31 Servicios existentes en las viviendas de la población de la parroquia Urcuquí.



Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

FIGURA 5. 24 Servicios existentes en las viviendas de la población de la parroquia San Blas.



Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

Pregunta 5: ¿Cuál es su nivel de educación?

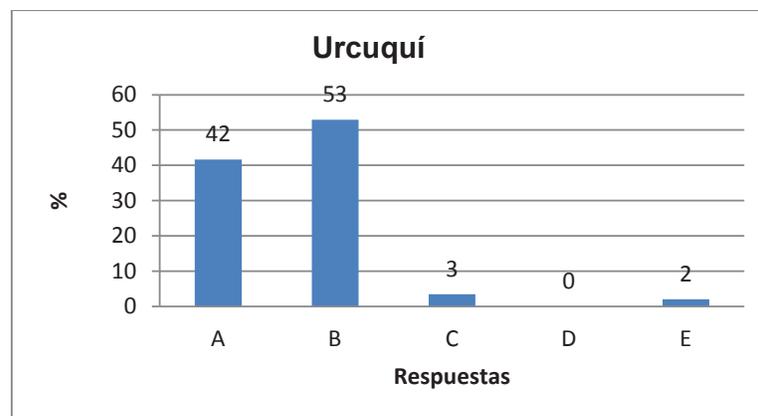
TABLA 5. 19 Nivel de educación de la población encuestada.

Opciones de respuesta		Urcuquí	%	San Blas	%
A	Primaria	144	42	117	48
B	Secundaria	183	53	102	41
C	Pregrado	12	3	10	4
D	Postgrado	0	0	5	2
E	Otros	7	2	12	5
TOTAL		346	100	246	100

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

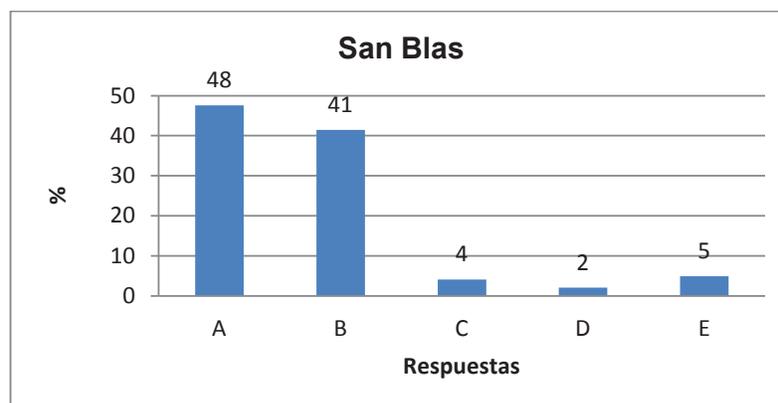
El resultado de la quinta pregunta, “¿Cuál es su nivel de educación?”, reveló en las parroquias de San Blas y Urcuquí, que el 48% y 42% de los encuestados posee solamente un nivel de educación primaria, respectivamente; además tan solo el 4% y 3% de los encuestados posee un título de pregrado, indicando que la población posee un elevado índice de analfabetismo y un bajo nivel de desarrollo social, confirmando estos resultados con los datos obtenidos en el último censo de Población y Vivienda (2010).

FIGURA 5. 25 Nivel de educación de la población de la parroquia Urcuquí.



Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

FIGURA 5. 26 Nivel de educación de la población de la parroquia San Blas.



Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

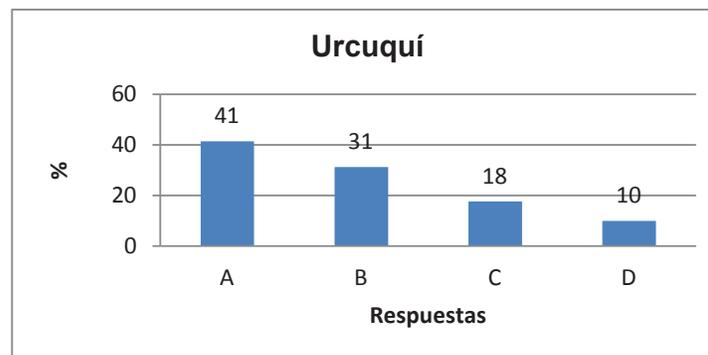
Pregunta 6: ¿Cuál es su ingreso mensual?

TABLA 5. 20 Ingreso mensual de la población encuestada.

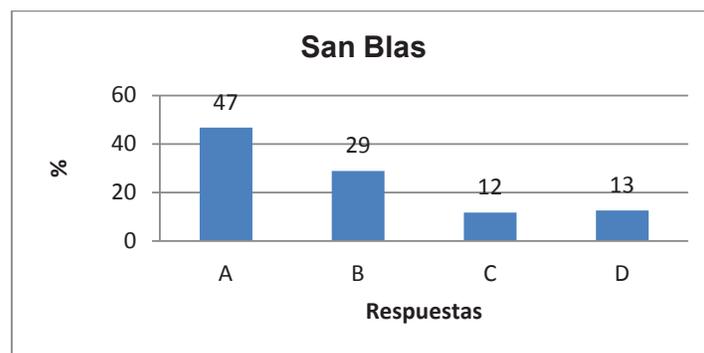
Opciones de respuesta		Uruguí	%	San Blas	%
A	Menos de 340 USD	143	41	115	47
B	340 USD	108	31	71	29
C	Más de 340 USD	61	18	29	12
D	No recibe sueldo	34	10	31	13
TOTAL		346	100	246	100

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

El resultado de la sexta pregunta, “¿Cuál es su ingreso mensual?” reveló en las parroquias de San Blas y Uruguí que el 47% y 41% de los encuestados viven con menos de un salario básico vital (\$340) mensualmente, respectivamente, evidenciándose que existe un elevado índice de pobreza en la población.

FIGURA 5. 275 Ingreso mensual de la población de la parroquia Uruguí.

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

FIGURA 5. 28 Ingreso mensual de la población de la parroquia San Blas.

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

Pregunta 7: ¿A qué se dedica usted?

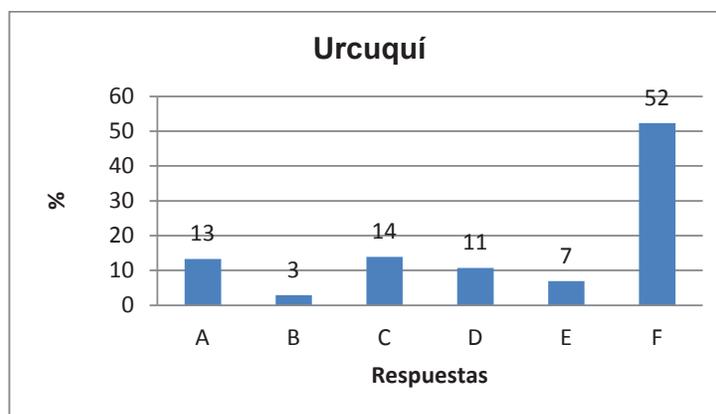
TABLA 5. 16 Ocupación de los pobladores de la población encuestada.

Opciones de respuesta		Urququí	%	San Blas	%
A	Agricultor	46	13	48	20
B	Ganadero	10	3	8	3
C	Empleado Público	48	14	29	12
D	Empleado Privado	37	11	12	5
E	Estudiante	24	7	13	5
F	Otros	181	52	136	55
TOTAL		346	100	246	100

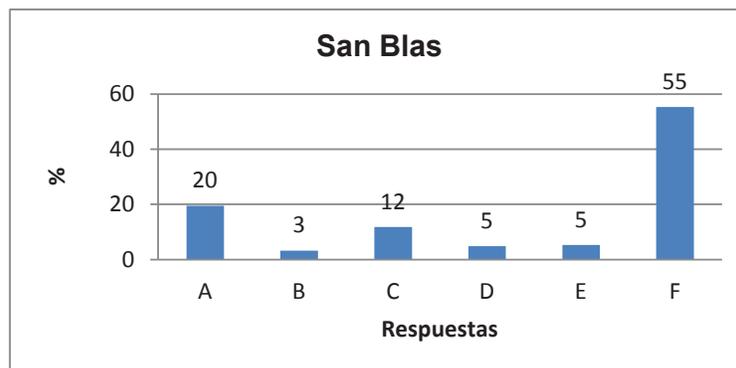
Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

El resultado de la séptima pregunta, “¿A qué se dedica usted?” reveló en las parroquias de San Blas y Urququí, que el 20% y 13% de los encuestados se dedican a la agricultura como fuente de obtención de ingresos, respectivamente, evidenciando que la población se dedica de manera general al comercio y a la agricultura, corroborando estos datos con los obtenidos en el último censo de Población y Vivienda (2010).

FIGURA 5. 29 Ocupación de los pobladores de la parroquia Urququí.



Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

FIGURA 5. 30 Ocupación de los pobladores de la parroquia San Blas.

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

Pregunta 8. ¿De dónde proviene principalmente el agua que recibe su vivienda?

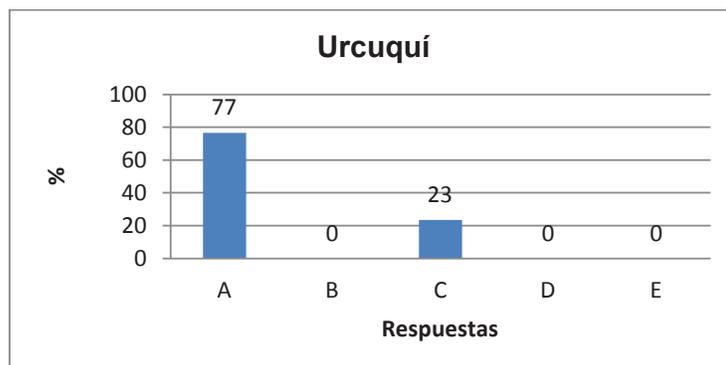
TABLA 5. 17 Procedencia principal de agua recibida en la población encuestada.

Opciones de respuesta		Urcuquí	%	San Blas	%
A	Red Pública	265	77	187	76
B	Pozo	0	0		0
C	Río, vertiente, acequia o canal	81	23	59	24
D	Carro repartidor	0	0		0
E	Otro	0	0		0
TOTAL		346	100	246	100

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

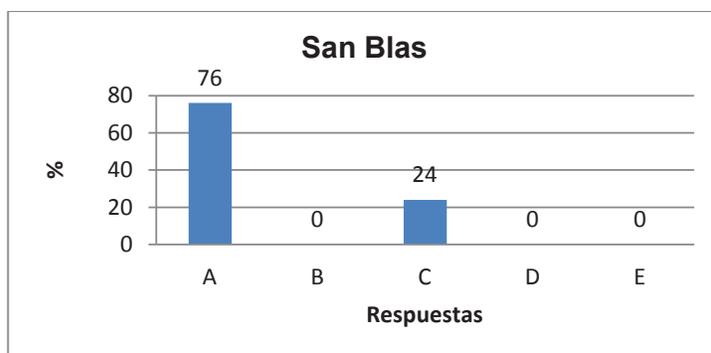
El resultado de la octava pregunta, “**¿De dónde proviene principalmente el agua que recibe su vivienda?**” reveló en las parroquias de San Blas y Urcuquí, que el 76% y 77% de los encuestados consumen agua potable proveniente de la red pública, respectivamente, indicando que la gran mayoría de la población se dota del recurso agua que dispone el municipio, sin embargo al ser el agua un recurso básico se debe dotar a la totalidad de la población, corroborando estos datos con los obtenidos en el último censo de Población y Vivienda (2010).

FIGURA 5. 31 Procedencia principal de agua recibida en la parroquia Urcuquí.



Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

FIGURA 5. 32 Procedencia principal de agua recibida en la parroquia San Blas.



Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

Pregunta 9: Especifique la cantidad de agua que llega a su hogar o negocio.

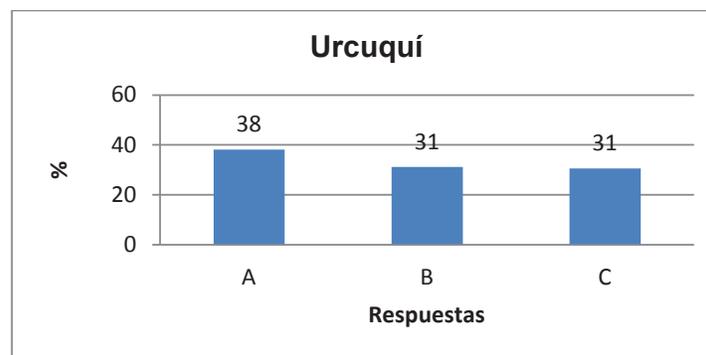
TABLA 5. 183 Cantidad de agua que dota a la población en la población encuestada.

Opciones de respuesta		Urcuquí	%	San Blas	%
A	Suficiente	132	38	123	50
B	Insuficiente	108	31	39	16
C	Escaso	106	31	84	34
TOTAL		346	100	246	100

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

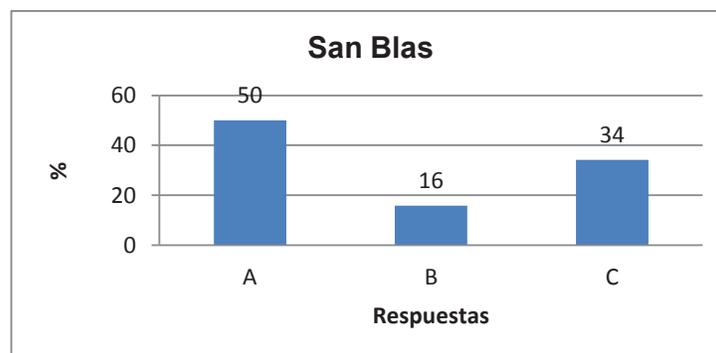
El resultado de la novena pregunta, **“Especifique la cantidad de agua que llega a su hogar o negocio”**, reveló en las parroquias de San Blas y Urcuquí, que tan solo el 50% y 38% de los encuestados, respectivamente, aseguran que la cantidad de agua que les abastece es suficiente para emplearla en los diferentes usos cotidianos, puesto que la cantidad de agua que llega a sus viviendas es escasa, debido a los continuos e imprevistos cortes de agua que experimentan, evidenciándose la insatisfacción de dotación del recurso hídrico.

FIGURA 5. 433 Cantidad de agua que llega a la población de Urcuquí.



Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

FIGURA 5. 434 Cantidad de agua que llega a la población de San Blas.



Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

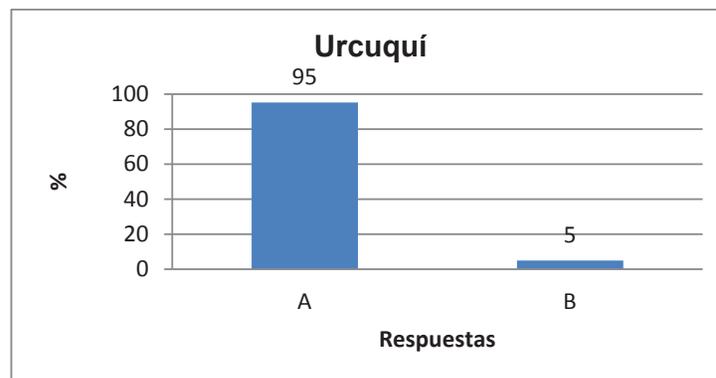
Pregunta 10: ¿Paga por el agua que consume?

TABLA 5. 19 Pago por el agua de consumo de la población encuestada.

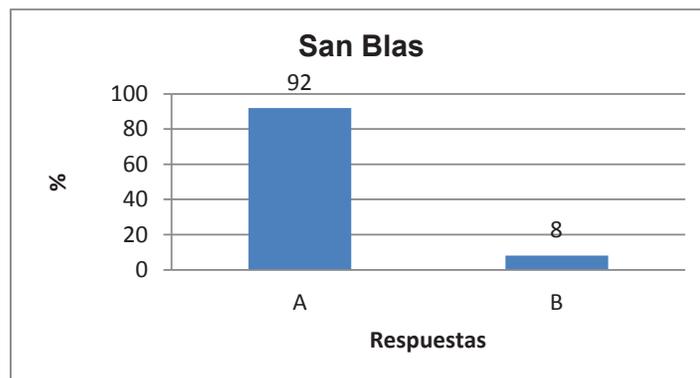
Opciones de respuesta		Urququí	%	San Blas	%
A	Si	329	95	226	92
B	No	17	5	20	8
TOTAL		346	100	246	100

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

El resultado de la décima pregunta, “¿Paga por el agua que consume?”, reveló en la parroquia de San Blas que el 92% de la población encuestada si paga por el agua que consume, y el 8% restante no lo hace. Mientras que en la parroquia de Urququí, el 95 % de los encuestados si paga por la cantidad de agua que consume, y el 5% restante no la hace.

FIGURA 5. 35 Pago por el agua de consumo de la parroquia Urququí.

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

FIGURA 5. 36 Pago por el agua de consumo de la parroquia San Blas.

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

Pregunta 11: ¿Cree usted que el costo que paga por el servicio de agua que recibe es el adecuado?

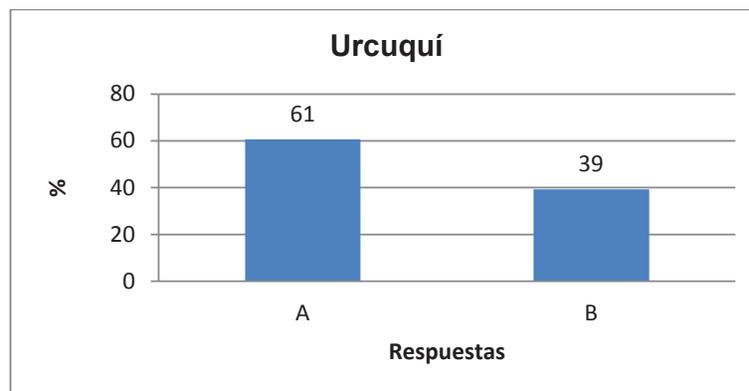
TABLA 5. 20 Consideración de la población encuestada sobre el costo de servicio de agua.

Opciones de respuesta		Urcuquí	%	San Blas	%
A	Si	210	61	162	66
B	No	136	39	84	34
TOTAL		346	100	246	100

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

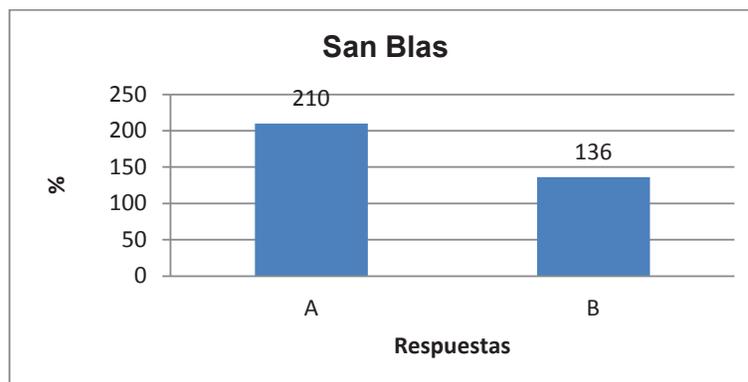
El resultado de la décima primera pregunta, “¿Cree usted que el costo que paga por el servicio de agua que recibe es el adecuado?”, reveló en las parroquias de San Blas y Urcuquí, que el 34% y 39% de la población encuestada no está conforme con el costo del servicio de agua potable que recibe, respectivamente, argumentando que el agua no es de buena calidad, a más de que existe escasez y cortes inesperados continuos.

FIGURA 5. 37 Consideración de la población de Urcuquí sobre el costo de servicio de agua.



Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

FIGURA 5. 386 Consideración de la población de San Blas sobre el costo de servicio de agua.



Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

Pregunta 12: ¿Cómo califica usted el servicio de agua potable que recibe?

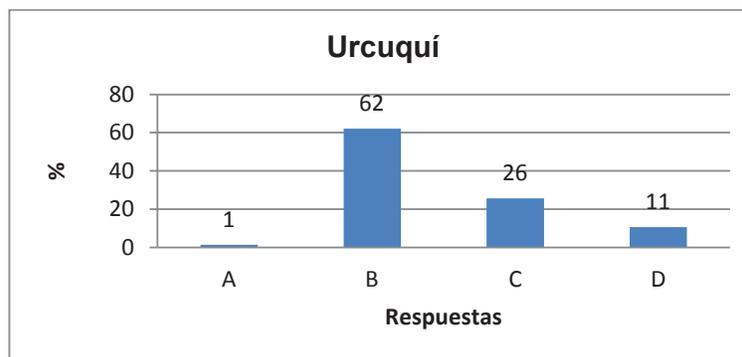
TABLA 5. 21 Ponderación del servicio de agua potable que recibe la población encuestada.

