

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería de Ciencias de la Tierra

Diseño del sistema de tratamiento de agua potable para el recinto San
Cayetano de Hampton del cantón El Empalme

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO CIVIL

Presentado por:

ERICKA ELISA LINDAO FILIÁN

KAREN BEATRIZ SÁNCHEZ INTRIAGO

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2021

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a mis padres, que con paciencia, comprensión, apoyo y amor me han guiado hasta este punto, sin ellos, no lo habría logrado, su bendición diaria a lo largo de mi vida me ha protegido siempre.

A mi familia, en especial a mi tío Carlos, por su apoyo y cariño durante toda mi vida, sus consejos, sugerencias y exhortaciones me han llevado a aspirar el éxito.

A Bruce, por su ayuda que ha sido fundamental, por estar conmigo en los momentos más confusos, porque siempre ha estado brindándome su comprensión, cariño y amor.

A Sirc, mi acompañante de cuatro patas, por acompañarme varias noches de develo, su cariño incondicional y por enseñarme el valor de la responsabilidad.

A los amigos que fueron y son parte de mi vida universitaria y personal, quienes con sus cualidades se han convertido en grandes consejeros y ejemplos a seguir.

A los Pesados, con quienes he vivido momentos y experiencias que siempre recordaré y atesoraré.

A los docentes, por haber compartido sus conocimientos a través de estos años, en especial al Ing. Erwin Larreta, quien me ha ofrecido su ayuda y sus consejos incondicionalmente para lograr mis metas.

- Ericka Lindao

DEDICATORIA

A mis padres, por su apoyo incondicional, su amor y confianza.

A mi hermano, quien espero tome esto como una motivación para continuar con su carrera universitaria.

A mis amigos, con quienes compartí gratos momentos.

A mis amiguitos de Pesados, las risas nunca faltaron con ellos.

Y por supuesto, a Francisco, por su amor incondicional.

Karen B. Sánchez Intriago

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a mi mamá y a mi papá, la ayuda que me han brindado ha sido sumamente importante, estuvieron a mi lado inclusive en los momentos y situaciones más tormentosas, siempre ayudándome. Me ayudaron hasta donde les era posible, incluso más que eso.

A la Ing. Priscila Valverde y al Ing. David Matamoros, por prestarme su orientación y tutela para el desarrollo de este proyecto.

A Bruce, por apoyarme en cada decisión tomada, por tenerme paciencia y entrega para conmigo, por creer en mis capacidades y motivarme a seguir persiguiendo mis metas.

A Karen, por ser mi mano derecha todo este tiempo, le agradezco mucho por su ayuda desinteresada, por ser un gran apoyo en este proyecto y por todos los buenos momentos que convivimos, eres una gran amiga.

Y a mí, por poder demostrarme que, a pesar de las pruebas, el cansancio y el desánimo de un duro trayecto, con esfuerzo y perseverancia, he logrado

superar esta etapa, con un espíritu triunfante y esperando anhelosamente un buen porvenir. Demostrándome que cualquier meta que me fije, podré alcanzarla. ¡Lo lograste Ericka!

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por permitirme llegar hasta este momento, por no apartarme en ningún momento de su manto.

A mis padres, por enseñarme que con esfuerzo, dedicación y fe se pueden lograr las metas.

A mis profesores, que compartieron no solo sus conocimientos sino también sus experiencias.

A Ericka, la vice más acolitadora, una gran amiga y la mejor compañera, por su paciencia e incondicionalidad.

A Francisco, por apoyarme, por darme ánimos, por acompañarme en las desveladas, por estar allí, por aprender conmigo cuando debía estudiar, gracias, amor.

Karen B. Sánchez Intriago

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Ericka Elisa Lindao Filián y Karen Beatriz Sánchez Intriago damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

Ericka E. Lindao Filián

Karen B. Sánchez Intriago

EVALUADORES

Ing. Davide Besenzon
PROFESOR DE LA MATERIA

Ing. Esther Vásquez
PROFESORA TUTORA

RESUMEN

Las fuentes de agua subterráneas representan una alternativa para proveer de este recurso a poblaciones alejadas de una fuente superficial, ante esta premisa, muchos pozos de agua se han excavado para resolver esta problemática de forma parcial puesto que no se cumple con un servicio gestionado ya que el agua distribuida no es potabilizada. Por esto se busca elaborar el diseño del sistema de tratamiento de agua potable para una localidad rural, San Cayetano de Hampton, donde a partir de una proyección poblacional y de la caracterización del agua, realizada en el Laboratorio de Sanitarias de ESPOL, se propuso un sistema apropiado y también se recomendó un sistema de distribución lógico y eficaz para disminuir las filtraciones. Los resultados obtenidos de la caracterización se compararon con los estandarizados para agua potable por la normativa INEN 1108:2006, para conocer las condiciones ambientales y definir posibles contaminantes de la fuente. A partir de los resultados obtenidos, se encontró vestigios de químicos en el agua, así como también se encontró coliformes en las viviendas, en consecuencia, se propuso un sistema de tratamiento en base a una planta prefabricada la cual se compondrá de aireación y desinfección, aminorando así los costos relacionados a la implantación y el impacto ambiental. Este sistema presenta como ventaja la selección de procesos específicos y necesarios según la caracterización realizada además de ser una solución ajustable para diferentes comunidades solventando así una problemática de las zonas rurales del país y permitiendo alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible.

Palabras Clave: Agua Potable, Planta Prefabricada, Agua Subterránea, Tratamiento de Agua Potable, Distribución de Agua Potable

ABSTRACT

Underground water sources represent an alternative to provide this resource to populations that are far from a surface source; therefore, many water wells have been dug to partially solve this problem since a managed service is not fulfilled since the distributed water is not made drinkable. For this reason, it seeks to develop the design of the drinking water treatment system for a rural town, San Cayetano de Hampton, where, based on a population projection and the characterization of the water, carried out in the ESPOLE Sanitary Laboratory, an appropriate system and a logical and efficient distribution system was also recommended to reduce leaks. The results obtained from the characterization were compared with those standardized for drinking water by the INEN 1108: 2006 regulation, to know the environmental conditions and define possible contaminants from the source. From the results obtained, traces of chemicals were found in the water, as well as coliforms were found in the homes, consequently, a treatment system was proposed based on a prefabricated plant which will consist of aeration and disinfection, thus reducing costs related to implementation and environmental impact. This system has the advantage of selecting specific and necessary processes according to the characterization carried out, as well as being an adjustable solution for different communities, thus solving a problem in rural areas of the country and allowing the achievement of sustainability objectives.