Opciones de respuesta		Uruguí	%	San Blas	%
A	Óptimo	5	1	0	0
B	Muy Buena	215	62	111	45
C	Buena	89	26	88	36
D	Mala	37	11	47	19
TOTAL		346	100	246	100

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

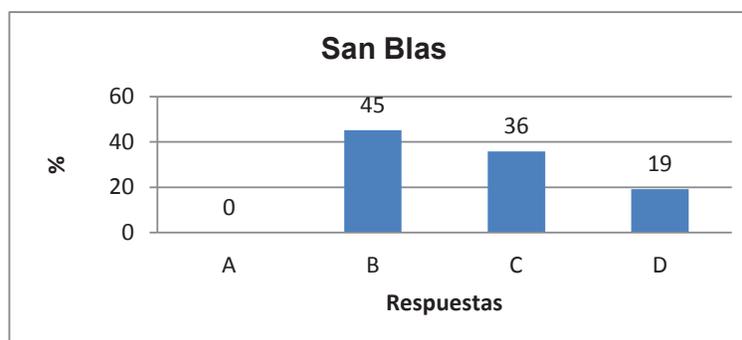
El resultado de la décima segunda pregunta, “**¿Cómo califica usted el servicio de agua potable que recibe?**”, reveló en las parroquias de San Blas y Uruguí, que solamente el 45% y 62% de los encuestados califica el servicio de agua potable que recibe como muy bueno, respectivamente, indicando que el servicio que ofrece el municipio no es el deseado, puesto que ninguna persona lo calificó como óptimo, debido a que la población experimenta frecuentes e inesperados cortes de agua durante cualquier época del año.

FIGURA 5. 39 Ponderación del servicio de agua potable que recibe la población de Urququí.



Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

FIGURA 5. 40 Ponderación del servicio de agua potable que recibe la población de San Blas.



Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

Pregunta 13: ¿Considera usted que se debería implementar un nuevo sistema de abastecimiento de agua potable?

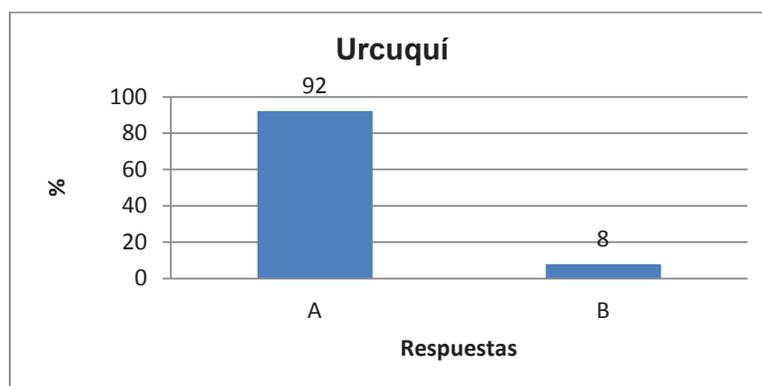
TABLA 5. 22 Consideración sobre la implementación de un nuevo sistema de abastecimiento de agua potable para la población encuestada.

Opciones de respuesta		Urququí	%	San Blas	%
A	Si	319	92	233	95
B	No	27	8	13	5
TOTAL		346	100	246	100

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

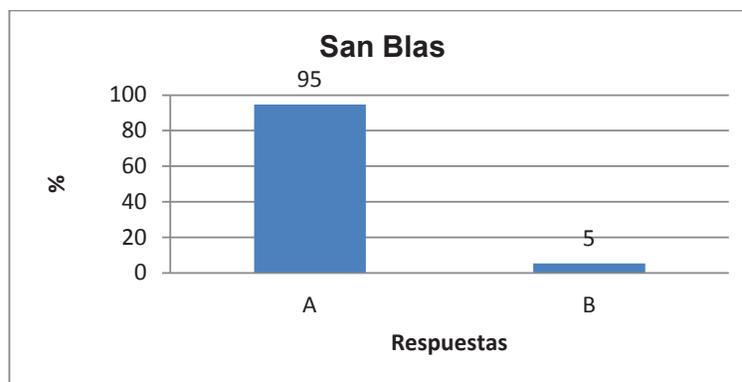
El resultado de la décima tercera pregunta, “¿Considera usted que se debería implementar un nuevo sistema de abastecimiento de agua potable?”, reveló en las parroquias de San Blas, que el 95% y 92% de la población encuestada considera muy oportuno implementar un nuevo sistema de abastecimiento de agua potable, respectivamente, asegurando que sería muy adecuado debido a los frecuentes perjuicios que genera el actual sistema de abastecimiento, para mejorar la calidad y la cantidad del recurso agua para dotar a la población.

FIGURA 5. 41 Consideración de la población sobre la implementación de un nuevo sistema de abastecimiento de agua potable para la parroquia de Urcuquí.



Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

FIGURA 5. 42 Consideración de la población sobre la implementación de un nuevo sistema de abastecimiento de agua potable para la parroquia de San Blas.



Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

Pregunta 14: ¿Si el servicio de agua mejoraría, estaría usted dispuesto a pagar más por el mismo?

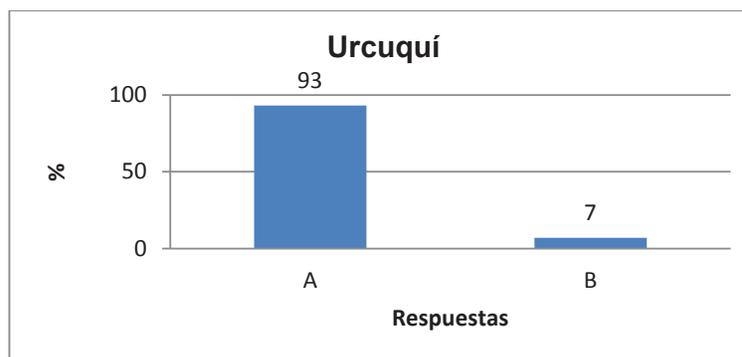
TABLA 5. 23 Disposición a pagar por la implementación de un nuevo sistema de abastecimiento de agua potable.

Opciones de respuesta		Urcuquí	%	San Blas	%
A	Si	322	93	162	66
B	No	24	7	84	34
TOTAL		346	100	246	100

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

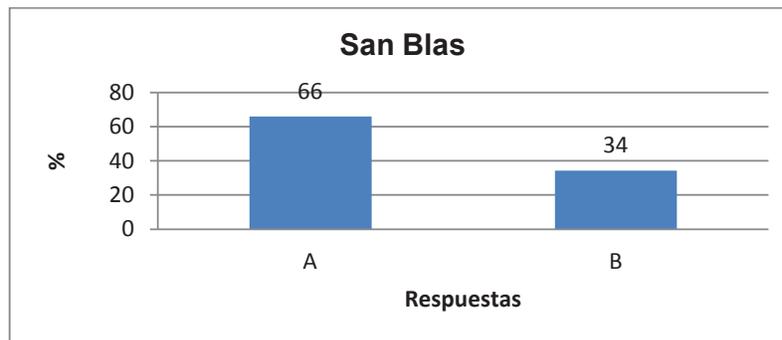
El resultado de la décima cuarta pregunta, “¿Si el servicio de agua mejoraría, estaría usted dispuesto a pagar más por el mismo?”, reveló en las parroquias de San Blas y Urcuquí, que el 66% de la población encuestada estaría dispuesta a pagar más por un servicio de calidad, respectivamente, siempre y cuando el servicio de agua potable mejore, tanto en cantidad como en calidad, para contribuir al desarrollo de la población.

FIGURA 5. 43 Disposición a pagar por la implementación de un nuevo sistema de abastecimiento de agua potable en la parroquia de Urcuquí.



Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

FIGURA 5. 44 Disposición a pagar por la implementación de un nuevo sistema de abastecimiento de agua potable en la parroquia San Blas.



Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

La población respondió a las encuestas con honestidad y verdad, valores que fueron mencionados antes de realizar la misma. Entre las principales observaciones de la población encuestada se encuentran las relacionadas a la mala calidad de agua, haciendo incapié en que el agua que consumen posee elevada turbiedad con considerable carga de sólidos en suspensión, además propiciando la generación de infecciones estomacales frecuentes, a más de continuos cortes de dotación del recurso.

5.2.2. Demanda hídrica

Para poder determinar la demanda de agua potable para las parroquias de Urcuquí y San Blas, en base a bibliografía consultada, se parte de la condición de que la demanda corresponde a la cantidad de agua que realmente consume un usuario bajo ciertas condiciones de precio y disponibilidad del mismo. (Zaldívar, E. 2012)

También se considera que la demanda la generan todas las personas que están en el área objeto de estudio independientemente de estar o no conectadas a la red pública de agua potable; es por ello que para proyectar la demanda es necesario conocer crecimiento demográfico a futuro de la población y además se debe considerar que los usuarios que tienen medidor tienen una conducta de consumo diferente de aquellos que no cuentan con él; puesto que, los primeros

demandarán la cantidad de agua que satisface sus necesidades y que pueden pagar, mientras los habitantes que no poseen medidor pueden llegar a demandar tanta agua como les sea posible. (Zaldívar, E. 2012)

Para proyectar la demanda en el tiempo, se considera que las necesidades del consumidor se mantienen constantes, al igual que las tarifas de pago para no afectar la capacidad de pago de los consumidores.

De esta manera, en base a datos proporcionados por el Director del Agua Potable del GAD Municipal del cantón San Miguel de Urcuquí, se tiene que para el año 2013 el consumo total de agua por parte de los habitantes de la parroquia Urcuquí fue de 344.989,00 m³, mientras que para la parroquia San Blas, el total de agua consumida fue de 174.810,00 m³.

Sin embargo, según el INEC en el último censo de Población y Vivienda realizado en el año 2010 se estima que sólo el 87,29% de la población de la parroquia Urcuquí tiene acceso a la red pública, mientras que en la parroquia San Blas sólo el 74,66%, por lo que en base a encuestas realizadas se estimó que el resto de la población que no tiene acceso a la red pública consumen un valor aproximado de 3.085,44 m³ al año en la parroquia Urcuquí, mientras que en la parroquia San Blas consumen alrededor de 3.431,18 m³ al año.

Cabe recalcar que los datos mencionados, en base al alcance del presente proyecto, son específicamente de consumo.

Según el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), la dotación neta corresponde a la cantidad mínima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante.

Para hallar la demanda total de agua se utiliza el número de población del horizonte de diseño, ya que si el GAD municipal pretende mantener el sistema actual de distribución del agua se podrá conocer el requerimiento de cada habitante para satisfacer sus necesidades, para ello se tiene:

$$Demanda_{Urc} = \frac{348074,44 \text{ m}^3}{\text{año}} \times \frac{10^3 \text{ L}}{\text{m}^3} \times \frac{\text{año}}{365 \text{ días}} \times \frac{1}{8991 \text{ habt}}$$

$$Demanda_{Urc} = 106,06 \frac{\text{L}}{\text{hab} \times \text{día}}$$

$$Demanda_{San Blas} = \frac{178241,18 \text{ m}^3}{\text{año}} \times \frac{10^3 \text{ L}}{\text{m}^3} \times \frac{\text{año}}{365 \text{ días}} \times \frac{1}{4008 \text{ habt}}$$

$$Demanda_{San Blas} = 121,84 \frac{\text{L}}{\text{hab} \times \text{día}}$$

5.2.3. Oferta Hídrica

Para el presente caso, la oferta corresponde a la determinación de la disponibilidad de agua en un territorio. Es decir, corresponde a “aquella porción de agua apta para un fin específico, que puede utilizarse de manera económicamente eficiente, que estaría disponible a largo plazo y cuyo desvío del circuito natural es ecológicamente aceptable”. Faith and Sustainable Technologies, FAST (s.f.)

Como se mencionó en la **Tabla 5.1**, en el cantón San Miguel de Urququí, el caudal medio diario ofertado para la parroquia de Urququí, desde las captaciones de la vertiente Alofitara hasta la planta de tratamiento Urququí corresponde a un valor de 15,67 L/s, mientras que para la parroquia San Blas, se tiene un caudal del 14,21 L/s captado desde la vertiente Conrayaro hasta la planta de tratamiento sin ninguna desviación a lo largo de la conducción del agua.

Sin embargo, según los datos del municipio de Urququí se tiene alrededor de un 5% de pérdidas (fugas) desde la conducción del agua hasta la planta, por lo que se tiene un abastecimiento actual de:

$$Q_{Urc.} = 15,67 \frac{\text{L}}{\text{segundo}} \times 0,05 = 14,89 \frac{\text{L}}{\text{segundo}}$$

$$Q_{San Blas} = 14,21 \frac{L}{segundo} \times 0,05 = 13,5 \frac{L}{segundo}$$

A más de ello, se informó, que existen otras pérdidas, estas comprenden entre el 3% y 5% del caudal medio diario para atender las necesidades de lavado de las estructuras existentes, para el caso del presente cálculo del abastecimiento actual se toma el valor del 5%.

$$Q_{Urc.} = 14,89 \frac{L}{segundo} \times 0,05 = 14,15 \frac{L}{segundo}$$

$$Q_{San Blas} = 13,5 \frac{L}{segundo} \times 0,05 = 12,83 \frac{L}{segundo}$$

5.2.3.1. Dotación de agua potable

“Es la cantidad de agua requerida por una persona durante las 24 horas del día para satisfacer las necesidades de carácter doméstico en una forma continua y permanente, y se fijará en base a las condiciones particulares de cada población, considerando: condiciones climáticas, servicios públicos, necesidades de la industria, la protección contra incendios, necesidades municipales, riego de jardines”. (Normas Para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes (CPE INEN 5:1992))

5.2.3.1.1. Gasto Medio Diario

Según el MIDUVI, la dotación neta máxima de agua potable por fraccionamientos habitacionales para un nivel de complejidad del sistema de agua potable medio, es de $175 \frac{L}{hab \times día}$; es así que para conocer el gasto medio de la cantidad de agua requerida para satisfacer las necesidades de una población en un día de consumo promedio es de:

$$Q_{med} = \frac{P \times D}{86400} \quad (5.2)$$

donde,

Q_{med} = Gasto medio diario en L/s.

P = Número de habitantes.

D = Dotación en L / hab / día.

Para la proyección realizada hasta el año 2034, se obtuvo que la parroquia Urcuquí registrará una proyección de 8.991 habitantes, mientras que la parroquia de San Blas al mismo año registrará una proyección de 4.008 habitantes. En base a esta población, se calcula el gasto medio diario requerido por la población:

$$Q_{med_{Urc}} = \frac{8991 \text{ hab} \times 175 \text{ L}}{86400}$$

$$Q_{med_{Urc}} = 18,21 \text{ L/s}$$

$$Q_{med_{San Blas}} = \frac{4008 \text{ hab} \times 175 \text{ L}}{86400}$$

$$Q_{med_{San Blas}} = 8,12 \text{ L/s}$$

5.2.3.1.2. Gasto Máximo Diario

Es el caudal que debe proporcionar la fuente de abastecimiento y, se utiliza para diseñar la obra de captación así como equipos de bombeo.

$$Q_{md} = CVd \times Q_{med} \quad (5.3)$$

donde,

Q_{md} = Gasto máximo diario en L/s.

CVd = Coeficiente de variación diaria (de 1,2 a 1,5) Se toma el valor de 1,3 por nivel de complejidad medio (RAS, 2000).

Qmed = Gasto medio diario en L/s.

$$Qmd_{Urc} = 1,3 \times 18,21 L/s$$

$$Qmd_{Urc} = 23,67 L/s \text{ aproximadamente}$$

$$Qmd_{San Blas} = 1,3 \times 8,12 L/s$$

$$Qmd_{San Blas} = 10,56 L/s \text{ aproximadamente}$$

5.2.3.1.3. Gasto Máximo Horario

El gasto máximo horario, es el requerido para satisfacer las necesidades de la población en el día y a la hora de máximo consumo. Se utiliza para diseñar principalmente la línea de alimentación a la red.

$$Qmh = CVh \times Qmd \quad (5.4)$$

donde,

Qmh = Gasto máximo horario en L/s.

CVh = Coeficiente de variación horaria (de 1,5 a 2,0) Se toma un valor de 1,5 para tuberías entre 4" y 12".

Qmd = Gasto máximo diario en L/s.

$$Qmh_{Urc} = 1,5 \times 23,67 L/s$$

$$Qmh_{Urc} = 35,51 L/s \text{ aproximadamente}$$

$$Qmd_{San\ Blas} = 1,5 \times 10,56 L/s$$

$$Qmd_{San\ Blas} = 15,84 L/s \text{ aproximadamente}$$

5.2.3.1.4. Caudal de Incendios

En base a las Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes (CPE INEN 5:1992) se establece que la dotación de agua contra incendios para poblaciones de 5000 habitantes debe calcularse considerando 1 incendio que demanda 10 L/s, por lo tanto el caudal para combate de incendios será de 10L/s para la parroquia de San Blas, mientras que para la parroquia de Urcuquí se considera un caudal de incendios de 20 L/s con la ocurrencia de 2 incendios simultáneos.

5.2.4. Demanda Insatisfecha

Para poder identificar la demanda insatisfecha, se considera que se va a suministrar el agua las 24 horas a los pobladores de las parroquias objeto de estudio.

Se realiza asumiendo que el caudal ofertado se mantiene constante, es decir, 14,15 L/s para la parroquia de Urcuquí, y 12,83 L/s para la parroquia San Blas presentando pérdidas, que correspondería al peor escenario, se obtiene que:

TABLA 5. 29 Proyección de la Demanda Insatisfecha parroquia Urcuquí.

AÑO	POBLACIÓN		OFERTA	DEMANDA	DEMANDA INSATISFECHA
	Urcuquí	Yachay	L/s	L/s	L/s
2011	5663	-	14,15	7,01	-7,14
2012	5778	-	14,15	7,16	-6,99
2013	5895	-	14,15	7,30	-6,85
2014	6015	187	14,15	7,68	-6,47
2015	6137	687	14,15	8,45	-5,70

CONTINUACIÓN Tabla 5. 29

2016	6262	1187	14,15	9,22	-4,93
2017	6389	1687	14,15	10,00	-4,15
2018	6518	2187	14,15	10,78	-3,37
2019	6651	2687	14,15	11,56	-2,59
2020	6786	3187	14,15	12,35	-1,80
2021	6924	3687	14,15	13,14	-1,01
2022	7064	4187	14,15	13,93	-0,22
2023	7208	4687	14,15	14,73	0,58
2024	7354	5187	14,15	15,53	1,38
2025	7503	5687	14,15	16,34	2,19
2026	7656	6187	14,15	17,14	2,99
2027	7811	6687	14,15	17,95	3,80
2028	7970	7187	14,15	18,77	4,62
2029	8131	7687	14,15	19,59	5,44
2030	8297	8187	14,15	20,41	6,26
2031	8465	8687	14,15	21,24	7,09
2032	8637	9187	14,15	22,07	7,92
2033	8812	9687	14,15	22,91	8,76
2034	8991	10187	14,15	23,75	9,60

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

TABLA 5. 30 Proyección de la Demanda Insatisfecha parroquia San Blas.

AÑO	POBLACIÓN	OFERTA	DEMANDA	DEMANDA INSATISFECHA
		L/s	L/s	L/s
2011	3177	12,83	4,49	-8,34
2012	3209	12,83	4,53	-8,30
2013	3242	12,83	4,58	-8,25
2014	3275	12,83	4,62	-8,21
2015	3308	12,83	4,67	-8,16
2016	3342	12,83	4,72	-8,11
2017	3376	12,83	4,77	-8,06
2018	3410	12,83	4,82	-8,01
2019	3445	12,83	4,86	-7,97
2020	3480	12,83	4,91	-7,92
2021	3515	12,83	4,96	-7,87
2022	3551	12,83	5,01	-7,82
2023	3587	12,83	5,06	-7,77
2024	3623	12,83	5,12	-7,71
2025	3660	12,83	5,17	-7,66
2026	3697	12,83	5,22	-7,61

CONTINUACIÓN Tabla 5. 30

2027	3734	12,83	5,27	-7,56
2028	3772	12,83	5,33	-7,50
2029	3811	12,83	5,38	-7,45
2030	3849	12,83	5,44	-7,39
2031	3888	12,83	5,49	-7,34
2032	3928	12,83	5,55	-7,28
2033	3968	12,83	5,60	-7,23
2034	4008	12,83	5,66	-7,17

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

Como se puede observar en las **Tablas 5.29 y 5.30**, presentadas, en la parroquia de Urcuquí debido al crecimiento de la población por la implementación de la Ciudad del Conocimiento Yachay, se tiene que para el año 2023 no se satisface la demanda de agua de los pobladores, es decir, no pueden disponer del recurso las 24 horas del día; mientras que para la parroquia San Blas la oferta de agua satisface la demanda de toda la población hasta el año 2034 que corresponde al periodo de diseño.

5.3. ANÁLISIS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EXISTENTE PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA.

5.3.1. Análisis de la planta de potabilización de la parroquia Urcuquí.

Como se conoce, una planta potabilizadora puede operar con la combinación de uno o más procesos unitarios de potabilización, según sea el tipo de desinfección que se quiera realizar. En el caso de la parroquia Urcuquí, la planta de potabilización consta de las siguientes unidades:

- **Sedimentador**

En primer lugar, cabe mencionar que se entiende por sedimentación a aquel proceso por medio del cual los sólidos en suspensión en un fluido son separados del mismo, debido al efecto de la gravedad.

La forma de sedimentación utilizada en la purificación del agua en esta planta, es de tipo horizontal, es decir, trata con sólidos o partículas que no cambian de densidad, tamaño o formar al descender en el líquido. (Arboleda, 2000). Esto se pudo evidenciar con los resultados de los análisis de los parámetros físicos efectuados.

Para la parroquia de Urcuquí se cuenta con un sedimentador formado por un solo compartimento al que ingresa un caudal de 14,15 L/s, cuyas dimensiones son:

- Longitud (L): 8,80 m
- Ancho (W): 4,30 m
- Profundidad (H): 2,70 m (sin restar 0,3 m de borde libre).

En base a estas dimensiones se obtiene un volumen del sedimentador (V) de:

$$V = L \times W \times H \quad (5.5)$$

$$V = 8,8m \times 4,3m \times 2,7m$$

$$V = 102,2 m^3$$

Y se obtiene un área de:

$$A = L \times W \quad (5.6)$$

$$A = 8,8m \times 4,3m$$

$$A = 37,84 m^2$$

Según Arboleda (2000), los tipos de sedimentadores, clasificados según el sentido del flujo, trabajan adecuadamente en base a ciertos rangos de la rata del flujo; para el caso de la presente planta el rango se encuentra entre 15 a 40m³/m²/día. Como la planta trabaja con un caudal de 14,15 L/s; se tiene una rata de flujo de:

$$rata\ de\ flujo = 14,15 \frac{L}{s} \times \frac{86400\ s}{día} \times \frac{m^3}{10^3 L} \times \frac{1}{37,84\ m^2}$$

$$rata\ de\ flujo = 32,3 \frac{m^3}{m^2 \times día}$$

En base a este resultado, se corrobora que para la rata de flujo calculada, el diseño del sedimentador es el adecuado.

- **Filtros lentos ascendentes**

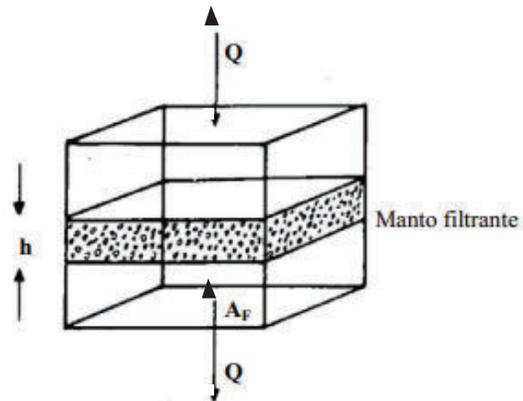
Una vez que el agua pasa por el sedimentador, esta se dirige a un sistema de filtros lentos ascendentes; como se conoce, el objeto de la filtración es separar del agua aquellas partículas que no fueron retenidas durante la sedimentación.

Es así, que la filtración se la puede realizar de varias formas, para el caso específico de la planta de potabilización de Urcuquí, el proceso se realiza por medio de filtros lentos; es decir, con baja carga superficial y con flujo ascendente de abajo hacia arriba. El medio filtrante está compuesto por granos de arena redondeados, el diámetro efectivo de la arena es de 0,15mm. La profundidad del lecho es de 0,6 m., el coeficiente de uniformidad corresponde a un valor de 2,5; el medio de soporte está conformado por ripio, granillo y piedra bola. El sistema posee además una velocidad de filtración de 0,20m/h ($4,8\text{m}^3/\text{m}^2/\text{día}$). (GAD Municipal Urcuquí, 2014)

Según Arboleda (2000), la filtración se identifica por la velocidad del pasaje del agua a través de este medio (manto) poroso, medida como rata o carga superficial.

Para poder identificar la rata de flujo que pasa a través del manto poroso utilizado en la planta de potabilización de la parroquia Urcuquí, se utilizará como base en el siguiente esquema:

FIGURA 5. 53 Esquema general de filtración.



Fuente: ARBOLEDA, Jorge. Teoría y práctica de la purificación del agua. Tercera edición. Mc Graw Hill, Tomo 1.

De esta manera, si queremos saber el caudal de agua que pasa se tiene:

$$Q = A_f \times V_f \quad (5.7)$$

donde,

Q = Caudal

A_f = Área superficial

V_f = Velocidad de filtración

Para la planta de potabilización de la parroquia Urcuquí, las características del medio de soporte se pueden observar en el **Cuadro 5.1**.

CUADRO 5.1. Características del medio de soporte.

Medio de soporte	Díámetro de la partícula (mm)	Profundidad del lecho (m)
Piedra bola	13	0,80
Ripio	6	0,60
Granillo	3	0,60

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

Las dimensiones del tanque de filtración son:

- Longitud (L): 6,05 m
- Ancho (W): 4,0 m
- Profundidad (H): 4,34 m (sin restar 0,3 m de borde libre).

Se tiene:

$$Af = L \times W \quad (5.8)$$

$$Af = 6,05m \times 4,0m$$

$$Af = 24,2 m^2$$

entonces,

$$Q = Af \times Vf$$

$$Q = 24,2 m^2 \times 0,20 \frac{m}{h}$$

$$Q = 4,84 \frac{m^3}{h} \times \frac{24 h}{día}$$

$$Q = 116,16 \frac{m^3}{día}$$

Cabe recalcar, que el valor obtenido es para un solo filtro lento ascendente, por lo que, su valor se duplica ya que en la planta de potabilización, se encontraron dos filtros lentos ascendentes con las mismas dimensiones y los mismos medios tanto filtrante como de soporte, sin embargo, dicho valor se duplica únicamente cuando no está fuera de funcionamiento alguno de los dos filtros lentos ascendentes por mantenimiento.

También, es necesario evaluar que la velocidad de filtración se encuentre dentro del rango establecido, ya que la misma depende del número de procesos preliminares, de esta manera en el **Cuadro 5.2.**, se puede observar los diferentes rangos de las mismas.

CUADRO 5.2. Velocidad de filtración de acuerdo con el número de procesos preliminares.

Procesos	Velocidad de filtración (Vf) (m/h)
Filtro Lento (FL)	0,10 – 0,20
Sedimentación (S) + FL	0,15 – 0,30
Prefiltración (PF) + FL	0,30 – 0,50

Fuente: Cánepa de Vargas, L.,; Pérez Carrión, J. Manual I, II y III. Teoría y evaluación. Diseño. Operación, mantenimiento y control. Lima, OPS/CEPIS (1992)

Adaptado por: Mancheno G., Ramos C.

Como se puede observar, la velocidad de filtración en la planta de potabilización Urcuquí se encuentra dentro del rango establecido con un valor de 0,2 m/h puesto que consta de un proceso preliminar que es la sedimentación.

En cuanto al sistema de drenaje, se observó que es una tubería perforada que cumple la función de recolección de agua filtrada también y se encuentra regulado por válvulas.

- **Tanques de reserva**

El principal tanque de reserva se encuentra en la planta de tratamiento, está constituido por dos elementos rectangulares, los cuales abastecen a las diferentes redes que conforman la ciudad de Urcuquí y sus comunidades.

Debido a los años de funcionamiento de la planta de tratamiento, estos tanques presentan una serie de fisuras por donde escapa diariamente el agua.

Su capacidad total es de 424 m³ cada elemento rectangular posee una capacidad del 212 m³.

Sin embargo, para la vertiente Alofitara la planta de tratamiento en general no se encuentra en buen estado de conservación existiendo filtración en las paredes de estos tanques y en las uniones de contacto entre la pared y tuberías de salidas, de igual manera se observa fugas de las válvulas de desagüe por su mal estado.

5.3.2. Análisis de la planta de potabilización parroquia San Blas.

La planta de potabilización de la parroquia de San Blas, cuenta con un sedimentador formado por tres compartimentos separados por una estructura central de 0,25 m de ancho, al que ingresa un caudal de 12,83 L/s, cada uno de los compartimentos posee las siguientes dimensiones:

- Longitud (L): 7,45 m
- Ancho (W): 1,1 m (3,8 m ancho total)
- Profundidad (H): 1,7 m (sin restar 0,3 m de borde libre).

En base a estas dimensiones se obtiene un volumen del sedimentador (V) tal como se realizó para la planta de potabilización de la parroquia Urcuquí:

$$V = L \times W \times H$$

$$V = 7,45 \times 3,8m \times 1,7m$$

$$V = 48,13 m^3$$

Así mismo, se obtiene un área de:

$$A = L \times W$$

$$A = 7,45m \times 3,8m$$

$$A = 28,31 m^2$$

De la misma manera que como se realizó para la planta de potabilización de la parroquia Urcuquí, se considera el mismo rango de la rata del flujo, puesto que es un tipo de sedimentador horizontal simple, es decir, se toma un rango de 15 a $40m^3/m^2/día$. Como la planta trabaja con un caudal de 12,83 L/s se tiene una rata de flujo de:

$$rata\ de\ flujo = 12,83 \frac{L}{s} \times \frac{86400\ s}{día} \times \frac{m^3}{10^3L} \times \frac{1}{28,31\ m^2}$$

$$rata\ de\ flujo = 39,16 \frac{m^3}{m^2 \times día}$$

En base a este resultado, se corrobora que para la rata de flujo calculada, el diseño del sedimentador es el adecuado.

- **Filtros lentos descendentes**

De la misma manera que como se efectúa el proceso en la planta de Urcuquí, en la planta de San Blas, el agua, una vez que el agua pasa por el sedimentador se dirige a un sistema de filtros lentos descendentes (baja carga superficial, flujo de arriba hacia abajo y presencia de medio filtrante compuesto por arena fina, y el medio de soporte compuesto por granillo ripio, piedra bola tal como se especificó en el **Cuadro 5.1.**; con una velocidad de filtración de 0,20 m/h (4,8m³/m²/día). (GAD Municipal Urcuquí, 2014)

Las dimensiones del tanque de filtración son:

- Longitud (L): 7,45 m
- Ancho (W): 6,8 m
- Profundidad (H): 4,6 m (sin restar 0,3 m de borde libre).

Se tiene:

$$Af = L \times W$$

$$Af = 7,45 \times 6,8m$$

$$Af = 50,66 \text{ m}^2$$

entonces,

$$Q = Af \times Vf$$

$$Q = 50,66 \text{ m}^2 \times 0,18 \frac{m}{h}$$

$$Q = 9,12 \frac{m^3}{h} \times \frac{24 h}{día}$$

$$Q = 218,85 \frac{m^3}{día}$$

Además, como se pudo observar en el **Cuadro 5.2.**, la velocidad de filtración en la planta de potabilización de San Blas se encuentra dentro del rango establecido, puesto que de la misma manera que en la planta de potabilización de Urcuquí consta de un proceso preliminar que es la sedimentación.

Sin embargo, se recomienda la construcción de un nuevo filtro lento descendente con el fin de evitar la suspensión del servicio de agua potable a los pobladores debido a los periódicos mantenimientos del filtro existente.

- **Tanque de reserva**

El tanque de reserva se encuentra ubicado en la parroquia de San Blas, el material del que está construido es de hormigón armado. Su forma es circular con una capacidad de almacenamiento de 90m³. Esta reserva se abastece directamente de la planta de agua potable de la parroquia de San Blas. (GAD Municipal Urcuquí, 2014)

Para las dos plantas, se realizan alrededor de 4 limpiezas de los filtros por mantenimiento; en tiempo de invierno el agua cruda ingresa a la planta potabilizadora con gran contenido de sólidos en suspensión proporcionando altos valores de color y turbiedad al agua y saturando los filtros existentes. (GAD Municipal Urcuquí, 2014)

5.3.3. Desinfección

Para la parroquia Urcuquí y San Blas, la desinfección se realiza, utilizándose una dosis de Hipoclorito de Calcio sólido, en solución con agua, de 2 mg/L. El desinfectante se prepara en dos tanques de 212 L cada uno, la cual en base a la medición del cloro libre residual, se estableció que es la dosis adecuada, puesto que está dentro del rango establecido 0,3 - 1,5 mg/L. (INEN 1108: 2011)

5.4. PREDISEÑO DE LAS UNIDADES DE POTABILIZACIÓN.

Como se conoce, las plantas de tratamiento se diseñan de acuerdo a las características propias del agua a tratar, sin embargo, para el presente caso, es relevante hacer hincapié en que a través de los resultados de los análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, el agua procedente tanto de la vertiente Alofitara como Conrayaro, es calificada como de excelente calidad para consumo, además de que dichos resultados de los parámetros de análisis en las vertientes se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles establecidos por la Normativa Nacional Vigente y debido al evidente caso de contaminación de la misma en las unidades existentes a lo largo de la conducción del agua (desarenadores, pre – sedimentadores, barcaza); se decidió mantener la estructura existente en las plantas de potabilización descritas anteriormente, puesto que cumplen con normas establecidas, solamente serán sometidas a varias modificaciones y se procedió a eliminar las unidades en la conducción antes mencionadas y se realiza el prediseño de nuevas unidades a lo largo de la línea de conducción del agua, buscando así, disminuir la vulnerabilidad del recurso a los puntos de contaminación identificados a lo largo de la conducción. Cabe aclarar que el tipo de conducción existente es a gravedad y la circulación del agua es a presión.

Es así, que se debe tener en cuenta que el diseño y dimensionamiento de la captación no busca alterar la calidad del agua, ni modificar el caudal natural de la fuente, puesto que si se produce cualquier obstrucción, el agua crea otro cauce y la fuente podría desaparecer. También se debe considerar que la captación del agua permita realizar un control adecuado de la misma, así como la facilidad de inspección, operación y mantenimiento.

Una vez analizadas las vertientes objeto de estudio, se estableció que estas fuentes permiten la captación del agua natural superficial permanentemente. El agua se va a dirigir por la línea de conducción existente, pues en ella no se identificó ningún problema, el material de la tubería de la conducción es PVC impulsadas por gravedad y los tubos van a estar unidos entre sí.

5.4.1. Prediseño de la captación (tanque recolector)

Debido a las condiciones de las estructuras existentes en el área de estudio se decidió realizar el prediseño de un tanque recolector para la toma directa de los volúmenes de agua requeridos para conducirlos a través de tuberías y de esta manera poder atender la demanda de la población, el perfil de la conducción se puede observar en el **Anexo 12**.

El tanque de recolección es una estructura cuya función como su nombre lo indica es recolectar agua del ojo de la vertiente. El tanque además está previsto de una canastilla, por donde saldrá el agua y pasará a la válvula de salida y posteriormente a la tubería, también constará de una tubería de limpia y un cono de rebose que se instalará en un nivel más bajo que los puntos de afloramiento.

Para la realización de los diseños de las estructuras de captación se consideran los siguientes datos:

- Periodo de diseño: El periodo de diseño corresponde a 20 años según el nivel de complejidad. (RAS, 2000)
- Población de diseño: De acuerdo con la proyección de la población realizada anteriormente, se tiene que la población para el año 2034 de la parroquia Urcuquí es de 8.991 habitantes, mientras que para la parroquia San Blas es de 4.008 habitantes.
- Caudal de diseño: Los caudales utilizados para los diseños de las estructuras corresponden a los caudales máximos diarios más un 10% (incluye la posibilidad de fugas, desperdicios, errores en los cálculos, e incendios), los cuales corresponden a un valor de:
 - Conrayaro: $Q_{md} = 10,56 \text{ L/s} + 10\% = 11,62 \text{ L/s}$
 - Alofitara: $Q_{md} = 15,67 \text{ L/s}$ (Se considera el caudal de aforo en la fuente de abastecimiento, debido a que es el máximo que se puede captar). Para conformar este caudal se toman de 3 ojos de agua de la misma vertiente:
 - Alofitara 1: $Q_{md} = 10,34 \text{ L/s}$
 - Alofitara 2: $Q_{md} = 3,88 \text{ L/s}$
 - Alofitara 3: $Q_{md} = 1,46 \text{ L/s}$

Dicho caudal debe ser constante, para que la tubería trabaje a presión, para lograr este objetivo, la captación debe estar llena todo el tiempo.

5.4.1.1. Altura y fondo del tanque recolector o tanque de captación.

La altura total del tanque recolector se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$H_t = A + B + H + E \quad (5.9)$$

donde,

A = Altura mínima para permitir la sedimentación de la arena (mínimo 10 cm).

B = Diámetro de salida.

H = Altura de agua sobre la canastilla (altura de la captación).

E = Borde libre (mínimo 30 cm).

Para determinar la altura de la captación, es necesario conocer la carga requerida para que el gasto o caudal de salida de la captación pueda fluir por la tubería de conducción.

La carga requerida es determinada mediante la siguiente ecuación:

$$H = 1,56 \frac{V^2}{2g} \quad (5.10)$$

donde,

H = Carga requerida en m.

V = Velocidad del flujo en la tubería de la línea de conducción en m/s.

g = Aceleración de la gravedad igual 9,81 m/s².

Para el cálculo de la velocidad se emplea la fórmula de Manning para tubería llena:

$$V = \frac{0,397}{n} D^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (5.11)$$

Para el cálculo del diámetro de la tubería igualmente se emplea la fórmula de Manning para tubería llena:

$$D = 1,548 \left(\frac{n \times Q}{S^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}} \quad (5.12)$$

donde,

V = Velocidad en m/s.

Q = Caudal en m³/s.

n = Coeficiente de rugosidad (adimensional). Para tuberías de PVC que es la que se va a utilizar el coeficiente de rugosidad adquiere un valor de 0,010.

D = Diámetro en m.

S = Pendiente (m/m) (Dato: 0,25 m/m proporcionado por el GAD Municipal Urcuquí).

Para efectos de cálculo del diámetro de la tubería, se considera en los ojos de agua de la vertiente Alofitara, un tipo de conducción cerrada a flujo libre desde su captación hasta que llegan a unirse, por tal motivo se emplea las ecuaciones de Manning; mientras que desde la unión de los ojos de agua de la vertiente Alofitara hasta que llegue al reservorio, y desde la captación de la vertiente Conrayaro hasta que llegue al reservorio se emplearán las ecuaciones de Hazen – Williams puesto que es un tipo de conducción a presión.

Ejemplo de cálculo vertiente Alofitara punto 1:

Diámetro:

$$D = 1,548 \left(\frac{n \times Q}{S^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

$$D = 1,548 \left(\frac{0,010 \times 0,01034 \text{ m}^3/\text{s}}{(0,25 \text{ m/m})^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

$$D = 0,152 \text{ m} = 152 \text{ mm}$$

Se toma el diámetro comercial mayor inmediato que equivale al de 160 mm (6 pulgadas).

Velocidad:

$$V = \frac{0,397}{n} D^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

$$V = \frac{0,397}{0,010} (0,152m)^{\frac{2}{3}} (0,25 m/m)^{\frac{1}{2}}$$

$$V = 5,65 m/s$$

Carga:

$$H = 1,56 \frac{V^2}{2g}$$

$$H = 1,56 \frac{(5,65 \frac{m}{s})^2}{2 (9,81 \frac{m}{s^2})}$$

$$H = 2,54 m$$

Altura del tanque recolector:

$$Ht = A + B + H + E$$

$$Ht = (0,1 + 0,16 + 2,54 + 0,3)m$$

$$Ht = 3,1 m$$

Fondo

Vamos a considerar que el tiempo de llenado del tanque de captación es de una hora, con este parámetro impuesto se procede a dimensionar al mismo en base a los datos del caudal.

Datos:

- $t = 3600 \text{ s}$
- $Q = 10,34 \text{ L/s}$

$V =$ Volumen del tanque recolector (m^3).

$A =$ Área del tanque recolector (m^2).

a y $b =$ Lados del tanque recolector.

$$V = Q \times t \quad (5.13)$$

$$V = 0,01034 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 3600 \text{ s}$$

$$V = 37,224 \text{ m}^3$$

$$A = \frac{V}{Ht} \quad (5.14)$$

$$A = \frac{37,224 \text{ m}^3}{3,1 \text{ m}}$$

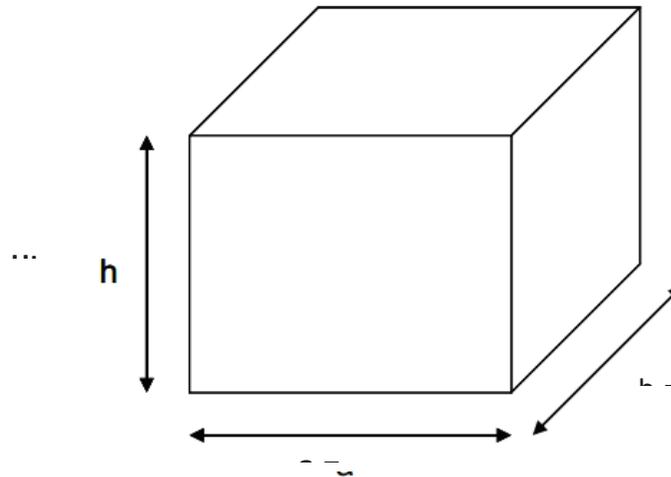
$$A = 33,92 \text{ m}^2$$

Se tienen los lados del tanque a y b :

$$a \text{ y } b = \sqrt{A} \quad (5.15)$$

$$a \text{ y } b = \sqrt{12 \text{ m}^2} \approx 3 \text{ m}$$

FIGURA 5. 54 Esquema de las dimensiones del tanque recolector.



Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

TABLA 5. 31 Cálculo del diámetro de la tubería y velocidad del agua en la misma para las vertientes de Alofitara y Conrayaro.

Vertiente	Caudal (L/s)	Pendiente (m/m)	Diámetro (mm)	Diámetro comercial (mm)	Velocidad (m/s)
	(Q)	(S)	(D)	(D)	(V)
Alofitara 1	10,34	0,25	152	160	5,65
Alofitara 2	3,88	0,10	125	160	3,14
Alofitara 3	1,46	0,01	134	160	1,04
Alofitara unión	15,67	0,01	152	160	1,18
Conrayaro	11,62	0,02	110	110	1,29

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

TABLA 5. 32 Cálculo de las dimensiones del tanque recolector para las vertientes de Alofitara y Conrayaro.

Vertiente	Carga (m)	Altura del tanque (m)	Volumen del tanque (m ³)	Área del tanque (m ²)	Lados del tanque (m)
	(H)	(Ht)	(V)	(A)	a y b
Alofitara 1	2,54	3,10	37,22	12,00	3
Alofitara 2	0,78	1,34	13,97	10,40	3
Alofitara 3	0,09	0,65	5,26	8,14	2,5
Alofitara unión	0,11	0,67	56,41	84,11	7,5
Conrayaro	0,13	0,69	41,83	60,42	6,5

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

5.4.1.2. Dimensionamiento de las paredes

Se tiene como dato la altura total, con este dato procedemos a calcular el espesor de las paredes del tanque recolector:

Ejemplo de cálculo vertiente Alofitara punto 1:

Dato:

- $Ht = 3,1 m$

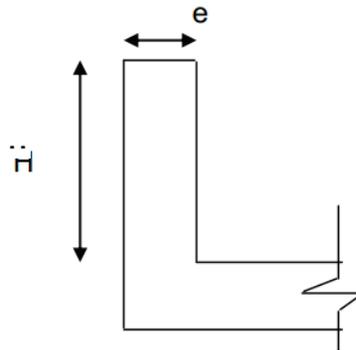
e = espesor de las paredes del tanque recolector.

$$e = 10\% Ht \quad (5.16)$$

$$e = 0,10 \times 3,1m$$

$$e = 0,31 m \approx 0,30 m$$

FIGURA 5. 55 Esquema del espesor de la pared del tanque recolector.



Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

TABLA 5. 33 Cálculo del espesor de las paredes del tanque de recolección para las vertientes de Alofitara y Conrayaro.

Vertiente	Altura del tanque recolector (m)	Espesor (m)	Espesor (cm)
	(Ht)	(e)	(e)
Alofitara 1	3,10	0,310	31 ≈ 30
Alofitara 2	1,34	0,134	13 ≈ 15
Alofitara 3	0,65	0,065	6 ≈ 10
Alofitara unión	0,67	0,067	7 ≈ 10
Conrayaro	0,69	0,069	7 ≈ 10

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

5.4.1.3. Dimensionamiento de la canastilla

Para el dimensionamiento se considera que el diámetro de la canastilla debe ser dos veces el diámetro de la tubería de salida a la línea de conducción (D_c); que el área total de ranuras (A_t) sea el doble del área de la tubería de la línea de conducción; y que la longitud de la canastilla (L) sea mayor a $3 D_c$ y menor de $6 D_c$.

$$A_c = 2 A_c \quad (5.17)$$

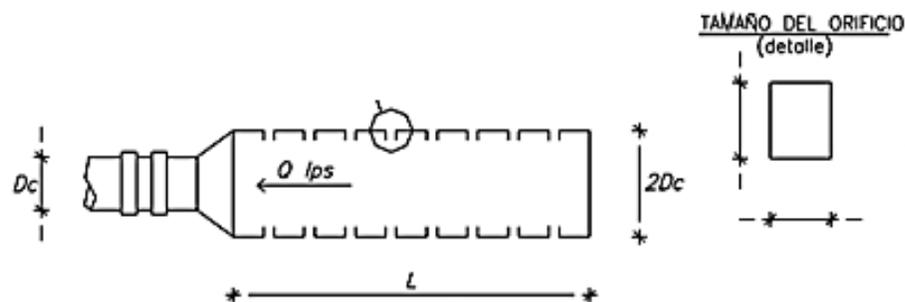
donde,

$$A_c = \frac{\pi D_c^2}{4} \quad (5.18)$$

Conocidos los valores del área total de ranuras y el área de cada ranura se determina el número de ranuras:

$$\text{Numero total de ranuras} = \frac{\text{Área total de ranuras}}{\text{Área de ranuras}} + 1 \quad (5.19)$$

FIGURA 5. 56 Esquema de la canastilla del tanque recolector.



Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

Ejemplo de cálculo vertiente Alofitara punto 1:

Área de cada ranura:

$$A_c = \frac{\pi D_c^2}{4}$$

$$A_c = \frac{\pi (0,16 \text{ m})^2}{4}$$

$$A_c = 0,020 \text{ m}^2$$

Área total de ranuras:

$$A_t = 2 A_c$$

$$A_t = 2 (0,020 \text{ m}^2)$$

$$A_t = 0,040 \text{ m}^2$$

Número total de ranuras:

$$\text{Número total de ranuras} = \frac{\text{Área total de ranuras}}{\text{Área de ranuras}} + 1$$

$$\text{Número total de ranuras} = \frac{0,040 \text{ m}^2}{0,020 \text{ m}^2} + 1$$

$$\text{Número total de ranuras} = 3$$

TABLA 5. 34 Cálculo del número de ranuras de la canastilla para el tanque de recolección para las vertientes de Alofitara y Conrayaro.

Vertiente	Diámetro (m)	Diámetro Comercial (mm)	Área de cada ranura (m ²)	Área total de ranuras (m ²)	Número total de ranuras	Longitud ranura (cm)
	(D)	(D)	Ac	At		L
Alofitara 1	0,15	160	0,018	0,036	3	65
Alofitara 2	0,13	160	0,012	0,025	3	65
Alofitara 3	0,13	160	0,014	0,028	3	65
Alofitara unión	0,15	160	0,018	0,036	3	65
Conrayaro	0,11	110	0,010	0,019	3	45

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

5.4.1.4. Válvula de cierre

Las válvulas de cierre deben tener el mismo diámetro de la conducción.

TABLA 5.35 Cálculo del diámetro de las válvulas de cierre del tanque de recolección para las vertientes de Alofitara y Conrayaro.

Vertiente	Diámetro Comercial (mm)
	(D)
Alofitara 1	160
Alofitara 2	160
Alofitara 3	160
Alofitara unión	160
Conrayaro	110

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

5.4.1.5. Válvula de purga o desagüe

Esta válvula se coloca en los puntos bajos que presentan facilidad de drenaje o desagüe. El diámetro de drenaje no será mayor que el diámetro de la conducción ni menor que su mitad, estos se construyen en forma de una T. En la tubería de purga o desagüe se recomienda pendientes de 1 a 1,5% y considerando el caudal máximo de aforo, se determina el diámetro mediante la ecuación de Hazen y Williams.

$$D = \frac{0,71Q^{0,38}}{S^{0,21}} \quad (5.20)$$

donde,

D = Diámetro (pulgadas).

Q = Caudal máximo de la fuente (L/s).

S = Pérdida de carga unitaria (m/m).

Ejemplo de cálculo vertiente Alofitara punto 1:

$$D = \frac{0,71Q^{0,38}}{S^{0,21}}$$

$$D = \frac{0,71(10,34 \frac{L}{s})^{0,38}}{(0,01)^{0,21}}$$

$$D = 4,54'' (115 \text{ mm})$$

Como no existe diámetro comercial de este valor, se considera el superior a este que corresponde al diámetro de 6 pulgadas (160 mm). Del mismo tamaño que el diámetro de la conducción.

TABLA 5. 36 Cálculo del diámetro de la tubería de purga o desagüe.

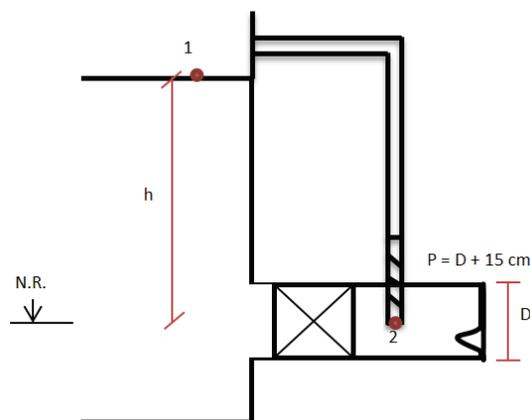
Vertiente	Caudal (L/s)	Pendiente (m/m)	Diámetro (m)	Diámetro Comercial (mm)
	(Q)	(S)	(D)	(D)
Alofitara 1	10,34	0,01	0,12	160
Alofitara 2	3,88	0,01	0,08	90
Alofitara 3	1,46	0,01	0,08	90
Alofitara unión	15,67	0,01	0,13	160
Conrayaro	11,62	0,01	0,11	110

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

La tubería se encontrará protegida por una estructura de concreto, estará separado de la cámara seca por un muro de concreto de 0,60m de altura y 0,15m de espesor. (Datos de diseño Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes (CPE INEN 5:1992)).

Cuando se abre una válvula de purga y se cierra la válvula de salida, se produce un vacío en la tubería y por ende se aplasta, para evitar este aplastamiento se coloca una ventosa para que ingrese aire, esta ventosa sede ser diseñada de tal forma que en el normal funcionamiento del tanque no ingrese aire.

5.4.1.6. Ventosa

FIGURA 5. 57 Esquema de ubicación de la ventosa en el tanque recolector.

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

Aplicando Bernoulli entre los puntos 1 y 2 se tiene:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Hf \quad (5.21)$$

donde,

V = velocidad del fluido en la sección considerada.

γ = densidad del fluido.

P = presión a lo largo de la línea de corriente.

g = aceleración de la gravedad.

Z = altura en la dirección de la gravedad desde una cota de referencia.

Hf= pérdida de carga por tramo.

Para este caso, z equivale a la altura mínima a la que debe estar el agua para asegurar que en su funcionamiento normal no ingrese aire (h), de esta manera, se tendrá en la ventosa una carga de presión (P) determinada, y a su vez permitirá localizar el rebose.

Ejemplo de cálculo vertiente Alofitara punto 1:

Para el punto 1 de la **Figura 5.57.**:

$$Z_1 = h$$

$$\frac{P_1}{\gamma} = 0$$

$$\frac{V_1^2}{2g} = 0$$

Para el punto 2 de la **Figura 5.57.**:

$$Z_2 = 0$$

$$\frac{P_2}{\gamma} = D + 15 \text{ cm} = 0,16 \text{ m} + 0,15\text{m} = 0,31 \text{ m}$$

Se tiene:

$$h = 0,31 + \frac{V_2^2}{2g} + Hf$$

$$V_2 = \text{tomado de la tabla 5.31}$$

$$V_2 = 5,65 \text{ m/s}$$

$$\frac{V_2^2}{2g} = \frac{(5,65 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})}$$

$$\frac{V_2^2}{2g} = 1,6 \text{ m}$$

Se tiene:

$$h = 0,31 + 1,6 + Hf$$

$$Hf = k \frac{V_2^2}{2g} \quad (5.22)$$

Debido a que existen pérdidas localizadas en la salida y en la válvula de la compuerta, se tiene un valor de $k = 0,50$ para la salida y para la válvula de la compuerta se tiene $k = 0,20$ (datos de diseño).

$$Hf = 0,7 \frac{V_2^2}{2g}$$

$$Hf = 0,7 (1,6 \text{ m})$$

$$Hf = 1,1 \text{ m}$$

Finalmente se tiene:

$$h = (0,31 + 1,6 + 1,1) \text{ m}$$

$$h = 3 \text{ m}$$

El rebose se colocará a una altura mínima de 0,34 m de punto 2 expresado en la **Figura 5.57**.

Para el diámetro (D) de la ventosa se recomienda entre 1 y 2 pulgadas, para el presente proyecto el diámetro a utilizar será de 2 pulgadas en todos los tanques de recolección.

TABLA 5. 37 Cálculo de las dimensiones del tanque de recolección para las vertientes de Alofitara y Conrayaro.

Vertiente	Caudal (L/s)	$\frac{P_2}{\gamma}$ (m)	Área tubería (m ²)	Velocidad punto 2 (m/s)	$\frac{V_2^2}{2g}$ (m)	Pérdidas localizadas (m)	Altura Mínima (m)	Altura Adoptada (m)
	(Q)		(A)	(V ₂)		(H _f)	(h)	(H _t)
Alofitara 1	10,34	0,31	0,02	5,65	1,63	1,14	3,08	3
Alofitara 2	3,88	0,31	0,01	3,14	0,50	0,35	1,16	1,5
Alofitara 3	1,46	0,31	0,01	1,04	0,055	0,04	0,40	1,5
Alofitara Unión	15,67	0,31	0,02	1,18	0,07	0,05	0,43	1,5
Conrayaro	11,62	0,26	0,01	1,29	0,08	0,06	0,40	1,5

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

5.4.2. Prediseño de los tanques rompe -presión

En lo que respecta a la conducción del agua, se puede dar el caso de que se generen presiones superiores a las que puede soportar la tubería, estos casos aparecen cuando existe mucho desnivel entre la captación y algunos puntos a lo largo de la línea de conducción; debido a esto y como solución a dicho problema, es necesaria la construcción de cámaras rompe – presión que permitan disipar la energía y reducir la presión relativa a cero (presión atmosférica), con la finalidad de evitar daños en la tubería.

Para el diseño del tanque rompe – presión, consideramos el caudal de diseño establecido anteriormente para cada toma; el mismo que debe mantenerse constante para que la tubería trabaje al cien por ciento de eficiencia, para lograr este objetivo, la captación debe estar llena todo el tiempo. Cada tanque rompe presión debe disponer de una válvula de paso al ingreso y salida de cada uno de los mismos, de acuerdo al diámetro de la tubería. Así mismo, una vez dimensionada la entrada del tanque, se deben asignar los mismos valores para la salida del tanque.

Para la selección se debe considerar una tubería que resista la presión más elevada que pueda producirse, ya que la presión máxima no ocurre bajo condiciones de operación, sino cuando se presenta la presión estática, al cerrar la válvula de control en la tubería. Como se mencionó anteriormente, para el desarrollo del presente proyecto, se considerará el uso de las tuberías de PVC puesto que este material es económico, flexible, durable, de poco peso y de fácil transporte e instalación.

Para el diseño de los tanques rompe – presión, en primer lugar, se considera la ubicación de los mismos en el lugar donde se encuentran los ya existentes, en segundo lugar, se analizará la carga disponible, la misma que representa la diferencia de elevación entre la obra de captación y el reservorio y en tercer lugar se definirá el diámetro de la tubería que se requiere para reducir la presión a cero y de esta manera se procederá al prediseño de los mismos.

Se considerará desde la conducción en donde se unen los ojos de agua 1, 2 y 3 de la vertiente Alofitara hacia la planta de tratamiento existente; para el caso de la vertiente Conrayaro se considerará desde su captación hasta el sistema de tratamiento existente.

Los caudales o gastos de diseño son los mismos empleados para la captación:

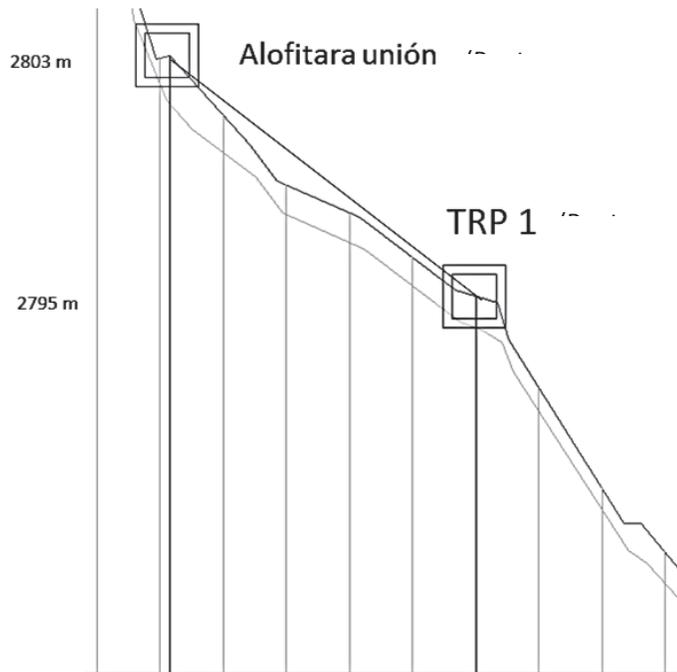
- Conrayaro: $Q_{md} = 10,56 \text{ L/s} + 10\% = 11,62 \text{ L/s}$
- Alofitara: $Q_{md} = 15,67 \text{ L/s}$ (Se considera el caudal de aforo en la fuente de abastecimiento, debido a que es el máximo que se puede captar).

A través de la ecuación de Bernoulli procederemos a encontrar las pérdidas de carga o pérdidas por fricción y menores que se presentarán a lo largo de la línea de conducción del agua. La pérdida de carga es el gasto de energía necesario para vencer las resistencias que se oponen al movimiento del fluido de un punto a otro en una sección de la tubería. (CEPIS, 2014).

Debido a que en la línea de conducción las pérdidas menores o locales no superan el 10%, para realizar los cálculos hidráulicos solamente se consideran las pérdidas por fricción.

De esta manera, en la **Figura 5.58.**, se puede observar el esquema de una conducción a presión, desde la captación hacia el primer tanque rompe - presión.

FIGURA 5. 58. Esquema de la conducción a presión, desde la captación hacia el primer tanque rompe - presión.



Elaborado por: Mancheno G. y Ramos C.

Ejemplo de cálculo vertiente Alofitara unión:

Aplicando Bernoulli desde la captación hacia el primer tanque rompe – presión se tiene:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + H_f \quad (5.23)$$

donde,

$P_1 = P_2 = 0$ (puesto que requerimos que las presiones en los dos puntos sean cero), al ser las presiones cero no se considera la densidad del fluido puesto que la fracción como tal adquirirá el valor de cero.

$\frac{V_1^2}{2g} = \frac{V_2^2}{2g} = 0$, en conducción la altura de velocidad es despreciable respecto a la línea piezométrica.

Se tiene:

$$Z_1 - Z_2 = H_f$$

$$2803,3(m) - 2795,36(m) = 7,97 m$$

$$H_f = 8 m$$

Una vez encontradas las pérdidas de carga por tramo, procedemos a calcular el diámetro de la tubería necesario para la conducción del agua.

Para determinar los diámetros se considera el máximo desnivel en toda la longitud del tramo, el diámetro seleccionado deberá tener la capacidad de conducir el caudal de diseño con velocidades comprendidas entre 0,6 y 3,0 m/s; y las pérdidas de carga por tramo calculado deben ser menores o iguales a la carga disponible. Lo cual se verificó en los ejemplos de cálculo anteriores.

Una vez identificados las especificaciones anteriores, el cálculo del diámetro se realiza a través de la ecuación de Hazen - Williams:

$$Q = 0,0004264 C D^{2,64} h_f^{0,54} \quad (5.24)$$

donde,

D = Diámetro de la tubería (pulgadas).

Q = Caudal (L/s).

hf = Pérdida de carga unitaria (m/Km).

C = Coeficiente de Hazen - Williams expresado en (pie)^{1/2}/s.

Como se va a utilizar tubería de PVC, el coeficiente de Hazen – Williams tiene un valor de 140 (CEPIS, 2014). Así, el diámetro queda definido como:

$$D = \frac{0,71 \times Q^{0,38}}{hf^{0,21}} \quad (5.25)$$

donde,

Q = Caudal (L/s).

hf = Pérdida de carga unitaria (m/m).

D = Diámetro de la tubería (pulgadas).

Ejemplo de cálculo vertiente Alofitara unión:

Q = 15,67 L/s

L = 1000 m. Siendo L la longitud del tramo de tubería (m).

$$hf = \frac{Hf}{L} \quad (5.26)$$

$$hf = \frac{8 \text{ m}}{1000 \text{ m}}$$

$$hf = 0,008 \text{ m/m}$$

$$D = \frac{0,71 \times Q^{0,38}}{hf^{0,21}}$$

$$D = \frac{0,71 \times (15,67 \text{ L/s})^{0,38}}{(0,008)^{0,21}}$$

$$D = 5,57(141 \text{ mm})$$

En este caso, el diámetro calculado se encuentra entre los rangos de dos diámetros comerciales (4 y 6 pulgadas), se selecciona el rango superior, es decir, el diámetro de la tubería corresponde a 6 pulgadas o 160 mm.

TABLA 5. 38 Datos de cotas inicial y final vertientes Alofitara y Conrayaro.