Keywords: Drinking Water, Prefabricated Plant, Groundwater, Drinking Water Treatment, Drinking Water Distribution

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES.....	9
RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	VIII
SIMBOLOGÍA	IX
ÍNDICE DE GRÁFICOS	X
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	XIII
ÍNDICE DE PLANOS	XIV
CAPÍTULO 1	15
1. Introducción	15
1.1 Antecedentes.....	15
1.2 Localización	16
1.2.1 Ubicación geográfica.....	16
1.2.2 Temperatura.....	17
1.3 Marco urbano.....	17
1.3.1 Topografía.....	17
1.3.2 Población actual.....	17
1.3.3 Análisis socioeconómico	17
1.3.4 Infraestructura local.....	20
1.3.5 Infraestructura sanitaria y su estado actual	22
1.4 Definición del problema	24
1.5 Justificación	24

1.6	Objetivos.....	25
1.6.1	Objetivo General	25
1.6.2	Objetivos Específicos	25
CAPÍTULO 2.....		26
2.	MARCO TEÓRICO	26
2.1	Agua	26
2.1.1	Ciclo de agua	26
2.2	Agua potable.....	26
2.2.1	Esquema convencional de agua potable.....	27
CAPÍTULO 3.....		34
3.	DESARROLLO DEL PROYECTO.....	34
3.1	Metodología	34
3.2	Trabajo de campo, laboratorio y gabinete.....	34
3.2.1	Toma de muestras	34
3.2.2	Caracterización	35
CAPÍTULO 4.....		40
4.	ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL.....	40
4.1	Objetivos.....	40
4.1.1	Objetivos específicos	40
4.2	Descripción del proyecto.....	40
4.3	Línea base ambiental.....	41
4.3.1	Medio biofísico	41
4.3.2	Medio humano	43
4.4	Actividades del proyecto	44
4.5	Identificación de impactos ambientales	45
4.5.1	Directo.....	45

4.5.2	Indirecta	46
4.5.3	Impacto final.....	46
4.6	Medidas de prevención/mitigación.....	46
CAPÍTULO 5.....		48
5.	Análisis de alternativas	48
5.1	Restricciones y limitaciones.....	49
5.2	Presentación de alternativas.....	50
5.2.1	Alternativa cero	50
5.2.2	Sistema convencional de tratamiento de agua potable con aireación....	50
5.2.3	Sistema de tratamiento de agua potable con planta prefabricada	50
5.2.4	Sistema de tratamiento de agua potable con ósmosis inversa	51
5.3	Selección de alternativa a desarrollar	52
5.3.1	Método de selección de ventajas	52
5.3.2	Escala de Likert.....	54
CAPÍTULO 6.....		58
6.	DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES.....	58
6.1	Diseño.....	58
6.1.1	Bases y Criterios de Diseño	58
6.1.2	Caudal de diseño	62
6.1.3	Diseño del sistema de agua potable	62
6.2	Especificaciones técnicas	72
6.2.1	Limpieza y Desbroce.....	72
6.2.2	Trazado y replanteo	73
6.2.3	Contrapiso de Hormigón Armado, e = 20 cm	75
6.2.4	Montaje de Planta Prefabricada de AAPP y mejora en captación.....	77
6.2.5	Accesorios.....	77

6.2.6	Excavación a máquina y Desalojo.....	78
6.2.7	Replanteo de Hormigón Simple	79
6.2.8	Relleno compactado.....	80
6.2.9	Transporte e instalación de tubería.....	81
6.2.10	Pruebas hidrostáticas.....	82
CAPÍTULO 7.....		83
7.	PRESUPUESTO.....	83
7.1	Descripción de rubros.....	83
7.2	Análisis de costos unitarios.....	84
7.3	Descripción de cantidades de obra.....	84
7.4	Valoración integral del costo del proyecto incluyendo las medidas de prevención y mitigación del impacto ambiental.....	85
7.5	Cronograma valorado	88
CAPÍTULO 8.....		89
8.	Conclusiones Y Recomendaciones.....	89
	Conclusiones	89
	Recomendaciones	91
BIBLIOGRAFÍA.....		94
PLANOS Y ANEXOS.....		96
Anexo A		97
A.	Evaluación socioeconómica del recinto San Cayetano de Hampton	97
	Formato de encuesta realizada	97
	Resultados obtenidos de encuesta socioeconómica	103
	Evidencia fotográfica de realización de encuestas	110
Anexo B		112
B.	Caracterización de agua	112

Evidencia fotográfica	112
Anexo C	115
C. Líneas de conducción de las redes de distribución de agua.....	115
Anexo D	117
D. Análisis de precios unitarios.....	117

ABREVIATURAS

APUs	Análisis de precios unitarios
EPA	Agencia de Protección Ambiental
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
OMS	Organización Mundial de la Salud
PDyOT	Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial
PEA	Población Económicamente Activa
SCH	San Cayetano de Hampton
TULSMA	Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente

SIMBOLOGÍA

mil	Milésima de pulgada
mg	Miligramo
pH	Potencial de Hidrógeno
m	Metro
mV	Milivoltio
Cu	Cobre
Ni	Níquel
C	Carbono
Mn	Manganeso
P	Fósforo

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico A.1 Distribución de población por género de SCH. [Sánchez, K].....	103
Gráfico A.2 Distribución de población de SCH por etapas de vida. [Sánchez, K]...	104
Gráfico A.3 Población económicamente activa de SCH. [Sánchez, K].....	104
Gráfico A.4 Ocupaciones principales en SCH. [Sánchez, K]	104
Gráfico A.5 Usos principales de cultivos en SCH. [Sánchez, K].....	105
Gráfico A.6 Sustancias utilizadas para el tratamiento de cultivos en SCH. [Sánchez, K]	105
Gráfico A.7 Principales cultivos de SCH. [Sánchez, K].....	105
Gráfico A.8 Tipo de seguro de vida que poseen los pobladores de SCH. [Sánchez, K]	106
Gráfico A.9 Material de construcción empleado en viviendas en SCH. [Sánchez, K]	106
Gráfico A.10 Calidad de red móvil en SCH. [Sánchez, K].....	106
Gráfico A.11 Acceso a red de agua proveniente del pozo en SCH. [Sánchez, K] ..	107
Gráfico A.12 Sistema de disposición de excretas en SCH. [Sánchez, K].....	107
Gráfico A.13 Forma de consumo de agua de agua en SCH. [Sánchez, K].....	108
Gráfico A.14 Tratamiento de agua para beber realizado en SCH. [Sánchez, K]	108
Gráfico A.15 Tratamiento de agua por desinfección realizado en SCH. [Sánchez, K]	108
Gráfico A.16 Consumo de agua embotellada en SCH. [Sánchez, K].....	108
Gráfico A.17 Gestión de recursos sólidos realizado en SCH. [Sánchez, K].....	109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Códigos de equipos utilizados. [Lindao, E.]	35
Tabla 3.2 Parámetros físicos evaluados. [Lindao, E.]	36
Tabla 3.3 Códigos de equipos utilizados. [Lindao, E.]	36
Tabla 3.4 Resultados obtenidos de caracterización por cobre (Cu). [Lindao, E.]	37
Tabla 3.5 Resultados obtenidos de caracterización por Sulfatos (SO_4^{-2}) [Lindao, E.]	37
Tabla 3.6 Resultados obtenidos de caracterización por nitratos. [Lindao, E.].....	37
Tabla 3.7 Resultados obtenidos de ensayo de coliformes totales. [Lindao, E.]	38
Tabla 3.8 Resultados de DBO.	39
Tabla 5.1 Valoración de importancia para factores.....	52
Tabla 5.2 Esquema del método CBA para selección de alternativas.....	53
Tabla 5.3 Resultados obtenidos a partir del método CBA	53
Tabla 5.4 Valoración a la importancia según método de Likert.	54
Tabla 5.5 Valoración de factores según la importancia.	55
Tabla 5.6 Sistema de valoración utilizado según escala de Likert.	55
Tabla 5.7 Matriz de selección de alternativa por medio de escala de Likert.	56
Tabla 6.1 Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio, tomado de Norma CO 10.7 – 602.....	59
Tabla 6.2 Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos.	59
Tabla 6.3 Longitudes en accesorios de tubería	66
Tabla 6.4 Distribución de Malla Sur	69
Tabla 6.5 Distribución de Malla Norte.....	71
Tabla 6.6 Detalle de rubro 1.1.....	73
Tabla 6.7 Detalle de rubro 1.2.....	75