Vertiente	Tramo	Caudal o Gasto (L/s)	Longitud (m)	Cotas (msnm)	
		(Q)	(L)	Inicial (Z1)	Final (Z2)
Alofitara unión	Capt - TRP1	15,67	1000	2803,3	2795,36
	TRP1-TRP2	15,67	4000	2795,4	2730,55
	TRP2-TRP3	15,67	3000	2730,6	2655,58
	TRP3-Reser.	15,67	4000	2655,6	2376
Conrayaro	Capt - TRP1	11,62	1000	2985,6	2894
	TRP1-TRP2	11,62	4000	2894	2830
	TRP2-TRP3	11,62	3000	2830	2729,44
	TRP3-Reser.	11,62	4000	2729,4	2426

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

TABLA 5. 19 Cálculo de diámetros a utilizar en cada tramo.

Vertiente	Tramo	Pérdida de Carga por Tramo (m)	Pérdida de Carga Unitaria (m/m)	Diámetro (pulg.)	Diámetro (mm)	Diámetro comercial (mm)
		Hf	(hf)	(D)	(D)	(D)
Alofitara unión	Capt - TRP1	7,97	0,01	5,57	141,55	160
	TRP1-TRP2	64,81	0,02	4,80	121,96	160
	TRP2-TRP3	74,97	0,02	4,38	111,35	160
	TRP3-Reser.	279,58	0,07	3,53	89,72	90
Conrayaro	Capt - TRP1	91,61	0,09	2,98	75,66	110
	TRP1-TRP2	64	0,02	4,30	109,15	110
	TRP2-TRP3	100,56	0,03	3,68	93,45	110
	TRP3-Reser.	303,44	0,08	3,10	78,72	90

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

Una vez trazada la conducción y establecidos los diámetros necesarios se debe colocar válvulas de cierre y válvulas de desagüe o purga, tanto en la salida de los tanques de captación como de los tanques rompe – presión, estas válvulas se utilizan en caso de limpieza o reparación en la conducción ya que, si se necesita evacuar la tubería, se cierra la válvula de salida del tanque rompe – presión más

próximo anterior y se abren las válvulas de purga o desagüe que se colocan en los puntos más bajos.

Además, se deben colocar válvulas de aire en los puntos altos, para que puedan extraer el aire que pudo haber quedado retenido en las tuberías luego del llenado, este aire al viajar grandes distancias, va formando bolsas de aire que afectan la capacidad de la tubería aumentando las pérdidas; sin embargo, en el presente proyecto, se evidenció que las válvulas de aire se encuentran localizadas en lugares estratégicos y se encuentran en buen estado pues han sido recientemente construidas, razón por la cual no se realizará el diseño de las mismas.

5.4.2.1. Dimensionamiento de los tanques rompe – presión.

El dimensionamiento de los tanques rompe – presión se realizará bajo la misma base de los tanques de captación, por lo que, solamente se desarrollará los ejemplos de cálculo de los mismos.

5.4.2.1.1. Altura y fondo de los tanques rompe – presión.

Ejemplo de cálculo vertiente Alofitara unión:

Velocidad:

$$V = \frac{0,397}{n} D^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (5.27)$$

$$V = \frac{0,397}{0,010} (0,160 \text{ m})^{\frac{2}{3}} (0,01 \text{ m/m})^{\frac{1}{2}}$$

$$V = 1,18 \text{ m/s}$$

La velocidad se encuentra dentro del rango establecido (0,6 – 3,0 m/s). (RAS, 2000)

Carga:

$$H = 1,56 \frac{V^2}{2g}$$

$$H = 1,56 \frac{(1,18 \frac{m}{s})^2}{2 (9,81 \frac{m}{s^2})}$$

$$H = 0,11 m$$

Altura del tanque rompe – presión:

$$H_t = A + B + H + E \quad (5.28)$$

$$H_t = (0,1 + 0,16 + 0,11 + 0,35)m$$

$$H_t = 0,82 m \approx 1 m$$

Por seguridad se diseñará con una altura de 1,5 m.

Fondo

Vamos a considerar que el tiempo de llenado del tanque rompe – presión es de diez minutos, con este parámetro impuesto se procede a dimensionar al mismo en base a los datos del caudal.

Datos:

- $t = 600 s$
- $Q = 10,34L/s$

$V =$ Volumen del tanque recolector (m^3)

$A =$ Área del tanque recolector (m^2)

a y b = lados del tanque rompe – presión.

$$V = Q \times t \quad (5.29)$$

$$V = 0,01567 \frac{m^3}{s} \times 600 s$$

$$V = 9,4 m^3$$

$$A = \frac{V}{Ht} \quad (5.30)$$

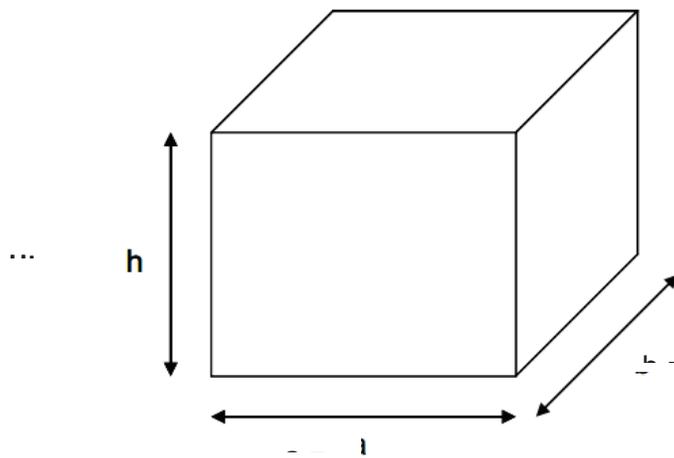
$$A = \frac{9,4 m^3}{0,82 m}$$

$$A = 11,5 m^2$$

$$a y b = \sqrt{A} \quad (5.31)$$

$$a y b = \sqrt{11,5 m^2} \approx 3 m$$

FIGURA 5. 59. Esquema de las dimensiones del tanque rompe – presión.



Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

TABLA 5. 20 Cálculo de velocidad de agua por la tubería en cada tramo.

Vertiente	Tramo	Caudal o Gasto (L/s)	Diámetro comercial (mm)	Pérdida de Carga Unitaria (m/m)	Velocidad (m/s)
		(Q)	(D)	(hf)	(V)
Alofitara unión	Capt - TRP1	15,67	160	0,01	1,04
	TRP1-TRP2	15,67	160	0,02	1,49
	TRP2-TRP3	15,67	160	0,02	1,85
	TRP3-Reser.	15,67	90	0,07	2,11
Conrayaro	Capt - TRP1	11,62	110	0,09	2,76
	TRP1-TRP2	11,62	110	0,02	1,15
	TRP2-TRP3	11,62	110	0,03	1,67
	TRP3-Reser.	11,62	90	0,08	2,20

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

TABLA 5. 41 Cálculo de volumen, área y lados del tanque rompe – presión.

Vertiente	Tramo	Carga (m)	Altura del tanque recolector (m)	Volumen del tanque recolector (m3)	Área del tanque recolector (m2)	Lados del tanque recolector (m)
		(H)	(Ht)	(V)	(A)	a y b
Alofitara unión	Capt - TRP1	0,09	1,5	9,40	11,80	3
	TRP1-TRP2	0,18	1,5	9,40	10,61	3
	TRP2-TRP3	0,27	1,5	9,40	9,57	3
	TRP3-Reser.	0,35	1,5	9,40	8,84	3
Conrayaro	Capt - TRP1	0,61	1,5	6,97	5,30	2
	TRP1-TRP2	0,11	1,5	6,97	8,55	3
	TRP2-TRP3	0,22	1,5	6,97	7,49	3
	TRP3-Reser.	0,38	1,5	6,97	6,38	3

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

5.4.2.1.2. Dimensionamiento de las paredes

Ejemplo de cálculo vertiente Alofitara unión:

Dato: $Ht = 1,5 m$

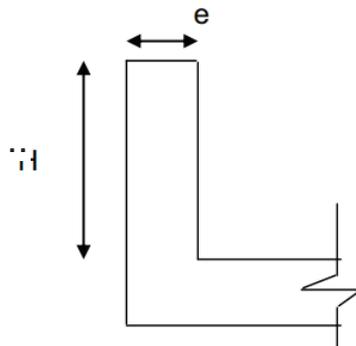
e = espesor de las paredes del tanque recolector.

$$e = 10\% Ht \quad (5.32)$$

$$e = 0,10 \times 1,5 m$$

$$e = 0,15 m = 15 cm$$

FIGURA 5. 60. Esquema de las dimensiones del espesor de las paredes del tanque rompe – presión.



Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

TABLA 5. 42 Cálculo del espesor de las paredes del tanque rompe – presión.

Vertiente	Tramo	Altura del tanque recolector (m)	Espesor (m)	Espesor (cm)
		(Ht)	(e)	(e)
Alofitara unión	Capt - TRP1	1,5	0,15	15
	TRP1-TRP2	1,5	0,15	15
	TRP2-TRP3	1,5	0,15	15
	TRP3-Reser.	1,5	0,15	15
Conrayaro	Capt - TRP1	1,5	0,15	15
	TRP1-TRP2	1,5	0,15	15
	TRP2-TRP3	1,5	0,15	15
	TRP3-Reser.	1,5	0,15	15

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

5.4.2.1.3. Dimensionamiento de la canastilla

Ejemplo de cálculo vertiente Alofitara unión:

Área de cada ranura:

$$A_c = \frac{\pi D_c^2}{4} \quad (5.33)$$

$$A_c = \frac{\pi (0,160 \text{ m})^2}{4}$$

$$A_c = 0,020 \text{ m}^2$$

Área total de ranuras:

$$A_c = 2 A_c \quad (5.34)$$

$$A_c = 2 (0,020 \text{ m}^2)$$

$$A_t = 0,040 \text{ m}^2$$

Número total de ranuras:

$$\text{Número total de ranuras} = \frac{\text{Área total de ranuras}}{\text{Área de ranuras}} + 1 \quad (5.35)$$

$$\text{Número total de ranuras} = \frac{0,040 \text{ m}^2}{0,020 \text{ m}^2} + 1$$

$$\text{Número total de ranuras} = 3$$

TABLA 5. 43 Cálculo del número de ranuras de la canastilla del tanque rompe – presión.

Vertiente	Tramo	Diámetro comercial (mm)	Área de cada ranura (m ²)	Área total de ranuras (m ²)	Número total de ranuras	Longitud ranura (cm)
		(D)	Ac	At		L
Alofitara unión	Capt - TRP1	160	0,020	0,040	3	65
	TRP1-TRP2	160	0,020	0,040	3	65
	TRP2-TRP3	160	0,020	0,040	3	65
	TRP3-Reser.	90	0,006	0,013	3	40
Conrayaro	Capt - TRP1	110	0,010	0,019	3	45
	TRP1-TRP2	110	0,010	0,019	3	45
	TRP2-TRP3	110	0,010	0,019	3	45
	TRP3-Reser.	90	0,006	0,013	3	40

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

5.4.2.1.4. Válvula de cierre

Las válvulas de cierre deben tener el mismo diámetro de la conducción, es decir para la unión en la vertiente Alofitara, el diámetro de la válvula de cierre será de 6 pulgadas.

TABLA 5. 44 Cálculo del diámetro de las válvulas de cierre del tanque rompe – presión.

Vertiente	Tramo	Caudal o Gasto (L/s)	Diámetro comercial (mm)
		(Q)	(D)
Alofitara unión	Capt - TRP1	15,67	160
	TRP1-TRP2	15,67	160
	TRP2-TRP3	15,67	160
	TRP3-Reser.	15,67	90
Conrayaro	Capt - TRP1	11,62	110
	TRP1-TRP2	11,62	110
	TRP2-TRP3	11,62	110
	TRP3-Reser.	11,62	90

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

5.4.2.1.5. Válvula de purga o desagüe

Ejemplo de cálculo vertiente Alofitara unión:

$$D = \frac{0,71Q^{0,38}}{S^{0,21}}$$

$$D = \frac{0,71(15,67 \frac{L}{s})^{0,38}}{(0,01)^{0,21}}$$

$$D = 5,31''(135 \text{ mm})$$

Como no existe diámetro comercial de este valor, se considera el superior a este que corresponde al diámetro de 6 pulgadas ó 160 mm. Del mismo tamaño que el diámetro de la conducción.

TABLA 5. 45 Cálculo del diámetro de la tubería de purga o desagüe.

Vertiente	Tramo	Caudal (L/s)	Diámetro comercial (mm)	Pendiente (m/m)	Diámetro (pulg.)	Diámetro (mm)	Diámetro comercial (mm)
		(Q)	(D)	(S)	(D)	(D)	(D)
Alofitara unión	Capt - TRP1	15,67	160	0,01	5,57	141,55	160
	TRP1- TRP2	15,67	160	0,02	4,80	121,96	160
	TRP2- TRP3	15,67	160	0,02	4,38	111,35	160
	TRP3- Reser.	15,67	90	0,07	3,53	89,72	90
Conrayaro	Capt - TRP1	11,62	110	0,09	2,98	75,66	110
	TRP1- TRP2	11,62	110	0,02	4,30	109,15	110
	TRP2- TRP3	11,62	110	0,03	3,68	93,45	110
	TRP3- Reser.	11,62	90	0,08	3,10	78,72	90

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

La tubería se encontrará protegida por una estructura de concreto, estará separado de la cámara seca por un muro de concreto de 0,60m de altura y 0,15m de espesor.

Cuando se abre una válvula de purga y se cierra la válvula de salida, se produce un vacío en la tubería y por ende se aplasta, para evitar este aplastamiento se coloca una ventosa para que ingrese aire, esta ventosa debe ser diseñada de tal forma que en el normal funcionamiento del tanque no ingrese aire.

5.4.2.1.6. Ventosa

Para el calculo de las dimensiones de la ventosa se utilizará como base la figura mostrada en el subcapitulo **5.4.1.6.**, al igual que se utilizará la **Figura 5.57.**

Ejemplo de cálculo vertiente Alofitara unión:

Para el punto 1 de la **Figura 5.57.:**

$$Z_1 = h$$

$$\frac{P_1}{\gamma} = 0$$

$$\frac{V_1^2}{2g} = 0$$

Para el punto 2 de la **Figura 5.57.:**

$$Z_2 = 0$$

$$\frac{P_2}{\gamma} = D + 15 \text{ cm} = 0,16 \text{ m} + 0,15\text{m} = 0,31 \text{ m}$$

Se tiene:

$$h = 0,31 + \frac{V_2^2}{2g} + Hf$$

$$V_2 = \text{Tomado de la tabla 5.40.}$$

$$V_2 = 1,04 \text{ m/s}$$

$$\frac{V_2^2}{2g} = \frac{(1,04 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})}$$

$$\frac{V_2^2}{2g} = 0,06 \text{ m}$$

Se tiene:

$$h = 0,31 + 0,06 + Hf$$

$$Hf = k \frac{V_2^2}{2g}$$

Debido a que existen pérdidas localizadas en la salida y en la válvula de la compuerta, se tiene un valor de $k = 0,50$ para la salida y para la válvula de la compuerta se tiene $k = 0,20$ (datos de diseño).

$$Hf = 0,7 \frac{V_2^2}{2g}$$

$$Hf = 0,7 (0,06 \text{ m})$$

$$Hf = 0,04 \text{ m}$$

Finalmente se tiene:

$$h = (0,31 + 0,06 + 0,04) \text{ m}$$

$$h = 0,4 \text{ m}$$

El rebose se colocará a una altura mínima de 0,4 m de punto 2 expresado en la **Figura 5.57**.

Para el diámetro (D) de la ventosa se recomienda entre 1 y 2 pulgadas, para el presente proyecto el diámetro a utilizar será de 2 pulgadas en todos los tanques rompe – presión.

TABLA 5. 46 Cálculo de las dimensiones del tanque rompe – presión.

Vertiente	Tramo	Caudal (L/s)	Diámetro comercial (mm)	$\frac{P_2}{\gamma}$ (m)	Área tubería (m ²)	Velocidad punto 2 (m/s)	$\frac{V_2^2}{2g}$ (m)	Pérdidas localizadas (m)	Altura mínima (m)	Altura adoptada (m)
		(Q)	(D)		A	V2		Hf	h	(Ht)
Aloftiara unión	Capt - TRP1	15,67	160	0,31	0,02	1,04	0,06	0,04	0,40	1,5
	TRP1- TRP2	15,67	160	0,31	0,02	1,49	0,11	0,08	0,50	1,5
	TRP2- TRP3	15,67	160	0,31	0,02	1,85	0,17	0,12	0,61	1,5
	TRP3- Reser.	15,67	90	0,24	0,01	2,11	0,23	0,16	0,63	1,5
Conrayato	Capt - TRP1	11,62	110	0,26	0,01	2,76	0,39	0,27	0,92	1,5
	TRP1- TRP2	11,62	110	0,26	0,01	1,15	0,07	0,05	0,37	1,5
	TRP2- TRP3	11,62	110	0,26	0,01	1,67	0,14	0,10	0,50	1,5
	TRP3- Reser.	11,62	90	0,24	0,01	2,20	0,25	0,17	0,66	1,5

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

Tanto los tanques rompe – presión, como los tanques recolectores estarán provistos de una cubierta de losa a modo de tapa removible. De igual manera, como se mencionó anteriormente, los mismos tanques deben encontrarse con una protección perimetral, a más de contar con una cuneta que desvíe los escurrimientos debidos a la precipitación pluvial y a los arrastres que pudiera dejar dichos escurrimientos.

La cuneta consistirá en una excavación de sección rectangular, construida alrededor de la captación y de los tanques rompe – presión, la misma que tendrá su inicio en la zona topográficamente más alta y parte en direcciones opuestas, una vez que rodea los tanques de captación como rompe – presión, se prolonga la longitud de la cuneta siguiendo la pendiente del terreno. Las dimensiones de la cuneta pueden variar de 20 a 30 cm de ancho por 15 cm de profundidad. En caso de requerirse, considerando el tipo de terreno natural, se podrá revestir la cuneta de piedra y/o concreto. (Comisión Nacional del Agua, 2011)

En algunas ocasiones, puede darse el caso de que el terreno donde se encuentren construidos tanto los tanques de captación como rompe – presión, sea permeable y permita la infiltración de la lluvia al interior de los mismos, aumentando la turbidez del agua; como medida de solución al presente problema,

se recomienda recubrir la cuneta con algún material impermeable, como puede ser concreto reforzado con aditivo impermeabilizante integral. (Comisión Nacional del Agua, 2011)

5.4.3. Prediseño del sistema de tratamiento

Una vez definido el sistema de captación y conducción del agua, se procede a puntualizar el sistema a utilizar para su tratamiento; para este caso, resultado del análisis de las fuentes de agua mostró que las mismas son de excelente calidad y que su conducción se va a realizar a través de un sistema cerrado, lo que garantiza en la medida de lo posible que esta no altere sus condiciones naturales; se resuelve mantener el sistema de tratamiento existente en la planta tanto de la parroquia Urcuquí como San Blas.

Sin embargo, como se puede observar en las fotografías del **Anexo 6.**, alrededor del mismo se encuentran cultivos y vegetación, es por ello que se requiere pavimentar alrededor del perímetro de la planta con un ancho de 1m y cubrir las fugas existentes, a más de construir una cuneta alrededor del mismo tal como se especificó para los tanques de recolección y rompe – presión a fin de evitar que el agua se contamine. En el **Anexo 10.**, se pueden observar las plantas de potabilización tanto para la parroquia Urcuquí como San Blas.

Sin embargo en cuanto a la planta de Urcuquí, se resuelve modificar la estructura de la cloración, puesto que como se puede observar en la siguiente **Fotografía 5.1.**, se realiza a través de una pequeña llave, por lo que, se decidió alargar la tubería hasta el borde con pequeños agujeros (tipo flauta) en la misma para poder suministrar el cloro de una forma más uniforme, un ejemplo de este diseño se puede observar en la **Fotografía 5.2.**

FOTOGRAFÍA 5. 1 Planta de tratamiento Urcuquí – Cloración.



Fuente. Gad Municipal Urcuquí

FOTOGRAFÍA 5. 2 Prediseño del sistema de cloración - Planta de tratamiento Urcuquí.



Fuente. Manual Técnico biax de Plastigama.

5.4.4. Otras consideraciones para el prediseño.

Para la captación del agua para consumo, debido a las condiciones de las fuentes de agua disponibles, se definió que el método de captación a desarrollarse consiste en la construcción de muros envolviendo al ojo de agua de la vertiente y en la cara en la que brota, de esta manera los muros permiten la entrada de agua, se puede decir que este tipo de captaciones reducen a un mínimo los peligros de contaminación del agua a tomar.

Para su construcción se deben considerar varios aspectos como:

- Ubicar el sistema de captación lo más cerca posible de la fuente de agua, con la protección necesaria ante la eventualidad de desastres naturales.
- Deshierbar la zona de donde se va a captar el agua para mantenerla limpia evitando cualquier posible contaminación a la misma, procurando no arrancar los árboles de raíz, sino limpiar su alrededor.

- Evitar alterar las condiciones naturales de las fuentes de agua, impidiendo excavaciones, movimientos de tierra, rellenos; la excavación para los cimientos tendrá una profundidad mínima de 0,80 m.
- Una vez construido el sistema de captación, llenar de agua el tanque de recolección para observar posibles fugas.

5.5. PRESUPUESTO GENERAL

Los precios referenciales se obtuvieron de varias fuentes, entre ellas, en lo que respecta a trabajo de campo se obtuvo de los pobladores y empleados del GAD Municipal Urcuquí, mientras que los materiales y accesorios fueron en base a proformas de Plastigama.

TABLA 5. 47 Presupuesto general del proyecto.

CAPTACIÓN	UNIDAD	CANT.	Precio referencial (\$)	
			UNIT	TOTAL
Limpieza y desbroce	m ²	48	0,56	26,88
Replanteo de estructuras	m ²	14,63	0,8	11,7
Excavación manual S. Normal.	m ³	6,44	7,39	47,55
Excavación en suelo saturado.	m ³	4,1	9,31	38,12
Excavación en roca sin uso de explosivos	m ³	1,17	35,34	41,35
Replanteo H.S 180 Kg/cm ² e=5 cm	m ²	4,5	9,01	40,55
Enrocado Filtrante (D=19 a 100 mm)	m ³	20,72	32,22	667,6
Hormigón Simple fc=210 Kg/cm ²	m ³	1,43	225,45	321,94
Acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm ²	Kg	99,96	2,28	227,91
Relleno compactado (estructura y zanjas)	m ³	5	3,44	17,2
TRANSPORTES	UNIDAD	CANT.	Precio referencial (\$)	
			UNIT	TOTAL
Transporte material carretilla a cielo abierto	m ³ *m	59,33	1,11	65,86
Transporte de cemento y hierro ferretería - sitio de trabajo.	tn*km	15	3,08	46,2
Transporte de materiales y agua hasta 10 Km. de distancia	M	1	4,06	4,06
Transporte de materiales y agua mayor 10 Km. de distancia	m ³ *km	49,62	4,9	243,14
Transporte Materiales pétreos a mano	m ³ *m	244,19	5,22	1274,67

CONTINUACIÓN TABLA 5. 47

CONDUCCIÓN	UNIDAD	CANT.	Precio referencial (\$)	
			UNIT	TOTAL
Replanteo de estructuras	m ²	4	0,8	3,2
Picado de hormigón	m ³	0,08	193,6	14,52
Excavación zanja a mano	m ³	6	7,39	44,34
Hormigón Simple fc=210 Kg/cm ²	m ³	0,15	225,45	33,82
Enlucido vertical	m ²	30	7,55	226,5
Desalojo material sobrante	m ³	1	8,88	8,88
Relleno compactado zanjas	m ³	6	3,44	20,64
Pintura latex	m ²	5	3,55	17,75
ACCESORIOS	UNIDAD	CANT.	Precio referencial (\$)	
			UNIT	TOTAL
Válvulas de paso	U	3	24,95	74,84
Tubería desagüe	M	6	14,14	84,86
Válvula de paso D=110 mm	U	4	88,96	355,85
Válvula de paso D=160 mm	U	2	210,03	420,07
Ubicación de tubería D=110 mm	M	3366	8,52	28681,18
Ubicación de tubería D=160 mm	M	2802	14,65	41061,02
Unión de tubería D=75 mm	U	3144	1,24	3900,33
Unión de tubería D=110 mm	U	561	1,53	857,24
Unión de tubería D=160 mm	U	467	2,97	1384,92
PLANTA DE TRATAMIENTO	UNIDAD	CANT.	Precio referencial (\$)	
			UNIT	TOTAL
Enlucido	m ²	100	3,33	334,45
Tubería tipo flauta PVC D=75 mm	M	3	5,32	15,96
TOTAL			80614,19 \$	

Fuente: GAD Municipal Urcuquí

Elaborado por: Mancheno G. y Ramos C.

5.6. FICHA AMBIENTAL DEL PROYECTO.

Según el Libro VI del TULSMA, de acuerdo con la categorización ambiental nacional, la realización del presente proyecto, correspondería a la primera categoría, es decir, proyectos que generan bajo impacto ambiental o presentan insignificantes niveles de contaminación al medio ambiente, por lo que a través de la ficha ambiental, se describe de manera general los aspectos físicos, bióticos, socio - económicos involucrados en el mismo.

Identificación del Proyecto

Nombre del Proyecto:	Pre-diseño de la Planta de Potabilización de Aguas para las parroquias San Blas y Urcuquí	Código:
-----------------------------	--	----------------

Localización del Proyecto:	Provincia: Imbabura
	Cantón: San Miguel de Urcuquí
	Parroquia: San Blas- Urcuquí

Auspiciado por:	<input type="checkbox"/> Ministerio de: <input type="checkbox"/> Gobierno Provincial: <input checked="" type="checkbox"/> Gobierno Municipal:
------------------------	---

Tipo del Proyecto:	Abastecimiento de agua
	Bienestar social
	Saneamiento ambiental

Descripción del proyecto:

La ejecución de este proyecto consiste en el pre diseño de las unidades de potabilización del agua proveniente de las vertientes Alofitara y Conrayaro para proveer de agua potable a las parroquias San Blas y Urcuquí, pertenecientes al cantón San Miguel de Urcuquí.

El proceso de la investigación se basará en el estudio socioeconómico de la población de las parroquias de San Blas y Urcuquí, mediante la elaboración de encuestas, además de la caracterización física, química y microbiológica del agua, la misma que se efectuó mediante muestreo simple, empleando envases de plástico y frascos estériles conjuntamente con Tiosulfato de Sodio como

preservante para inhibir la acción del Cloro Libre Residual y poder llevar a cabo el análisis microbiológico de Coliformes Totales y Fecales. Los ensayos y cálculos analíticos serán realizados en el Laboratorio de Docencia de Ingeniería Ambiental (LDIA) y en el Centro de Investigaciones y Control Ambiental (CICAM) pertenecientes a la Escuela Politécnica Nacional; basando el procedimiento de los análisis en la Norma APHA-AWWA-WPCF.

La propuesta planteada describe las operaciones unitarias necesarias para el tratamiento de agua, como solución a los distintos problemas que interfieren de manera negativa en la calidad de la misma, mediante técnicas de sedimentación y procesos de potabilización tales como filtración, cloración; que permitan eliminar la presencia de sólidos o impurezas presentes en el agua, a más de microorganismos patógenos, mejorando las condiciones del proceso y reduciendo al máximo los recursos para dar cumplimiento a lo establecido en la Norma Técnica para Agua Potable NTE INEN 1108:2011.

La realización del presente proyecto, permitirá resolver los problemas existentes con el abastecimiento de agua potable mejorando sustancialmente las condiciones de vida de sus habitantes.

Nivel de los estudios Técnicos del proyecto:	x	Idea o pre factibilidad
Categoría del Proyecto	x	Ampliación o mejoramiento

Datos del Promotor/Auspiciante				
Nombre o Razón Social:	GAD Municipal Urcuquí			
Representante legal:	Víctor Julio Cruz Ponce ALCALDE DEL CANTÓN SAN MIGUEL DE URCUQUÍ			
Dirección:	Calle Guzmán y Antonio Ante (esquina)			
Barrio/Sector:	Urcuquí – San Blas	Ciudad:	Urcuquí	Provincia: Imbabura
Teléfono:	062939211			

Características del Área de Influencia

Caracterización del Medio Físico

Localización

Región geográfica:	x	Sierra			
Coordenadas:	Geográficas				
	UTM				
	Superficie del área de influencia directa:				
	Inicio	Longitud	78° 11' 50" Oeste	Latitud	0° 25' 13" Norte
Fin	Longitud	78° 12' 34" Oeste	Latitud	0° 24' 51" Norte	
Altitud:	Entre 2.301 y 3.000 msnm				

Clima

Temperatura	x	Subtropical	En las partes bajas desde los 1600-1400 msnm.
	x	Templado	En las partes altas a 2200 msnm.

El clima predominante de la zona, de acuerdo a los datos obtenidos por el INHAMI en base a la estación con registros más cercana que es Otavalo, es subtropical, se registran temperaturas medias anuales entre los 13,9 – 16,64° C, con precipitaciones de 0-500 mm al año y una evapotranspiración promedio de 80 mm al año. (INAMHI, 2012)

Geología, geomorfología y suelos

Ocupación actual del Área de influencia:	x	Asentamientos humanos, zonas de potencial turístico
	x	Áreas agrícolas o ganaderas
	x	Bosques naturales o artificiales, fuentes hidrológicas y cauces naturales

Pendiente del suelo	x	Ondulado	El terreno es ondulado. Las pendientes son suaves (entre 30% y 100 %).
Tipo de suelo	x	Arenoso	Más del 60%
Calidad del suelo	x	Semi-fértil	
Permeabilidad del suelo	x	Baja – Media	El agua no se infiltra fácilmente en el suelo. Los charcos de lluvia desaparecen rápidamente.
Condiciones de drenaje	x	Malas	Las condiciones son malas. Existen estancamientos de agua, aún en épocas cuando no llueve

El 48,8% de los terrenos presentan una pendiente mayor al 70%, esta dificulta las tareas agrícolas, y por protección al suelo no deben ser sometidas a la agricultura intensiva. Sin embargo, alrededor del 15% de su superficie, presentan pendientes del 30% o menos, estos terrenos son aptos para la agricultura y asegura el manejo adecuado de los cultivos. (Plan de Desarrollo Estratégico Urcuquí, 2014)

Hidrología

Fuentes	x	Agua superficial	Existen pequeñas quebradas, además de la presencia de ojos de agua.
	x	Agua subterránea	
Precipitaciones	x	Medias	Lluvias en época invernal o esporádicas

Aire

Calidad del aire	x	Pura	No existen fuentes contaminantes que lo alteren
Recirculación de aire:	x	Muy Buena	Brisas ligeras y constantes Existen frecuentes vientos que renuevan la capa de aire, se producen vientos con una velocidad promedio de 1 km/h.
Ruido	x	Tolerable	Ruidos admisibles o esporádicos. No hay mayores molestias para la población y fauna existente.

La calidad del aire y el ruido están afectados principalmente por el paso de vehículos livianos y pesados que circulan por las vías.

Caracterización del Medio Biótico

Ecosistema

Tipo de Ecosistema	x	Páramo Húmedo	Se caracteriza por tener temperaturas bajas durante la mayor parte del año.
	x	Bosque Húmedo Montano Occidental	Vegetación húmeda y seca, presencia de ricos recursos naturales.

Flora

Tipo de cobertura Vegetal:	x	Bosques	Bosque primario, maderas de monte, frutales propios de la zona.
	x	Pastos	Para la producción de Ganado vacuno, caballar, y otros animales menores.
	x	Cultivos	Actividad fundamental de los habitantes de la zona.
Importancia de la Cobertura vegetal:	x	Común del sector	
	x	Intervenida	
Usos de la vegetación:	x	Alimenticio	Principal actividad económica del cantón.
	x	Comercial	

Fauna silvestre

Tipología	x	Insectos	Arañas, alacranes, mariposas, caracoles, etc.
	x	Anfibios	Ranas
	x	Peces	Truchas
	x	Reptiles	Lagartijas, culebras

	x	Aves	Colibríes, tórtolas, aves de rapiña, aves de corral, curiquingue, pájaro carpintero, búho, lechuza etc.
	x	Mamíferos	Conejo de monte, zorrillo, armadillo, Ganado vacuno, Ganado porcino, cervicabra, gato montés.
Importancia	x	Común	
	x	Frágil	

Caracterización del Medio Socio-Cultural

Demografía

Nivel de consolidación del área de influencia:	x	Urbana
	x	Rural
Tamaño de la población	x	Entre 1.001 y 10.000 habitantes
Características étnicas de la Población	x	Mestizos
	x	Indígena
	x	Negros

Infraestructura social

Abastecimiento de agua	x	Agua potable
	x	Conexión domiciliaria
	x	Acarreo manual
Evacuación de aguas servidas	x	Alcantarillado sanitario
	x	Alcantarillado Pluvial
	x	Fosas sépticas
Evacuación de aguas lluvias	x	Alcantarillado Pluvial
	x	Drenaje superficial
Desechos sólidos	x	Barrido y recolección

	x	Botadero a cielo abierto
	x	Relleno sanitario
Electrificación	x	Red energía eléctrica
Transporte público	x	Servicio intercantonal
Vialidad y accesos	x	Vías principales
	x	Vías secundarias
	x	Vías urbanas
Telefonía	x	Red domiciliaria

Actividades socio-económicas

Aprovechamiento y uso de la tierra	x	Residencial
	x	Recreacional
	x	Productivo
	x	Baldío
Tenencia de la tierra:	x	Terrenos privados
	x	Terrenos municipales

Organización social	x	Segundo grado	Pre-cooperativas, cooperativas
----------------------------	---	---------------	--------------------------------

Aspectos culturales

Lengua	x	Castellano
	x	Nativa
Religión	x	Católicos
	x	Evangélicos
Tradiciones	x	Ancestrales
	x	Religiosas
	x	Populares

Medio Perceptual

Paisaje y turismo	x	Zonas con valor paisajístico
	x	Atractivo turístico
	x	Recreacional

Riesgos Naturales e inducidos

Peligro de Deslizamientos	x	Latente	La zona podría deslizarse cuando se produzcan precipitaciones extraordinarias.
Peligro de Inundaciones	x	Latente	La zona podría inundarse cuando se produzcan precipitaciones extraordinarias.
Peligro de Terremotos	x	Nulo	La tierra, prácticamente, no tiembla.

Evaluación Ambiental

ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	POSITIVO / NEGATIVO	ETAPA DEL PROYECTO
AIRE	Levantamiento de material particulado	Negativo	Construcción
RUIDO	Incremento en los niveles de presión sonora por el transporte de los equipos y materiales para la construcción.	Negativo	Construcción
AGUA	No se identifican afectaciones en la calidad del agua, debido a que no hay efluentes ni descargas en el proceso.	No aplica	Construcción, Operación y Mantenimiento
SUELO	No se identifican afectaciones en la calidad del suelo, debido a que no hay efluentes ni descargas en el proceso.	No aplica	Construcción
BIOTA	Las aves pueden verse afectadas por ruido generado durante la construcción, molestias otros animales durante construcción.	Negativo	Construcción, Cierre y Abandono

MEDIO PERCEPTUAL	Impacto visual por las estructuras que se van a instalar	Negativo	Construcción, Operación y Mantenimiento
SOCIO-ECONÓMICO	Mejoramiento de los servicios básicos y nivel de calidad de vida.	Positivo	Construcción, Operación y Mantenimiento
	Opciones de trabajo local en las fases constructivas y en menor grado en la fase operativa.		

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- Se concluye que la ventaja de la realización de los métodos de análisis físico-químicos se basa en que sus procedimientos suelen ser más rápidos y pueden ser monitoreados con mayor frecuencia, en comparación con los métodos de análisis biológicos, basados en la observación y medición de ciertas comunidades de microorganismos en las aguas.
- De acuerdo con la evaluación realizada se determinó a través de los ensayos físicos, químicos y microbiológicos, que el estado original del recurso agua en los puntos de captación es de excelente calidad, teniendo actualmente un sistema de conducción entubado, sin embargo se observa que el actual sistema tanto de captación, como de conducción presentan evidentes deficiencias, debido al mal diseño de las obras civiles (tanques de captación, tanques rompe - presión y barcazas), y a la falta de un sistema de operación y mantenimiento permanente que contemplan dicho sistema, además de problemas generados por intervenciones tradicionales (ganadería) que se han venido dando, infiriendo negativamente en la calidad del cuerpo hídrico aguas abajo; lo anteriormente mencionado se puede corroborar a través de los resultados obtenidos en los análisis físico-químicos y microbiológicos, reportando valores mayores a los encontrados en las vertientes de agua propiamente. Adicionalmente cabe recalcar que los actuales cajones de recolección o captación no se encuentran justamente en el ojo de agua, sino aguas abajo, recorriendo una distancia poco considerable, además, a lo largo del trayecto, el cuerpo hídrico tiene contacto directo con la vegetación propia de la zona y con suelo desprendible, lo cual afecta a la calidad del recurso, surgiendo así la necesidad de rediseñar los tanques de captación puesto

que los tanques de recolección actuales poseen pequeñas dimensiones que imposibilitan el suficiente almacenamiento de agua, a más de que presentan fallas en el diseño puesto que se encuentran a cielo abierto a ras de suelo y su entorno no es el adecuado, propiciando la contaminación con agua pluvial y materia orgánica localizada en la periferia, para ello, se debe adaptar la zona de captación en la medida de lo posible sin afectar el cauce natural del agua.

- En cuanto al prediseño del sistema de potabilización se decidió, que la toma de captación de agua estará colocada a más de un kilómetro de altura respecto al centro poblado, y a más de 9 kilómetros a lo largo de la conducción, teniendo pendientes pronunciadas y generando altas velocidades y presiones que superan el límite de resistencia de presión de las tuberías, por lo que fue necesario establecer el prediseño de los tanques rompe – presión para prever el buen funcionamiento de todo el sistema hidráulico. En base a dichas consideraciones, y tras el análisis hidráulico fue necesario el prediseño de 3 tanques rompe – presión para la vertiente de Alofitara y 3 tanques rompe – presión adicionales para la conducción del agua desde la vertiente Conrayaro.
- El prediseño realizado presenta la alternativa más favorable acorde con las normas de calidad del agua para consumo humano, dando cumplimiento a lo estipulado en el libro VI, Anexo 1, del TULSMA; reglamento base para la evaluación de la calidad del agua, siendo además desde el punto de vista técnico, y socioeconómico, la mejor opción, satisfaciendo a la población con un recurso con condiciones adecuadas para mejorar la calidad de vida de la población ya que, se podrá contribuir sustancialmente a disminuir el índice de enfermedades infecciosas y parasitarias en los grupos más vulnerables (ancianos, discapacitados y sobre todo los niños), garantizando su salud y favoreciendo al desarrollo de la población en general.
- El resultado del presente trabajo contribuirá como referencia para proyectos futuros, en base a ciertas consideraciones tomadas en el desarrollo del mismo, por ejemplo los métodos empleados para el análisis de la calidad de las fuentes de agua para consumo y el pre diseño de las unidades de potabilización del agua propuesto.

- Según cálculos de oferta y demanda hídrica se encontró que actualmente las parroquias de San Blas y Urcuquí no presentan déficit del servicio de agua potable, abasteciendo a la totalidad de dichas poblaciones, tanto a las que poseen red pública, como a las que adquieren el recurso desde otros medios, sin embargo para la población de Urcuquí, debido a la implementación del proyecto Yachay, se evidencia un crecimiento poblacional significativo, dando lugar a un incremento de la demanda de agua potable, observándose así, que con el presente estudio, el recurso hídrico abastecerá a la totalidad de la población de Urcuquí solamente hasta el año 2022; pese a esto, el cantón goza de múltiples recursos hídricos, de los cuales actualmente se emplean 3 ojos de agua para abastecer a dicha población; por ende se requiere la incorporación y readecuación de una nueva fuente de agua al sistema de agua potable para atender la creciente demanda, ofertando un servicio permanente, de buena calidad, pudiendo también diseñar nuevos tanques de almacenamiento de agua en la planta de tratamiento para dotar a toda la población en épocas de sequía y evitar así los continuos cortes de agua que actualmente experimentan los pobladores de las parroquias.

6.2. RECOMENDACIONES

- En conocimiento de que el control de la calidad del agua en las parroquias de Urcuquí y San Blas es responsabilidad de la municipalidad del cantón Urcuquí, a través de las competencias establecidas en el sector municipal, y dado que actualmente el GAD municipal de Urcuquí no cuenta con un programa de control permanente que garantice la calidad continua del mismo, se recomienda así a la empresa de agua potable del cantón que lleve a cabo un programa de monitoreo adecuado, tanto para la captación, conducción, planta de tratamiento y sitios de distribución, para evaluar constantemente la calidad del recurso agua para de esta manera garantizar un servicio de calidad, puesto que existen ciertos factores que infieren indirectamente en detrimento de la calidad del recurso, de esta manera se podría disminuir los

posibles focos de contaminación cruzada, mitigando los mismos a través de programas de contingencia y toma de medidas adecuadas. Además se puede construir centros de control a lo largo de la línea de conducción con un operador permanente para el custodio del recurso, y así prever acciones inmediatas, a más de programar un cronograma de limpieza de las unidades y componentes del sistema, tramos de tubería y accesorios.