Tabla 6.8 Detalle de rubro 2.1.....	77
Tabla 6.9 Detalle de rubro 2.2.....	77
Tabla 6.10 Detalle de rubro 2.3.....	78
Tabla 6.11 Detalle de rubro 3.1.....	79
Tabla 6.12 Detalle de rubro 3.2.....	80
Tabla 6.13 Detalle de Rubro 3.3	81
Tabla 6.14 Detalle de rubro 3.4.....	82
Tabla 6.15 Detalle de rubro 4.1.....	82
Tabla 7.1 Descripción de rubros asociados al proyecto.....	83
Tabla 7.2. Cantidades de obra.....	84
Tabla 7.3 Factores ambientales de las actividades desarrolladas durante la obra. ...	85
Tabla 7.4 Presupuesto para plan de manejo ambiental para el proyecto	86
Tabla 7.5 Presupuesto para plan de manejo de desechos	87
Tabla 7.6 Presupuesto para plan de manejo y capacitación de proyecto	87

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.2.1 Ubicación geográfica de SCH. [Sánchez, K]	16
Ilustración 1.3.1 Escuela 5 de Junio.	20
Ilustración 1.3.2 Dispensario San Cayetano.....	21
Ilustración 1.3.3 Iglesia San Cayetano.....	21
Ilustración 1.3.4 Cancha de usos múltiples.....	22
Ilustración 1.3.5 Infraestructura de sistema de captación de agua subterránea.	23
Ilustración A.0.1 Registro de datos de encuestados.	110
Ilustración A.0.2 Recorrido por la comunidad	110
Ilustración A.0.3 Entrevista #4 realizada en la comunidad.....	110
Ilustración A.0.4 Entrevista #25 realizada en la comunidad.....	111
Ilustración A.0.5 Entrevista #30 realizada en la comunidad.....	111
Ilustración B.0.1 Análisis físico realizado in situ.....	112
Ilustración B.0.2 Análisis biológico por medio de placas.....	112
Ilustración B.0.3 Análisis biológico realizado	113
Ilustración B.0.4 DBO realizado a agua del grifo.	113
Ilustración B.0.5 DBO realizado a agua de Manantial.....	114
Ilustración B.0.6 DBO realizado a agua del pozo.....	114
Ilustración C.0.1 Línea de conducción principal.....	115
Ilustración C.0.2 Línea de conducción norte	116
Ilustración C.0.3 Línea de conducción sur	116

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1 Planta, Perspectiva y Detalle

PLANO 2 Planta, Alzado, Corte, Perspectiva y Detalle

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Según la data proporcionada por la OMS, en 2015 se tenía 2100 millones de personas que no contaban con un servicio gestionado de agua, es decir, no cuentan con un suministro cercano, continuo ni con calidad, de entre los cuales 423 millones se abastecen con aguas que provienen de aguas subterráneas, es decir, mediante pozos y manantiales no protegidos (Organización Mundial de la Salud, 2019). A nivel mundial 147 países cumplen con la meta de suministro seguro de agua, 95 países han alcanzado la meta de saneamiento y 77 países han cumplido ambas metas (Molina, Pozo, & Serrano, 2018).

En Ecuador, mediante un estudio de medición de los ODS en Ecuador, realizado en 2016 por UNICEF con colaboración de INEC, se conoció que el 83% de las familias ecuatorianas cuentan con acceso de agua por red pública (Molina et al., 2018), pero esto no garantiza que el agua proporcionada cuenta con los tres componentes principales: calidad, suficiencia y cercanía.

A nivel nacional se tiene que el 70,1% de la población cuenta con agua segura evidenciando una disparidad entre la población urbana y la rural puesto que la cifra para el primer grupo es 79.1% y para el segundo es 51.4% (Molina et al., 2018).

El uso de agua subterránea como fuente de abastecimiento de agua y desarrollo es muy frecuente en asentamientos poblacionales en Ecuador y en el mundo. Según el Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias (IEOS) se perforaron a nivel nacional más de 500 pozos para suministro de agua (Pérez et al., 2017), esto sin tomar en cuenta los pozos abiertos por entidades gubernamentales y particulares que no han sido reportados y codificados para su respectivo censo.

En Ecuador, a pesar de tener una extensión privilegiada hídricamente por tener abundantes fuentes de agua, al igual que el resto del mundo, se tiene una distribución irregular reflejándose esto a través de las numerosas localidades con problemas de abastecimiento o con falta de potabilización de este recurso que pueda garantizar el consumo doméstico libre de riesgos.

El recinto San Cayetano de Hampton es un sector agrícola rural de aproximadamente 80 familias, el presidente del comité encargado de la distribución de agua denominado “Junta de Agua” nos indicó que actualmente se cuenta con un sistema de extracción de agua subterránea, la cual no recibe ningún tipo de tratamiento para su potabilización. Además, cuentan con un sistema de distribución antitécnico, el cual genera pérdidas y gastos ya que continuamente presenta fugas a lo largo de la red. Por ello, se pretende diseñar un sistema de tratamiento de agua potable con el fin de proveer agua salubre según lo indica la OMS y las normas regulatorias del país, aportando así con los objetivos 6, 11 y 12 de los ODS.

1.2 Localización

1.2.1 Ubicación geográfica

El recinto San Cayetano de Hampton está ubicado en el Cantón El Empalme, perteneciente a la provincia del Guayas, dentro de la Cuenca del Rio Guayas, y está ubicado aproximadamente a 25 km al oeste de la cabecera cantonal.



Ilustración 1.2.1 Ubicación geográfica de SCH. [Sánchez, K]

Se encuentra en las coordenadas geográficas 1° 6'17.65" de latitud al Sur y 79°45'13.93" de longitud al Oeste, con una altitud promedio de 71 msnm.

1.2.2 Temperatura

El cantón El Empalme se encuentra entre las zonas Tropical Megatérmica húmeda y muy húmeda, con temperaturas medias diarias de 24 a 25°C, con precipitaciones anuales de 1500 a 2300mm.

1.3 Marco urbano

1.3.1 Topografía

1.3.1.1 Orografía

El cantón El Empalme está asentado sobre “*formaciones constituidas por depósitos cuaternarios de arcillas, limos y arenas poco consolidadas, bancos de arena de grano fino a grueso y toba, con presencia de fósiles*” (GAD de El Empalme, 2015).

1.3.1.2 Hidrografía

El cantón tiene solo un sistema hidrográfico, que es la Cuenca del Río Guayas. Se tienen 2 subcuencas hídricas, de los ríos Daule o Balzar y el Peripa, conocido por ser parte de la Represa Daule-Peripa.