- Para protección de las captaciones de las fuentes de abastecimiento de agua y las demás estructuras hidráulicas se debe considerar la construcción de cerramientos para evitar el ingreso de personas particulares como también de animales vacunos que existen en el sector.
- También es necesario concienciar a los agricultores que usan plaguicidas en los sectores cercanos a las diferentes estructuras hidráulicas que existen a lo largo de línea de conducción, mediante capacitaciones orientadas al manejo y disposición final adecuados de estos desechos tóxicos, proceso educativo que requiere de tiempo y recursos por parte del GAD Municipal.
- Para evitar la suspensión del servicio de agua potable en la parroquia de San Blas, se recomienda construir un nuevo filtro descendente y así emplearlo cuando el primero se encuentre en etapa de mantenimiento y limpieza.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agenda 21 Imbabura, 2010.
2. Alvarado P. (2013); Estudios y diseños del sistema de agua potable del barrio San Vicente, parroquia Nambacola, cantón Gonzanamá. <http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/6543/1/TESIS%20UTPL.pdf>
3. Arboleda, J. (2000). Teoría y práctica de la purificación del agua. Editorial McGraw Hill. 3ra Edición. Santa Fe de Bogotá, Colombia. Pp 734-763
4. Avellaneda Cusaria A. (2008). Evaluación de Impacto Ambiental, primera edición, Bogotá D.C.: Kimpres Ltda.
5. Ball R. y Church R, (1980). Water Quality Indexing And Scoring. Journal Of the Environmental Engineering Division, American Society Of Civil Engineers, pp 757-771.
6. Bolaños E. (2012). Muestra y Muestreo. http://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/tizayuca/gestion_tecnologica/muestraMuestreo.pdf
7. Bolaños M. (2011). Estudio de Factibilidad para el Desarrollo de un Plan
8. Maestro de Redes de Distribución de Agua Potable del Sistema Urbano en la Ciudad de Urcuquí. Imbabura, Ecuador. Pp 200-207
9. Brown R. *et al.*, (1970). A Quater Quality Index- Do We Dare?. Pp 339-343.
10. CAHESA S.A. (2014); Purificación del Agua. http://www.cahesa.com.ar/uploads/biblioteca_4.pdf
11. Cano Casas L. y Escobar Martínez, J. (2011); Diseño de redes de monitoreo apoyadas por herramientas SIG y modelación geoespacial. http://www.unesco.org.uy/ci/fileadmin/phi/aqualac/AquaLAC-Numero1-Vol3_-_pag_18_a_25_-_1111.pdf
12. CEPIS. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, (2014). Agua Potable. <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacep/e/servi.html>

13. Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua. (1999). Índice de Calidad del Agua. http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/estadisticas_2000/compendio_2000/03dim_ambiental/03_02_Agua/data_agua/RecuadroIII.2.2.2.htm
14. Comisión Nacional del Agua. (2011). Manual para el control de inundaciones. <http://www.freshwateraction.net/sites/freshwateraction.net/files/SGT-1-11-Manual-para-el-control-de-inundaciones.pdf>
15. Constitución de la República del Ecuador, 2008
16. Contreras K., Contreras J. Corti M. et al. (2008); El agua un recurso para preservar. <http://eventos.ula.ve/ciudadesostenible/documentos/pdf/agua.pdf>
17. EPA, Agencia de Protección ambiental de los Estados Unidos. http://www.epa.gov/safewater/wot/pdfs/book_waterontap_enespanol_full.pdf
18. Faith and Sustainable Technologies, FAST (s.f.). Cuantificación de la oferta y demanda de agua para consumo en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. <http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/323/1/T2769.pdf>
19. Fález, Marta. (s.f.). El Agua. https://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/6263/4/03_Mem%C3%B2ria.pdf
20. Gobierno de la República del Ecuador. (2014). Yachay, Ciudad del Conocimiento. <http://www.ciudadyachay.com/>
21. Gómez, M. y Barredo, J. (2006). Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio aplicados al ordenamiento del territorio. http://geofocus.rediris.es/2010/Articulo5_2010.pdf
22. Heising, K. (2009). Agentes Patógenos que entran al agua proveniente de desechos orgánicos. (pág. 26). Corporación Técnica Alemana.
23. Henry & Heinke, Ingeniería Ambiental, 1999, pág. 392-395
24. INEC (2014). Sistema Integrado de Consultas. <http://redatam.inec.gob.ec/cgi-bin/RpWebEngine.exe/PortalAction>
25. Jiménez Z. (2009); Estudio sobre opinión pública acerca de los efectos de la operación de carga de carbón por el puerto de Santa Marta. http://www.usergioarboleda.edu.co/encontexto/material/trabajos_de_grado/estudio_opinion_publica_efectos_carga_carbon_puerto_santamarta.pdf

26. Lee Ivester A. y Neefus J. (2005); Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo3/89.pdf>.
27. López, M. 2002. Manual de muestreo. EMAAP-Q.
28. López. (2003); Red por la Salud. <http://www.redxlasalud.org/>
29. Malhotra, N. (2004); El muestreo y la capacidad de entrevistadores. http://moodle2.unid.edu.mx/dts_cursos_md/pos/MD/IM/S10/M10_Visual.pdf
30. Mejía L. y Ruiz J. (2011); Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica para la toma de decisiones. <http://revistarecai.mx/index.php/recai/article/download/5/16>.
31. MINAET. (2008); Informe Técnico para la Gestión de la Seguridad Hídrica del Acuífero de Sardinal. http://www.drh.go.cr/sardinal/informe%20final_acuifero%20sardinal/17.%20monitoreo.pdf
32. Montoya C. Loaiza D. et al.(2009); Propuesta metodológica para localización de estaciones de monitoreo de calidad de agua en redes de distribución utilizando sistemas de información geográfica. <http://jaibana.udea.edu.co/grupos/revista/revistas/nro049/Articulo13.pdf>
33. Moreno A., Toro M. y Carvajal L. (2008); Revisión de criterios y metodologías de diseño de redes para el monitoreo de la calidad del agua en ríos. <http://www.bdigital.unal.edu.co/4761/1/No.18-2008-2.pdf>
34. Murray R. ; Larry J. Estadística, (4ª Ed), Mcgraw-Hill / Interamericana De México, 2009
35. Norma NTE INEN 1-108:2006.
36. OMS. 1993. Directrices de la OMS para la calidad del agua potable. 1993, son el punto de referencia internacional para el establecimiento de estándares y seguridad del agua potable. <http://www.lenntech.es/aplicaciones/potable/normas/estandares-calidad-agua-oms.htm#ixzz0xBaQKqhb>

37. Orozco, *et al.*, (2005); Congreso Gestión Ambiental.
http://www.areandina.edu.co/contenidos/medios_portal/npublicaciones/valledu-par/revista-formando-investigadores.pdf
38. Ott W. (1978); Environmental Indices, Theory and Practice. Michigan.
39. Plan Cantonal de Urcuquí, 2006
40. Plan de Desarrollo Económico Cantonal Urcuquí, 2014
41. Plan de Desarrollo Estratégico San Blas, 2014
42. Plan de Desarrollo Estratégico Urcuquí, 2014
43. Ramírez F. (2007); El Muestreo del Agua. Toma y Conservación de Muestras.
<http://www.elaguapotable.com/EI%20muestreo%20de%20los%20distintos%20tipos%20de%20agua.pdf>
44. Ramírez J. (2011); Proyecto de Ley del Recurso Hídrico-Perú.
[http://www2.congreso.gob.pe/Sicr/TraDocEstProc/Contdoc01_2011.nsf/d99575da99ebf305256f2e006d1cf0/4f1a0144da2605eb0525799600788286/\\$FILE/PL00778310112.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/Sicr/TraDocEstProc/Contdoc01_2011.nsf/d99575da99ebf305256f2e006d1cf0/4f1a0144da2605eb0525799600788286/$FILE/PL00778310112.pdf)
45. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS (2000). Tratamiento de Agua Potable.
http://cra.gov.co/apcafiles/37383832666265633962316339623934/7._Tratamiento_de_aguas_potable.
46. Rice E., Baird R., Eaton A., Clesceri L., Standard Methods for the Examinations of Water and Wastewater, 2012, 22va Ed.
47. Salud, O. M. (2014). Guías para la calidad del agua potable. http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/es/
48. Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental. Diseño de redes de monitoreo, estadísticas, precisión de las determinaciones analíticas, control de calidad. <http://www.ingenieroambiental.com/7/manual05.pdf>
49. SENPLADES. (2014); <http://www.planificacion.gob.ec/>
50. Servicio Nacional de Estudios Territoriales-Salvador. (s.f.); Índice de Calidad del Agua General "ICA".
<http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculolCA.pdf>
51. Stuart Hamilton. (2012). Los cinco elementos primordiales de un programa de monitoreo hidrológico.

- https://www.wmo.int/pages/publications/bulletin_es/archive/61_1_es/documents/61_1_hydro_es.pdf
52. Texto Unificado de Legislación Ambiental, Libro VI, Anexo 1. Norma de Calidad del Recurso Agua.
53. Urcuquí, GAD. Municipal. (2014). Urcuquí.
<http://www.municipioUrcuquí.gob.ec/munUrcuquí/index.php/2012-10-01-19-49-35/unidad-de-agua-potable/vision-y-mision-uapa>
54. Water Analysis Handbook, HACH, 2da edición.
55. Zaldívar E. (2012); Proyección de la Demanda de Agua Potable.
<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/caliagua/mexico/02221e17.pdf>

ANEXOS

ANEXO No 1.

Límites Máximos Permisibles: TULSMA

TABLA 7. 1 Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren desinfección.

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Aluminio	Al	mg/l	0,2
Amoniaco	N-Amoniacal	mg/l	1,0
Amonio	NH ₄	mg/l	0,05
Arsénico (total)	As	mg/l	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Cianuro (total)	CN ⁻	mg/l	0,1
Cloruro	Cl	mg/l	250
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Coliformes Totales	nmp/100 ml		3 000
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		600
Color	color real	unidades de color	100
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,002
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,05
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	2,0
Dureza	CaCO ₃	mg/l	500
Bifenilo policlorados/PCBs	Concentración de PCBs totales	µg/l	0,0005
Fluoruro (total)	F	mg/l	1,5
Hierro (total)	Fe	mg/l	1,0
Manganeso (total)	Mn	mg/l	0,1
Materia flotante			Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Nitrato	N-Nitrato	mg/l	10,0
Nitrito	N-Nitrito	mg/l	1,0
Olor y sabor			Es permitido olor y sabor removible por desinfección
Oxígeno disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6mg/l
Plata (total)	Ag	mg/l	0,05
Plomo (total)	Pb	mg/l	0,05
Potencial de hidrógeno	pH		6-9

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Selenio (total)	Se	mg/l	0,01
Sodio	Na	mg/l	200
Sólidos disueltos totales		mg/l	1 000
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	400
Temperatura		°C	Condición Natural + o - 3 grados
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Turbiedad		UTN	100
Zinc	Zn	mg/l	5,0
*Productos para la desinfección		mg/l	0,1
Hidrocarburos Aromáticos			
Benceno	C ₆ H ₆	µg/l	10,0
Benzo(a) pireno		µg/l	0,01
Etilbenceno		µg/l	700
Estireno		µg/l	100
Tolueno		µg/l	1 000
Xilenos (totales)		µg/l	10 000
PESTICIDAS Y HERBICIDAS			
Carbamatos totales	Concentración de carbamatos totales	mg/l	0,1
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,01
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales	mg/l	0,1
Dibromocloropropano (DBCP)	Concentración total de DBCP	µg/l	0,2
Dibromoetileno (DBE)	Concentración total de DBE	µg/l	0,05
Dicloropropano (1,2)	Concentración total de dicloropropano	µg/l	5
Diquat		µg/l	70
Glifosato		µg/l	200
Toxafeno		µg/l	5
Compuestos Halogenados			
Tetracloruro de carbono		µg/l	3
Dicloroetano (1,2-)		µg/l	10
Dicloroetileno (1,1-)		µg/l	0,3
Dicloroetileno (1,2-cis)		µg/l	70

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Dicloroetileno (1,2-trans)		µg/l	100
Diclorometano		µg/l	50
Tetracloroetileno		µg/l	10
Tricloroetano (1,1,1-)		µg/l	200
Tricloroetileno		µg/l	30
Clorobenceno		µg/l	100
Diclorobenceno (1,2-)		µg/l	200
Diclorobenceno (1,4-)		µg/l	5
Hexaclorobenceno		µg/l	0,01
Bromoximil		µg/l	5
Diclorometano		µg/l	50
Tribrometano		µg/l	2

Fuente: Texto Unificado de Legislación Secundaria, Libro VI, Anexo I
Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

Nota:

Productos para la desinfección: Cloroformo, Bromodiclorometano, Dibromoclorometano y Bromoformo.

TABLA 7. 2 Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieran desinfección.

Parámetros	Expresado Como	UNIDAD	Límite Máximo Permissible
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Aluminio total	Al	mg/l	0,1
Amoniaco	N-amoniacal	mg/l	1,0
Arsénico (total)	As	mg/l	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro (total)	B	mg/l	0,75
Cadmio	Cd	mg/l	0,001
Cianuro (total)	CN ⁻	mg/l	0,01
Cobalto	Co	mg/l	0,2
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Color	color real	Unidades de color	20
Coliformes Totales	nmp/100 ml		50*

Parámetros	Expresado Como	UNIDAD	Límite Máximo Permissible
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	250
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,002
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,05
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,002
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,05
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	2
Dureza	CaCO ₃	mg/l	500
Estaño	Sn	mg/l	2,0
Fluoruros	F	mg/l	Menor a 1,4
Hierro (total)	Fe	mg/l	0,3
Litio	Li	mg/l	2,5
Manganeso (total)	Mn	mg/l	0,1
Materia Flotante			AUSENCIA
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Níquel	Ni	mg/l	0,025
Nitrato	N-Nitrato	mg/l	10,0
Nitrito	N-Nitrito	mg/l	1,0
Olor y sabor			Ausencia
Oxígeno disuelto	O.D	mg/l	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6 mg/l
Plata (total)	Ag	mg/l	0,05
Plomo (total)	Pb	mg/l	0,05
Potencial de Hidrógeno	pH		6-9
Selenio (total)	Se	mg/l	0,01
Sodio	Na	mg/l	200
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	250
Sólidos disueltos totales		mg/l	500
Temperatura	°C		Condición Natural +/- 3 grados
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Turbiedad		UTN	10
Uranio Total		mg/l	0,02
Vanadio	V	mg/l	0,1
Zinc	Zn	mg/l	5,0
HIDROCARBUROS AROMÁTICOS			
Benceno	C ₆ H ₆	mg/l	0,01
Benzo-a- pireno		mg/l	0,00001
PESTICIDAS Y HERBICIDAS			
Organoclorados totales	Concentración de	mg/l	0,01

Parámetros	Expresado Como	UNIDAD	Límite Máximo Permisible
	organoclorados totales		
Organofosforados y carbamatos	Concentración de organofosforados y carbamatos totales.	mg/l	0,1
Toxafeno		µg/l	0,01
Compuestos Halogenados			
Tetracloruro de carbono		mg/l	0,003
Dicloroetano (1,2-)		mg/l	0,01
Tricloroetano (1,1,1-)		mg/l	0,3

Fuente: Texto Unificado de Legislación Secundaria, Libro VI, Anexo I

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

Nota:

*Cuando se observe que más del 40% de las bacterias coliformes representadas por el Índice NMP, pertenecen al grupo coliforme fecal, se aplicará desinfección al agua a emplearse para el consumo humano y doméstico.

ANEXO No 2.

Requisitos para Agua Potable Norma INEN

TABLA 7. 3 Requisitos fisicoquímicos del agua potable.

PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Características físicas			
Color		Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad		NTU	5
Olor		---	no objetable
Sabor		---	no objetable
Inorgánicos			
Antimonio	Sb	mg/l	0,02
Arsénico	As	mg/l	0,01
Bario	Ba	mg/l	0,7
Boro	B	mg/l	0,5
Cadmio	Cd	mg/l	0,003
Cianuros	CN-	mg/l	0,07
Cloro libre residual*		mg/l	0,3 a 1,5
Cobre	Cu	mg/l	2
Cromo (cromo total)	Cr	mg/l	0,05
Fluoruros		mg/l	1,5
Manganeso	Mn	mg/l	0,4
Mercurio	Hg	mg/l	0,006
Níquel	Ni	mg/l	0,07
Nitratos	NO ₃	mg/l	50
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,2
Plomo	Pb	mg/l	0,01
Selenio	Se	mg/l	0,01

Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108: 2011

Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

TABLA 7. 4 Requisitos Microbiológicos.

	Máximo
Coliformes fecales (1): - Tubos múltiples NMP/100 ml ó - Filtración por membrana UFC/ 100 ml	< 1,1 * < 1 **
Cryptosporidium, número de ooquistes/100 litros	Ausencia
Giardia, número de quistes/100 litros	Ausencia
* < 1,1 significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm ³ ó 10 tubos de 10 cm ³ ninguno es positivo	
** < 1 significa que no se observan colonias	

Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108: 2011
Elaborado por: Mancheno G., Ramos C.

ANEXO No 3.

Definiciones Norma INEN

- Agua Potable: Es el agua cuyas características físicas, químicas y microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano.
- Agua Cruda: Es el agua que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características físicas, químicas y microbiológicas.
- Límite máximo permisible: Representa un requisito de calidad del agua potable que fija dentro del ámbito del conocimiento científico y tecnológico del momento un límite sobre el cual el agua deja de ser apta para consumo humano.
- UFC/ml: Concentración de microorganismos por mililitro expresada en unidades formadoras de colonias.
- NMP: Forma de expresión de parámetros microbiológicos, número más probable cuando se aplica la técnica de los Tubos Múltiples.
- $\mu\text{g/l}$: (microorganismos por litro). Unidades de concentración de parámetros fisicoquímicos.
- mg/l : (miligramos por litro). Unidades de concentración de parámetros fisicoquímicos.
- Microorganismo patógeno: Son los causantes potenciales de enfermedades para el ser humano.
- Pesticidas: Sustancia química o biológica que se utiliza sola, combinada o mezclada para prevenir, combatir o destruir, repeler o mitigar insectos, hongos, bacterias, nemátodos, ácaros, moluscos, roedores, malas hierbas o cualquier forma de vida que cause perjuicios directos o indirectos a los cultivos agrícolas, productos vegetales y plantas en general.
- Desinfección: Proceso de tratamiento que elimina o reduce el riesgo de enfermedad que pueden presentar los agentes microbianos patógenos, constituye una medida preventiva esencial para la salud pública.
- Subproductos de desinfección: Productos que se generan al aplicar el desinfectante al agua especialmente en presencia de sustancias húmicas.
- Cloro residual: Cloro remanente en el agua luego de al menos 30 minutos de contacto.

- Dureza total: Es la cantidad de calcio y magnesio presente en el agua y expresado como carbonato de calcio.
- Sólidos totales disueltos: Fracción filtrable de los sólidos que corresponde a los sólidos coloidales y disueltos.

ANEXO No 4.

Modelo de encuestas

Pregunta 1: ¿Qué tipo de vivienda usted posee?

Casa/ villa () Departamento en casa () Mediagua () Cuarto(s) en casa de inquilinato () Rancho () Covacha o Choza () Otro ()

Pregunta 2: Número de pisos de su vivienda:

1() 2() 3() 4 o más ()

Pregunta 3: Número de habitantes que posee su vivienda:

1 () 2() 3() 4() 5 o más ()

Pregunta 4: ¿Qué servicios posee su vivienda?

Agua potable () Alcantarillado sanitario () Energía eléctrica ()
Teléfono () Otros () Indique:.....

Pregunta 5: ¿Qué nivel de educación posee usted?

Primaria () Secundaria () Pregrado () Postgrado () Otros ()
Especialidad:.....

Pregunta 6: ¿Qué ingreso mensual usted percibe?

Menos de 340 USD () 340 USD () Más de 340 USD () No recibe ()

Pregunta 7: ¿A qué se dedica usted?

Agricultor () Ganadero () Empleado público () Empleado privado ()
 Estudiante () Otros () Indique:

Pregunta 8: ¿De dónde proviene principalmente el agua que recibe su vivienda:

Red Pública () Pozo () Río, vertiente, acequia o canal ()
 Carro repartidor () Otro (Agua lluvia/albarrada) ()

Pregunta 9: Especifique la cantidad de agua que llega a su hogar o negocio

Suficiente () Insuficiente () Escaso () Deficiente ()

Pregunta 10: ¿Pagan en este hogar por el agua que consumen?

Sí () No () Valor ()USD

Pregunta 11: ¿Cree usted que el costo que paga por el servicio de agua que recibe es el adecuado?

SI () NO () Por qué:

Pregunta 12: ¿Cómo califica usted el servicio de agua potable que recibe?

Optimo () Muy buena () Buena () Mala ()

Pregunta 13: ¿Considera usted que se debería implementar un nuevo sistema de abastecimiento de agua potable?

SI () NO () ¿Por qué?:.....