1.3.2 Población actual

La información se puede obtener de los censos nacionales que se han realizado, pero esta información no es suficiente ya que estas poblaciones tienen tendencias cambiantes debido a diversos factores, como fuentes de trabajo, vías de comunicación, servicios públicos, situación económica, entre otros, que dificultan la estimación de la población de diseño.

1.3.3 Análisis socioeconómico

El análisis socioeconómico se realizó con el fin de receptar información más veraz acerca de la población y las actividades que realiza la comunidad tanto a nivel socioeconómico como sociocultural.

La encuesta se realizó los días 14 y 15 de noviembre del 2020, en el periodo de 8:00 a 14:00. El formato de la encuesta se encuentra en el Anexo A. Dicha encuesta se realizó dentro de la zona de distribución de agua del pozo existente, solicitando la colaboración del jefe de cada hogar para obtener la información.

1.3.3.1 Demografía y actividad económica

Demográficamente la población tiene aproximadamente 350 habitantes de los cuales, la población económicamente activa (PEA) de la zona de estudio es del 41.5% del total de la población, de los cuales el 73% corresponde a hombres y el 27% a mujeres.

La principal actividad económica es la agricultura con un 68%, esto se puede ver a través del Gráfico A.4, seguido del comercio que alcanza un 13%, y un restante 19% que corresponde a otras actividades como ganadería, artesanía, costura, educación, panificación, medicina y administración eclesiástica.

1.3.3.2 Producción agrícola

Dado que es una comunidad agrícola, el principal cultivo es el maíz con un 45%, seguido del cacao con un 29%, y un restante 26% que corresponde a cultivos como, arroz, maní, papaya, palma africana

De los cultivos realizados en el recinto, el 87% de ellos son tratados con agentes químicos, el 4% de los encuestados trata sus cultivos con agentes orgánicos y un 9% utiliza ambos métodos.

Como se puede observar en el Gráfico A.5, de las cosechas obtenidas a partir de estos cultivos, el 27% de estas son destinadas a la venta, el 5% hacia el consumo propio y el 68% lo utiliza para ambas funciones.

1.3.3.3 Salud

Según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial realizado para el periodo 2015-2019 por el GAD parroquial, la parroquia El Rosario, en la que se encuentra el Recinto San Cayetano de Hampton, se tiene una tasa de 43.8% de desnutrición crónica siendo este uno de los valores más altos a nivel cantonal (GAD de El Empalme, 2015)

Entre las preguntas relacionadas a salud, se tiene que el 76% posee seguro social campesino, el 4% tiene seguro general y el 20% no está afiliado a ningún tipo de seguro.

1.3.3.4 Vivienda

En general, las viviendas de la zona en un 40% son de construcción mixta, seguida de un 27% de construcciones con bloque, y el 33% restante son de ladrillo, caña y madera, tal como se muestra en la Grafica A.9 y a través de la evidencia fotográfica en el Anexo A.

1.3.3.5 Consumo de agua

El uso frecuente que se le da al agua es doméstico y sanitario, es decir, para cocina y aseo personal, también se usa el agua para el lavado de ropa, aunque existen personas que hacen uso del agua que proviene del manantial para esta actividad. Existen pobladores que poseen huertos dentro de sus terrenos de los cuales hay una fracción de ellos que tienen una fuente de agua independiente al de la comunidad para realizar el riego de estos cultivos, es decir, tienen su propio pozo de extracción.

En cuando a potabilización y saneamiento, como se ve en el Gráfico A.13, se encontró que el 60% del consumo de agua es directo del grifo, el 32% almacena el agua y el 8% utiliza los dos métodos para consumo, lo cual refleja que el abastecimiento de agua por momentos no es continuo, esto se debe a ausencia de energía eléctrica por lapsos lo cual no permite el bombeo de este recurso.

En cuanto al tratamiento del agua para consumo personal, a través de la encuesta se encontró que 44% de la población no le da ningún tipo de tratamiento en casa, el 36% hierve el agua antes de beberla, el 4% hace uso de los dos métodos anteriores, el 12% posee un purificador en casa y el 4% restante no consume el agua.

Una fracción de la población que contestó que el consume el agua directamente del grifo, expresó que creían que el agua que les era servida era potabilizada, mientras que la población que hierve el agua y la que posee purificador, refleja cierta inseguridad de la potabilización del agua, razón por la cual justifican su actividad antes del consumo personal del agua.

Adicionalmente, como se representa en Gráfico A.15 se encontró que el 32% de la población realiza desinfección con cloro al agua antes de consumirla.

En el Gráfico A.16, se muestra que el 12% de la población realiza compra de agua embotellada para consumo, otro 12% suele realizar esta actividad y el 76% restante no lo hace.

1.3.4 Infraestructura local

1.3.4.1 Vialidad y transporte

Para acceder al recinto desde El Empalme se debe ir por la vía arteria E-30 o Transversal Central hasta llegar a una vía interna llamada La Carmela por la cual se recorren aproximadamente 7km hasta San Cayetano de Hampton. Este último trayecto es una vía lastrada con poco mantenimiento, por lo que el acceso es complejo, en época lluviosa la vía suele presentar zonas lodosas lo que dificulta aún más el ingreso al recinto.

Existe una unidad de transporte público que se puede tomar en El Empalme e ingresa por esta vía con una frecuencia de dos veces por día, otro método de ingreso al recinto es a través de motocicletas que esperan en la entrada de la vía La Carmela.

1.3.4.2 Educación

En el centro del recinto se tiene una escuela fiscal denominada 5 de Junio, la cual atiende a 150 estudiantes en sus instalaciones.



Ilustración 1.3.1 Escuela 5 de Junio.

1.3.4.3 Salud

En el recinto se cuenta con un dispensario médico el cual es un centro de salud que opera con el seguro campesino, este lugar sirve a una proporción importante de la población y de comunidades vecinas.



Ilustración 1.3.2 Dispensario San Cayetano de Hampton.



Ilustración 1.3.3 Iglesia San Cayetano.

1.3.4.4 Alumbrado en hogar y público

La totalidad de la población posee alumbrado domiciliario, de los cuales una pequeña fracción no posee medidor. En cuanto al alumbrado público, no es un servicio del cual se disponga en totalidad por presencia de lámparas dañadas.



Ilustración 1.3.4 Cancha de usos múltiples.

1.3.4.5 Telefonía fija o móvil

Los pobladores del recinto poseen en su totalidad telefonía móvil de los cuales un 18% relatan que el servicio es bueno, 52% es regular y un 30% califica el servicio como malo, esto se puede visualizar a través del Gráfico A.10.

1.3.5 Infraestructura sanitaria y su estado actual

El cantón El Empalme cuenta con una red pública de agua potable que en promedio cubre un 15,46% de las viviendas, donde un aproximado de 2837 viviendas corresponden a sector urbano y 673 viviendas corresponden a la zona rural (GAD de El Empalme, 2015).

Se evidencia un mayor déficit en la zona rural, donde las familias se abastecen de agua proveniente de esteros o pozos artesanales los cuales usualmente no reciben ningún tipo de tratamiento.

El recinto San Cayetano cuenta con un sistema de captación de agua subterráneas por medio de un pozo de aproximadamente 70 m de profundidad. El agua es impulsada por una bomba eléctrica sumergible que lleva el agua hacia un tanque elevado que almacena aproximadamente 45 m³ de agua.



Ilustración 1.3.5 Infraestructura de sistema de captación de agua subterránea.

1.3.5.1 Cobertura de agua potable

El Recinto San Cayetano de Hampton no cuenta actualmente con un sistema de tratamiento de agua potable, pero si con un sistema de red de distribución que se conecta del pozo con alrededor de 80 domicilios donde cada uno cuenta con un medidor para contabilizar el consumo de agua. El agua es distribuida por una red de 4 km, dicha red es de manguera, la cual tiene varias filtraciones o roturas debido a que están expuestas a la intemperie.

1.3.5.2 Cobertura de alcantarillado

En cuanto a saneamiento, esta localidad refleja la carencia sistema de tratamiento de aguas residuales lo que representa una baja calidad ambiental en el territorio. Para la eliminación de excretas, cada domicilio, un 94% de la población, cuenta con pozo séptico, mientras la fracción restante cuenta con pozos ciegos.

1.3.5.3 Gestión de residuos sólidos

La eliminación de basura en el recinto a través de un carro recolector que circula por la Vía Arterial E-30, razón por la cual se encontró que el 38% de la población realiza una diferenciación de residuos orgánicos los cuales son usados para compostaje o alimentación de animales, adicionalmente, como se observa en el Gráfico A.17, el 58% de la población incinera la basura generada mientras el 4% lo recolecta para ser trasladado a un depósito formal de basura y una fracción mucho menor de la población entierra la basura.

1.4 Definición del problema

El recinto San Cayetano de Hampton es un sector agrícola rural de aproximadamente 80 familias, actualmente cuenta con un sistema de extracción de agua subterránea, la cual no recibe ningún tipo de tratamiento para su potabilización, puesto que el agua distribuida a la comunidad es servida, es decir, no se asegura que esté libre de patógenos y de sustancias tóxicas para el ser humano, puesto que se distribuye tal como es extraída.

La comunidad cuenta además con un sistema de distribución antitécnico, el cual le genera pérdidas y gastos, ya que continuamente presenta fugas a lo largo de la red las cuales se evidencian a través de las filtraciones producidas por el uso de instalaciones no óptimas como lo son mangueras de plástico que se encuentran expuestas, corriendo el riesgo de ser perjudicadas por agentes. Adicionalmente el sistema de bombeo cuenta con equipos obsoletos y otros con falta de mantenimiento lo cual genera gastos energéticos al sistema.

1.5 Justificación

Entre los Objetivos de Desarrollo Sostenible que tiene la Agenda 2030 se pretende lograr el acceso universal y equitativo al agua segura para beber, a un precio asequible para todos (UNESCO, 2015), por ello se pretende diseñar un sistema de tratamiento de agua potable en el cual se pueda establecer un número aproximado de personas que se abastecería del nuevo sistema, elaborar un estudio técnico en base a un análisis físico, químico y bacteriológico del agua con el fin de determinar el tratamiento apropiado que se deberá aplicar.

Se conoce también que las fuentes de agua subterránea son el recurso más abundante en el planeta en comparación a las aguas superficiales y su gestión inadecuada ya sea por desconocimiento científico o técnico, puede degradarlas y desperdiciarlas (Molina et al., 2018; UNESCO, 2015). Como parte de los ODS's, se busca no comprometer los recursos de las futuras generaciones, por ello se va a proponer una solución que aproveche y optimice los recursos disponibles en la comunidad para que este sea eficiente tanto logísticamente como económicamente. Así mismo se recomendará un sistema de distribución lógico y eficaz para disminuir las filtraciones y el alcance de este recurso sea mayor.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General

Elaborar el diseño del sistema de tratamiento de agua potable para el recinto San Cayetano de Hampton.

1.6.2 Objetivos Específicos

1. Establecer un número aproximado de personas que se abastecerían del nuevo sistema de agua potable.
2. Elaborar un estudio técnico en base a un análisis físico, químico y bacteriológico del agua con el fin de determinar el tratamiento apropiado que se deberá aplicar.
3. Realizar el prediseño de la red de distribución.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Agua

El agua es un recurso indispensable para la vida del planeta, “el agua está en el epicentro del desarrollo sostenible y es fundamental para el desarrollo socioeconómico, la energía y la producción de alimentos, los ecosistemas saludables y para la supervivencia misma de los seres humanos” (ONU, 2017; Salud, 201AD).

2.1.1 Ciclo de agua

El agua cae sobre la superficie en forma de precipitación y una fracción se infiltra en el suelo mientras el resto se evapora o se dirige a los ríos en forma de escorrentía. Una gran parte del agua es almacenada como humedad en el suelo y ésta es absorbida por las raíces de las plantas para luego ser transpirada a la atmósfera, o fluye hacia aguas superficiales (Falkenmark, 2003).

No obstante, existe una fracción del agua que se infiltra a una profundidad mayor en el suelo formando acumulaciones sobre capas impermeables de tal manera que satura espacios porosos formados entre rocas dando lugar a acuíferos subterráneos. Un acuífero es una formación de rocas que permiten la permeabilidad que contiene el agua entre los poros o grietas. Estas aguas son conocidas como subterráneas y fluyen lentamente, por periodos longevos como años, décadas o incluso milenios, a través de los poros y fracturas en rocas para eventualmente ser descargados en manantiales, ríos, lagos o en el mar (MacDonald & Foster, 2016).

2.2 Agua potable

El agua potable se puede definir como aquella que es segura para su uso doméstico, es decir, para la preparación y el consumo de alimentos. Según el Instituto Ecuatoriano de Normalización, el agua potable es: el agua cuyas características físicas, químicas microbiológicas han sido tratadas a fin de

garantizar su aptitud para consumo humano (Norma Técnica Ecuatoriana, 2014). Este tipo de agua proviene esencialmente de fuentes mejoradas, las cuales pueden ser aguas de lluvia, pozos protegidos o agua que es tratada y es canalizada a un hogar o a una fuente pública la cual facilita su distribución.

2.2.1 Esquema convencional de agua potable

El sistema de abastecimiento de agua potable se ve compuesto por los siguientes elementos:

2.2.1.1 Fuente de abastecimiento

En la tierra se puede encontrar agua de forma abundante, los mares y océanos contienen el 97,5% y el restante, correspondiente al agua dulce es el 2,5% restante. Esta agua se encuentra contenida en los polos, en las cumbres de las montañas, en la humedad del suelo y en acuíferos profundos, sólo el 1% del agua dulce está contenida en ríos y cuencas (Salud, 201AD).

Un sistema de agua potable puede tener como fuente de abastecimiento aguas superficiales, subterráneas o pluviales. La selección del tipo de fuente depende de la disponibilidad que se tenga en la localidad, también depende de factores como la calidad del agua y la capacidad que posea la fuente para abastecer a la población destino.