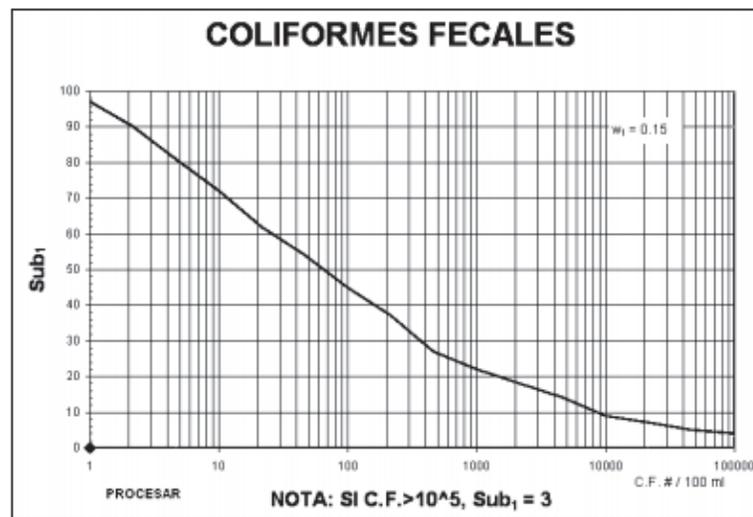
Pregunta 14: ¿Si el servicio de agua mejoraría, estaría usted dispuesto a pagar más por el mismo?

SI () NO () ¿Cuánto?:

ANEXO No 5.

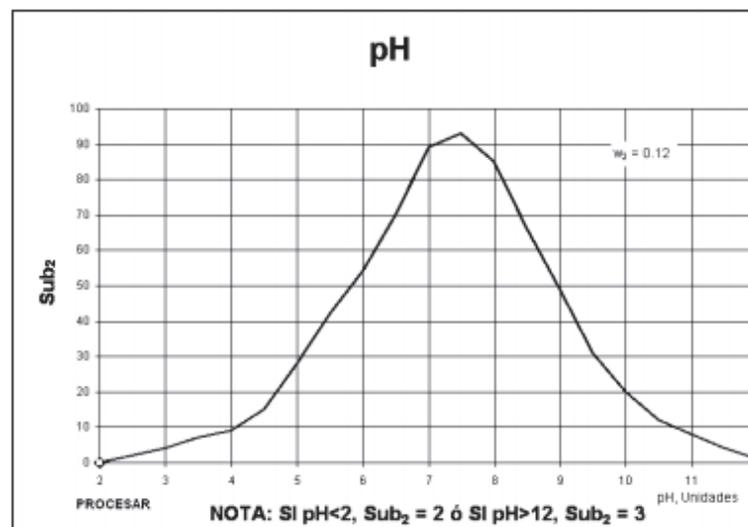
Valoración de la calidad del agua en función de diversos parámetros: gráficas.

FIGURA 7. 1 Valoración de la calidad del agua en función de coliformes fecales.



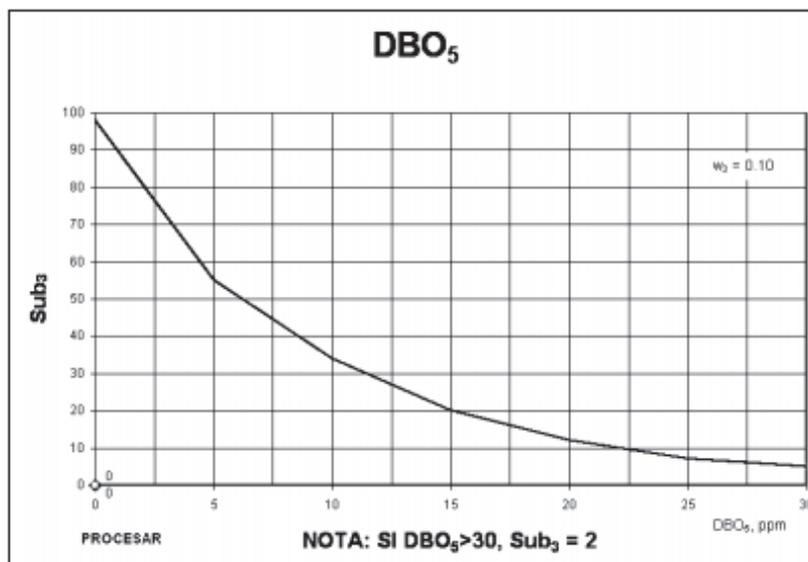
Fuente. <http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculolCA.pdf>

FIGURA 7. 2 Valoración de la calidad del agua en función de pH.



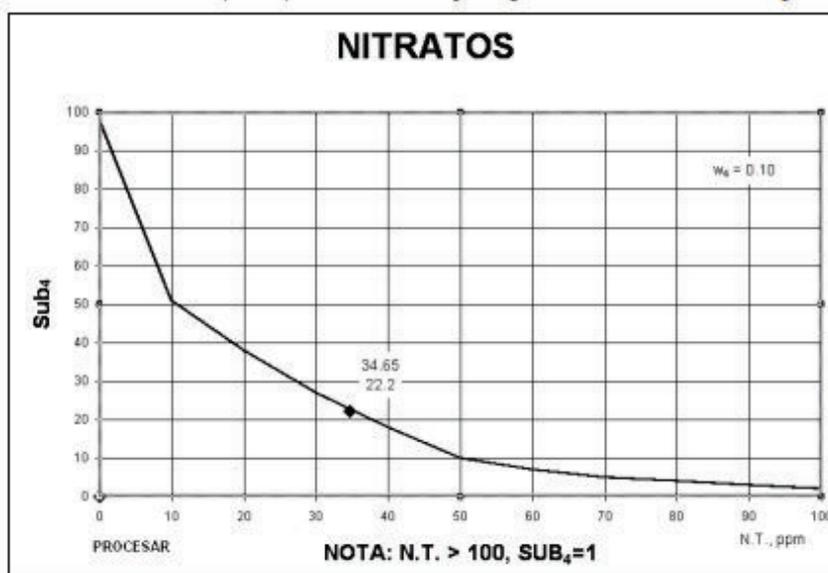
Fuente. <http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculolCA.pdf>

FIGURA 7. 3 Valoración de la calidad del agua en función de la DBO5.



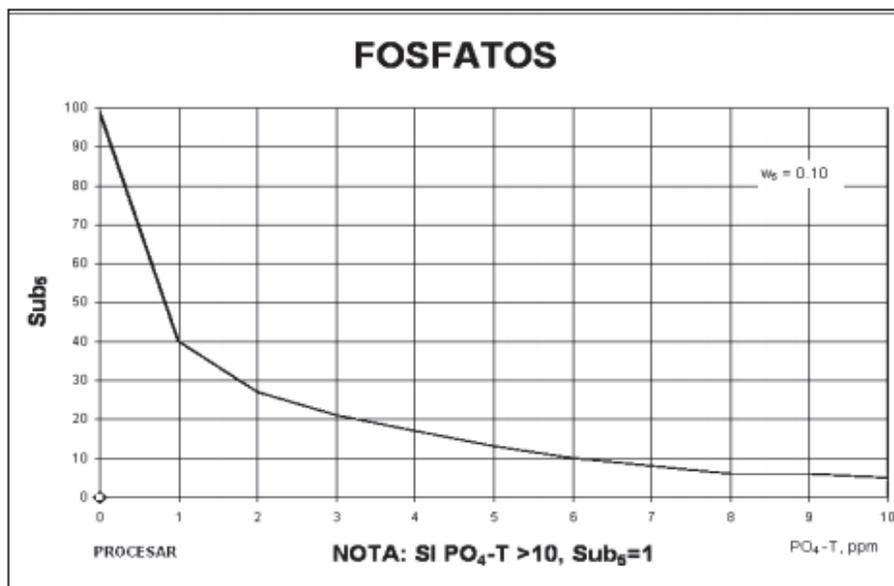
Fuente. <http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculolCA.pdf>

FIGURA 7. 4 Valoración de la calidad del agua en función de nitratos.



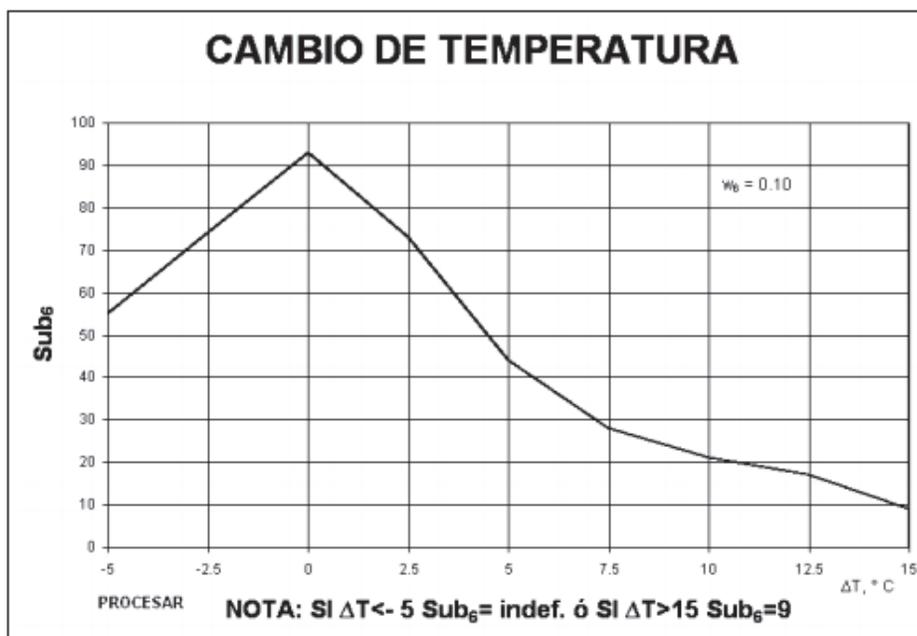
Fuente. <http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculolCA.pdf>

FIGURA 7. 5 Valoración de la calidad del agua en función de fósforo.



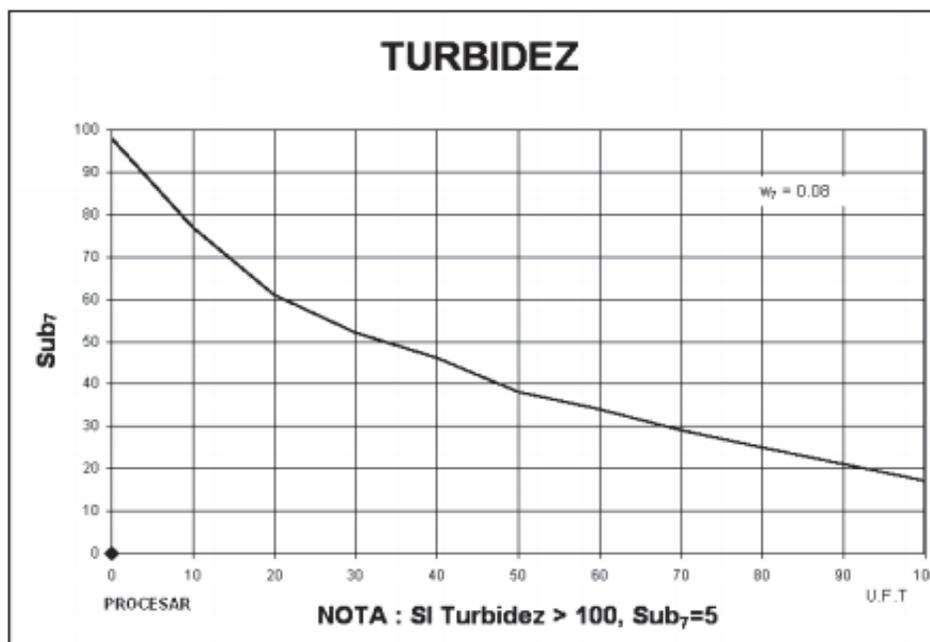
Fuente. <http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculolCA.pdf>

FIGURA 7. 6 Valoración de la calidad del agua en función del cambio de temperatura.



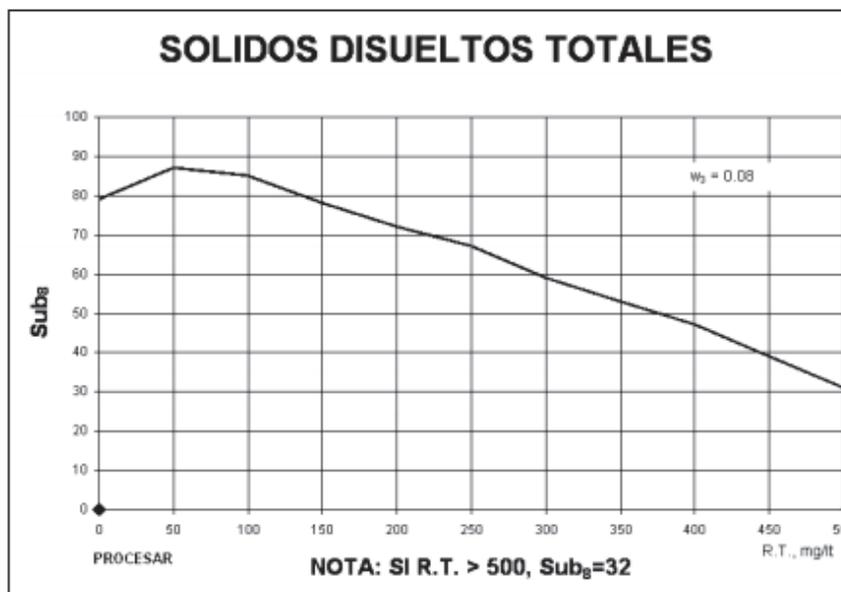
Fuente. <http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculolCA.pdf>

FIGURA 7. 7 Valoración de la calidad del agua en función de la turbidez.



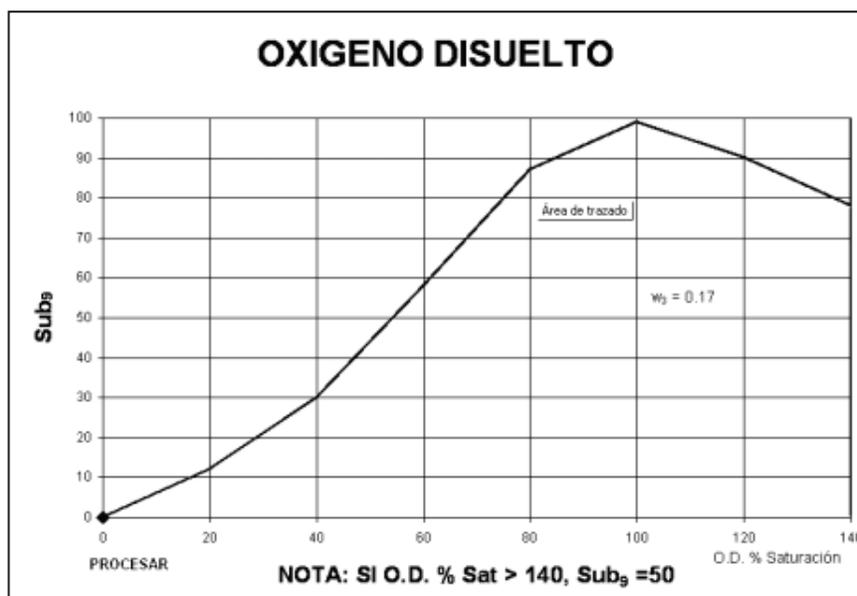
Fuente. <http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculolCA.pdf>

FIGURA 7. 8 Valoración de la calidad del agua en función del residuo total.



Fuente. <http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculolCA.pdf>

FIGURA 7. 9 Valoración de la calidad del agua en función del porcentaje de saturación del oxígeno disuelto.



Fuente. <http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculolCA.pdf>

TABLA 7. 5 Factores para corregir la presión parcial y la saturación relativa de gases a diferentes alturas.

<i>Altitud (m)</i>	<i>Presión (mm Hg)</i>	<i>Factor parcial*</i>	<i>Factor de solubilidad (k**)</i>
0	760	1,000	1,00
330	751	0,988	1,01
655	742	0,976	1,02
980	733	0,965	1,04
1.310	725	0,953	1,05
1.640	716	0,942	1,06
1.970	707	0,931	1,07
2.300	699	0,920	1,09
2.630	691	0,909	1,10
2.950	682	0,898	1,11
3.280	674	0,887	1,13
5.250	666	0,876	1,14
3.610	658	0,866	1,16
3.940	650	0,855	1,17
4.270	642	0,845	1,18
4.600	634	0,835	1,20
4.930	626	0,824	1,21
5.580	619	0,814	1,23
5.910	611	0,804	1,24
6.240	603	0,794	1,26
6.560	596	0,785	1,27
6.900	589	0,775	1,29
7.220	582	0,765	1,31
7.550	574	0,756	1,32
7.880	567	0,746	1,34
8.200	560	0,737	1,36
9.842	526	0,692	1,45

Fuente. <http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculolCA.pdf>

TABLA 7. 6 Solubilidad de oxígeno en función de la temperatura y la salinidad.

Temperatura °C	Solubilidad De Oxígeno (mg/L) Salinidad (‰)					
	0. 030	9. 055	18. 080	27. 105	36. 130	45. 155
0. 0	14. 621	13. 728	12. 888	12. 097	11. 355	10. 657
5. 0	12. 770	12. 024	11. 320	10. 656	10. 031	9. 441
10. 0	11. 288	10. 656	10. 058	9. 493	8. 959	8. 454
15. 0	10. 084	9. 541	9. 027	8. 540	8. 079	7. 642
20. 0	9. 092	8. 621	8. 174	7. 749	7. 346	6. 964
25. 0	8. 263	7. 850	7. 457	7. 083	6. 728	6. 390
30. 0	7. 559	7. 194	6. 845	6. 513	6. 100	5. 806
35. 0	6. 950	6. 624	6. 314	6. 017	5. 734	5. 464
40. 0	6. 412	6. 121	5. 842	5. 576	5. 321	5. 078
45. 0	5. 927	5. 665	5. 414	5. 174	4. 944	4. 724
50. 0	5. 477	5. 242	5. 016	4. 799	4. 591	4. 392

Fuente: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1992)

ANEXO No 6.

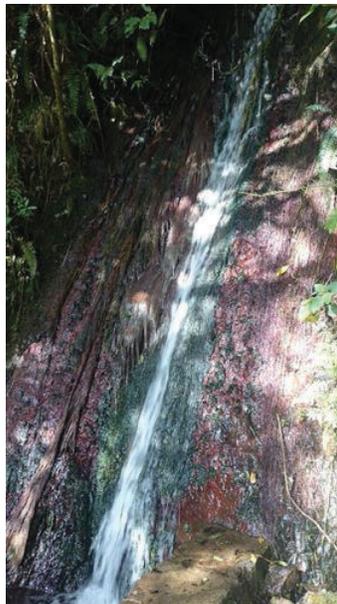
Fotografias

FOTOGRAFÍA 7. 1 Vertiente Alofitara punto de muestreo 1.



Fuente. Mancheno G., Ramos C

FOTOGRAFÍA 7. 2 Vertiente Alofitara punto de muestreo 2.



Fuente. Mancheno G., Ramos C

FOTOGRAFÍA 7. 3 Vertiente Alofitara punto de muestreo 3.



Fuente. Mancheno G., Ramos C

FOTOGRAFÍA 7. 4 Tanque rompe - presión vertiente Alofitara.



Fuente. Mancheno G., Ramos C

FOTOGRAFÍA 7. 5 Tanque rompe - presión 2 vertiente Alofitara.



Fuente. Mancheno G., Ramos C

FOTOGRAFÍA 7. 6 Desarenadores vertiente Alofitara.



Fuente. Mancheno G., Ramos C

FOTOGRAFÍA 7. 7 Barcaza vertiente Alofitara.



Fuente. Mancheno G., Ramos C

FOTOGRAFÍA 7. 8 Planta de tratamiento vertiente Alofitara.



Fuente. Mancheno G., Ramos C

FOTOGRAFÍA 7. 9 Planta de tratamiento vertiente Alofitara.



Fuente. Mancheno G., Ramos C

FOTOGRAFÍA 7. 10 Planta de tratamiento vertiente Alofitara.



Fuente. Mancheno G., Ramos C

FOTOGRAFÍA 7. 11 Planta de tratamiento vertiente Alofitara.

Fuente. Mancheno G., Ramos C

FOTOGRAFÍA 7. 12 Vertiente Conrayaro punto de muestreo.



Fuente. Mancheno G., Ramos C

FOTOGRAFÍA 7. 13 Tanque rompe - presión vertiente Conrayaro.



Fuente. Mancheno G., Ramos C

FOTOGRAFÍA 7. 14 Desarenador vertiente Conrayaro punto de muestreo.



Fuente. Mancheno G., Ramos C

FOTOGRAFÍA 7. 15 Sistema de tratamiento vertiente Conrayaro punto de muestreo.



Fuente. Mancheno G., Ramos C

FOTOGRAFÍA 7.16 Sistema de tratamiento vertiente Conrayaro punto de muestreo.



Fuente. Mancheno G., Ramos C

FOTOGRAFÍA 7. 17 Tanque de reserva San Blas.



Fuente. Mancheno G., Ramos C.

ANEXO No 7.

Mapa de muestreo

ANEXO No 8.

Diseño de tanque recolector

ANEXO No 9.

Diseño de tanque rompe – presión

ANEXO No 10.

Plantas de potabilización existentes

ANEXO No 11.

Recomendaciones para las plantas de potabilización existentes.

ANEXO No 12.

Perfil de la conducción existente.