2.2.1.1.1 Agua subterránea

Agua subterránea es aquella que se encuentra por debajo de la superficie de la tierra, alojada en la zona saturada del suelo, la profundidad que suele tener es variable al igual que su espesor. Esta agua se encuentra en los espacios porosos o fracturados del suelo producto de las formaciones litológicas. Si una unidad o depósito no consolidado contiene una cantidad de agua utilizable, recibe el nombre de acuífero (Sahoo, 2009). Cuando el agua se recarga fluye hacia depósitos superficiales de forma natural, estos pueden ser: manantiales y filtraciones que pueden formar oasis o humedales.

El agua subterránea representa gran importancia para ecosistemas acuáticos puesto que su papel es vital para su mantenimiento, proporcionando descargas confiables y continuas durante periodos prolongados a ríos y humedales lo que

sostiene su flujo durante épocas secas y sequías. En cuencas de captación de tierras bajas, estos acuíferos pueden representar más del 90% de aporte al caudal durante períodos secos mientras que, en cuencas de captación de tierras altas, donde el almacenamiento de agua subterránea es limitado, representa alrededor del 30% (MacDonald & Foster, 2016; Sahoo, 2009).

Actualmente se tienen varios problemas asociados a la captación de agua proveniente de los acuíferos debido a los efectos de bombeo de agua subterránea en el agua superficial, la recarga de agua subterránea y los suministros de agua para localidades.

El bombeo de agua subterránea genera conos de depresión, éstos son áreas deshidratadas alrededor del pozo creado para su extracción. El agua circundante fluye a lo largo del cono hacia el pozo desde todas las direcciones disponibles, a medida que pasa el tiempo el cono se expande decreciendo el nivel freático y alcanzando aguas superficiales que se encontraban conectadas hidrológicamente a estos acuíferos (Bushnell & Urbina, 2015). Cuando sucede esto, el acuífero es afectado severamente llegando incluso a su defunción, si éste tenía conexión hidrológica con agua superficial, el agua fluye hacia el acuífero, por lo tanto, al pozo, lo que agota también el recurso de agua superficial (Smith, 1986).

A pesar de la importancia que representan estas fuentes de abastecimiento para los ecosistemas, es un recurso del cual se tiene poca información, por lo tanto, su gestión es deficiente en muchas localidades alrededor del mundo, de no tomarse medidas técnicas para su correcta explotación, el daño que puede generar su ausencia puede ser duradero o incluso permanente (MacDonald & Foster, 2016; Ordoñez, 2011).

2.2.1.2 Obra de captación

Para la concentración adecuada de agua a ser potabilizada, se utilizan diferentes obras de captación según el tipo de fuente de agua para la localidad. Para aguas superficiales se utilizan bocatomas, mientras que para aguas subterráneas se hace uso de pozos profundos y para aguas pluviales se realiza la recolección al momento de la precipitación. (Hernandez & Corredor, 2017).

2.2.1.2.1 Pozos profundos

Los pozos profundos son agujeros que son perforados en el suelo y sirven como suministro de agua a bajo costo que suele ser usado por comunidades pequeñas y rurales. Su funcionamiento consiste en la perforación del suelo hasta alcanzar el agua subterránea y su extracción puede ser accionada mecánicamente por fuerza humana o por bomba. La construcción de este tipo de obras es rápida puesto que las técnicas aplicadas son simples siempre que se tenga las condiciones geológicas adecuadas (Bruni & Spuhler, 2018)

La excavación de estos pozos puede ser manual o con ayuda de maquinaria perforadora. Debido a la facilidad que representa construir un punto de toma de agua, se ha desarrollado la sobreexplotación de este recurso y genera los inconvenientes citados anteriormente en este documento.

Este tipo de fuente de abastecimiento no posee capacidad de almacenamiento por lo que se recomienda tener una reserva para periodos en los que se tenga baja abstracción del recurso.

Una de las ventajas que se tiene al usar pozos profundos es que no se necesita gran mantenimiento y las aguas provenientes de esta fuente no necesitan mayor tratamiento puesto que son menos susceptibles a contaminación si no se tiene explotación de materiales cerca al punto de toma (Bruni & Spuhler, 2018; Smith, 1986).

2.2.1.3 Obra de conducción

La conducción del recurso representa el componente que transporta el agua desde la fuente hasta la planta donde será tratada y distribuida, estas obras pueden ser canales abiertos o conductos cerrados según la conveniencia del sistema a construir (Magne, 2008).

2.2.1.4 Tratamiento de agua

El agua puede ser tratada según la finalidad para la que vaya a ser utilizada y en función a su destino son los parámetros de calidad que se determinan para cumplir a cabalidad su empleo. El agua potable es el agua que posee ciertos

requerimientos para ser consumidas sin que sus efectos presenten riesgos de daños al ser humano.

Este proceso se realiza con la finalidad de prevenir y erradicar la contaminación a la que pudo verse afectada el agua por organismos patógenos y sustancias tóxicas, asegurando así su capacidad para ser consumida por el ser humano sin representar acciones perjudiciales en la salud (Hernandez & Corredor, 2017). Para alcanzar la calidad propia para el consumo humano, el agua se juzga con estándares físicos, químicos y biológicos, estos estándares son normados por entidades nacionales e internacionales

Un tratamiento estándar comprende los siguientes procesos unitarios:

2.2.1.4.1 Pretratamiento

En este proceso se retienen los sólidos sedimentables como las arenas y otros sólidos que son pesados los cuales caen al fondo del tanque el cual puede tener placas que ejercerán contacto con las partículas para que puedan sedimentarse. Este sistema puede funcionar por desborde o por rejillas las cuales retienen el material a filtrar, este proceso o sección de tratamiento se conoce como desarenador (Amirtharajah & Jones, 2004; Avila, 2015). El fin de un sistema pretratamiento es eliminar de sustancias no deseadas que frecuentemente se encuentre en la fuente de alimentación del agua para que posteriormente se pueda hacer un mejor tratamiento de agua.

2.2.1.4.2 Coagulación

La coagulación es un proceso en que los sólidos suspendidos sufren una desestabilización eléctrica para que puedan aglomerarse, este proceso es necesario para el tratamiento de aguas para que los sólidos puedan sedimentarse por su propio peso. Este proceso ayuda a que remueva la turbiedad orgánica o inorgánica, el color verdadero y aparente, se pueden eliminar también bacterias, virus y organismos patógenos, algas y plancton, así como también de sustancias que dan sabor y olor (Litalien et al., 2009).

Este proceso se realiza por medio de la adición de un coagulante químico y aplicación de energía de mezclado. La coagulación es el tratamiento más eficaz

pero también es el que presenta un gasto elevado cuando no realizado adecuadamente puesto que puede conducir a la degradación rápida de la calidad del agua representando gastos operativos no justificados (Lorenzo-Acosta, 2006).

En la coagulación intervienen varios factores que afectan la reacción, estos son:

- Tipo de coagulante
- Cantidad de coagulante
- Cantidad y carácter del color y turbiedad
- Caracteres químicos del agua
- Concentración de iones de hidrógeno del agua
- Tiempo de mezcla
- Temperatura del agua

El coagulante frecuentemente usado en el campo del agua potable es el sulfato de aluminio. Su uso se debe a su eficacia, accesibilidad y bajo costo, la aplicación de este coagulante depende del resultado obtenido de la prueba de jarras.

Un reto que se debe enfrentar al usar coagulantes es la reducción del costo y la mejora de calidad de agua, adicionalmente se debe considerar la gestión de lodos, lo cual representa una dificultad y problema real en las plantas de tratamiento de agua, debido a que representan un aumento en la inversión, por eso es importante optimizar la dosis del sulfato de aluminio mediante el uso de otros productos más baratos y eficientes, buscando también la disponibilidad en la localidad en que se lo vaya a aplicar (Litalien et al., 2009; Vargas Camareno & Romero Esquivel, 2006).

Se han realizado varios estudios y hallazgos de procesos de coagulación con otro tipo de reactivos de origen natural como lo son la moringa, el polvo de haba y el cactus, su uso es recomendable para tratamiento de aguas con baja turbidez. Los coagulantes naturales representan un bajo costo de producción,

generan lodos artificiales que son mucho más fáciles de tratar, además de que son muy buenos eliminando sustancias patógenas.

2.2.1.4.3 Floculación

La floculación es un proceso que le sucede a la coagulación donde se reúnen los flóculos formados para formar partículas más grandes de tal manera que tengan un peso específico mayor al agua para que puedan sedimentarse y posteriormente filtrarse (Litalien et al., 2009). Este proceso es necesario ya que en él se disminuye la hidratación de las partículas para reducir la concentración volumétrica y mejore la eficiencia del tratamiento del agua (Vargas Camareno & Romero Esquivel, 2006).

2.2.1.4.4 Separación de partículas

Sedimentación

En esta fase del proceso se permite al agua alcanzar un flujo laminar con el objetivo de que los grumos generados en la floculación y el coagulante utilizado se asienten.

Filtración

En esta fase del proceso se permite al agua alcanzar un flujo laminar con el objetivo de que los grumos generados en la floculación y el coagulante utilizado se asienten.

2.2.1.4.5 Desinfección

En la etapa de desinfección se da un último tratamiento al agua para eliminar agentes patógenos residuales para evitar riesgo de contraer enfermedades asociadas a éstos mediante la aplicación de cloro, ozono o de radiación ultravioleta. El método más común es la adición de cloro, por la disponibilidad y costo. Luego de este proceso, el agua es segura para poder ser ingerida.

2.2.1.5 Almacenamiento

El sistema de almacenamiento se recomienda como suministro de agua tratada para periodos secos y así poder ser aprovechada. Este depósito de agua es usado para compensar variaciones de consumo mediante el almacenamiento en

lapsos de bajo consumo para su respectiva descarga para lapsos de consumo elevado (Hernandez & Corredor, 2017).

2.2.1.6 Distribución

El sistema de distribución se constituye por tuberías, accesorios entre otras estructuras que tienen como principal función la conducción del agua potabilizada hacia las conexiones domiciliarias, el servicio que se provea a la comunidad debe ser constante, suficiente y con una presión adecuada (Magne, 2008).

2.2.1.6.1 Área de diseño

Este factor considera la población para la cual se realizará el proyecto, incluyendo áreas industriales y comerciales, existentes y futuras. Esta área se define por medio de interrelaciones entre caminos y accidentes geográficos presentes en la zona de estudio.

2.2.1.6.2 Periodo de diseño

El periodo de diseño es el tiempo de vida útil que se debe asignar a una obra sin necesidad de ampliaciones o reemplazos por obsolescencia.

2.2.1.6.3 Dotación

Es la cantidad de agua que se asigna a cada habitante de una población, considerando todos los consumos posibles y las pérdidas físicas existentes en cualquier red de distribución. La dotación que se debe adoptar para una población debe considerar las necesidades domésticas, comerciales, industriales y públicas, también se deben considerar pérdidas debido a posibles filtraciones o conexiones ilícitas dentro de la red. (Magne, 2008).

2.2.1.6.4 Caudal de diseño

La red de distribución debe satisfacer las condiciones predispuestas para un sistema (presión, continuidad y calidad), y el caudal de diseño está relacionado con la presión, el cual se debe calcular a través del caudal máximo horario adicionando un margen de error para una posible demanda contra incendios.

CAPÍTULO 3

3. DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1 Metodología

Para el desarrollo de este proyecto se realizó una recolección de muestras de agua cruda las cuales se recolectaron asegurando la seguridad e higiene necesaria para evitar contaminaciones que alteren los resultados de las caracterizaciones físico, químicas y biológicas, los análisis de laboratorio se realizaron en el Laboratorio de Sanitarias de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

El objetivo de esta caracterización es determinar el tratamiento necesario para el agua que es servida a la comunidad. El muestreo se realizó el día 20 de Noviembre del 2020 siguiendo un sistema simple donde las muestras recolectadas se encuentran en la captación y en la distribución del sistema de agua que posee SCH, además se realizó un muestreo del agua de un manantial, el mismo que se encuentra dentro del recinto y proveerá información acerca de las condiciones ambientales de la comunidad, es decir, para conocer si existe algún indicio o presencia de contaminantes debido a la actividad agrícola y la gestión de residuos predominante de la zona.

3.2 Trabajo de campo, laboratorio y gabinete

3.2.1 Toma de muestras

Se realizó la toma de muestras en 3 puntos diferentes de abastecimiento, con el fin de realizar el análisis físico, químico y bacteriológico. Además, se recolectaron 6 muestras adicionales de las casas del sector para realizar un análisis bacteriológico.

Los tres puntos de abastecimientos se identificarán de la siguiente forma:

- M1: Pozo
- M2: Grifo
- M3: Manantial

- M3.1: Manantial aguas arriba
- M3.2: Manantial aguas abajo

3.2.2 Caracterización

3.2.2.1 Análisis físico

Los equipos utilizados para el análisis físico de las muestras fueron:

- **Turbidímetro 2100Q.** - El turbidímetro es un instrumento que nos permite conocer la turbidez de una muestra a través de un haz de luz que mide la cantidad de partículas suspendidas. Este instrumento se debe calibrar o configurar de tal manera que pueda tener una referencia para que a través de la diferencia de NTU se pueda dar un valor a la turbidez de la muestra.
- **Multiparamétrica.** - Este instrumento mide los parámetros de pH, conductividad, oxígeno disuelto y temperatura. A través del instrumento se pueden medir los parámetros mencionados a través de electrodos que se pueden ir cambiando y la máquina va identificando para realizar el análisis. Cada electrodo se debe calibrar para poder realizar un correcto estudio.

Los equipos utilizados para análisis físico de las muestras fueron provistos por ESPOL, los cuales contaban con los siguientes códigos:

Tabla 3.1 Códigos de equipos utilizados. [Lindao, E.]

Equipo	Modelo	Código ESPOL
Multiparamétrica	HQ40d	106470
Turbidímetro	2100Q	110538

Para caracterizar estos parámetros se realizaron las pruebas in situ para que no se vean alteradas por el viaje hacia el laboratorio, a través de estos ensayos se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 3.2 Parámetros físicos evaluados. [Lindao, E.]

PARÁMETROS	M1	M2	M3.1	M3.2	INEN
Turbidez [NTU]	0.98	0.53	3.92	5.05	5
Conductividad [uS/cm]	221	189.9	156.1	157.0	-
pH	6.96	6.96	7.15	7.11	6.5 – 8.5
Temperatura [°C]	27.5	26.8	27.4	28.4	
Potencial de oxidación [mV]	4.5	4.3	-6.5	-4.2	
Olor	-	-	-	-	No objetable
Sabor	-	-	-	-	No objetable

Tal como se muestra en la Tabla 3.2, los valores son comparados con la normativa INEN lo que refleja que los estándares estudiados se encuentran por debajo de los límites máximos para agua de consumo humano.

3.2.2.2 Análisis químico

Para el análisis químico se hizo uso de:

- **Espectrofotómetro DR3900.** – Este instrumento posee un sistema fotométrico el cual brinda resultados con mayor exactitud para parámetros de control como el amonio DQO, fosfato, nitrógeno y otros compuestos que se estudian rutinariamente en el análisis de agua.

Los equipos utilizados para análisis químico de las muestras fueron provistos por ESPOL, los cuales contaban con los siguientes códigos:

Tabla 3.3 Códigos de equipos utilizados. [Lindao, E.]

Equipo	Modelo	Código ESPOL
Espectrofotómetro HACH	HQ40d	106470
	2100Q	110538

Para caracterizar los parámetros de sulfato, nitrato y cobre, se realizaron ensayos en laboratorio, a través de los cuales se encontraron los siguientes resultados:

Tabla 3.4 Resultados obtenidos de caracterización por cobre (Cu). [Lindao, E.]

# ensayo	M1	M2	M3	INEN
1	-	-	0.024	2 mg/l
2	-	-	0.024	
3	-	-	0.023	
Promedio	-	-	0.024	

Tabla 3.5 Resultados obtenidos de caracterización por Sulfatos (SO₄²⁻) [Lindao, E.]

# ensayo	M1	M2	M3	INEN
1	1	0	1	200 mg/l
2	1	0	1	
3	1	0	1	
Promedio	1	0	1	

Tabla 3.6 Resultados obtenidos de caracterización por nitratos. [Lindao, E.]

# ensayo	M1	M2	M3	INEN
1	2.80	2.90	4.40	50 mg/l
2	2.80	2.90	4.30	
3	2.80	2.90	4.40	
Promedio	2.80	2.90	4.37	

A través de estos análisis se puede inferir que el agua que viene del manantial se encuentra por debajo de los parámetros estándar que establecen las diferentes organizaciones, pero la presencia de una fracción de este tipo de químicos es razón suficiente para evaluar las razones por las cuales se ve afectado este manantial, puesto que, a partir de las encuestas realizadas, se conoce que hay pobladores que utilizan esta agua para uso doméstico.

3.2.2.3 Análisis biológico

Para el análisis biológico de las muestras, se realizó ensayo de coliformes totales y DBO a través de los cuáles se obtuvieron los siguientes resultados:

Coliformes totales

Para el recuento de coliformes totales a través de Placas Petrifilm, las cuales poseen nutrientes de Bilis Rojo Violeta, un agente gelificante y un indicador tetrazolium lo que facilita el recuento de las colonias (3M-Microbiology, 2007). En este estudio se realizó un muestreo del agua recibida a través del grifo en las casas aledañas del pozo por lo que se observará nueve placas.

Tabla 3.7 Resultados obtenidos de ensayo de coliformes totales. [Lindao, E.]

	M1	M3	C1	C2	C3
Número de colonias por placa	0	71.76	24.2	0	0

	C4	C5	C6	C7	INEN
Número de colonias por placa	0	0	4.4	0	<0,2

A través de estos ensayos se puede observar que el manantial posee una alta densidad de colonias de coliformes, así mismo existen dos domicilios muestreados que presentan coliformes en el agua que ellos obtienen del grifo lo cual, comparando con los otros domicilios que no presentan coliformes, induce a inferir una posible contaminación por infiltración en la red domiciliaria, puesto que del pozo tampoco se tiene presencia de coliformes.

DBO

Los resultados obtenidos de estos ensayos se evidencian a través del Anexo B y de la siguiente tabla:

Tabla 3.8 Resultados de DBO.

Muestra	DBO [mg/l]
M1	18
M2	20
M3	23

A través de estos resultados se evidencia la existencia de microorganismos en las muestras, a partir de esto se sugeriría realizar una leve desinfección para eliminar estos vestigios y evitar intoxicaciones y enfermedades gastrointestinales en la población consumidora del recurso agua.

CAPÍTULO 4

4. ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL

4.1 Objetivos

Realizar el estudio del impacto ambiental del Diseño de un sistema de tratamiento de agua potable para el rcto. San Cayetano de Hampton; basándonos en las normativas ambientales vigentes en el Ecuador, con lo cual se pretende entre otros aspectos:

- Identificar impactos sobre la zona de influencia de forma directa e indirecta que causaría el proyecto en las etapas de construcción y operación.
- Diseñar medidas ambientales de plazo corto, medio y largo que permitan prevenir, mitigar y controlar los impactos ambientales que puedan producir las etapas de construcción y operación.
- Establecer criterios técnicos ambientales que permitan establecer políticas de manejo ambiental de la obra y de las actividades derivadas a ésta.

4.1.1 Objetivos específicos

- Describir la línea de base ambiental del sitio de emplazamiento del proyecto.
- Describir aspectos técnicos asociados a la construcción, operación y mantenimiento de un sistema de tratamiento de agua potable.
- Identificar y valorar los impactos positivos y negativos asociados a la construcción, operación y mantenimiento de un sistema de tratamiento de agua potable.

4.2 Descripción del proyecto

En el presente proyecto se busca diseñar un sistema de tratamiento de agua potable para la población que habita el recinto San Cayetano de Hampton, ubicado en la zona rural del cantón El Empalme, dentro de la provincia del Guayas tal como se muestra a través de la Ilustración 1.2.1.

El recinto San Cayetano de Hampton es un sector agrícola que cuenta con aproximadamente 350 personas, el ente que se encarga de proveer el servicio de distribución de agua es conocido como “Junta de agua” el cual está encabezado por el presidente, Omar Sánchez. El agua que es distribuida es extraída de un pozo y no recibe un tratamiento de potabilización quien indica que para el sistema de tratamiento no se tiene un tiempo de ejecución definido, pero se debe tener en cuenta que la longevidad de implantación del proyecto puede generar más costos en obra.

El lugar de emplazamiento de la planta de tratamiento de agua potable consta con un espacio máximo de aproximadamente 165 m² en el cual ya se cuenta con una infraestructura existente en la cual consta un tanque elevado de almacenamiento y una caseta la cual protege la bomba de agentes externos.

Como objetivo del proyecto se plantea prevenir, mitigar y controlar impactos producidos por el tratamiento de agua potable esto con la finalidad de que la solución planteada para la problemática no genere más problemas ambientales al entorno. El Recinto San Cayetano de Hampton no posee zonas decretadas como áreas de conservación por el Ministerio de Ambiente, aunque se recomienda que se realicen actividades de preservación de la represa Daule Peripa.

4.3 Línea base ambiental

4.3.1 Medio biofísico

El Recinto San Cayetano de Hampton no posee estudios sobre la biodiversidad y calidad ambiental del lugar lo cual dificulta detallar los agentes bióticos del medio. Por medio de la observación de las encuestas realizadas se puede establecer que se consta con predominancia de zonas agrícolas donde los principales cultivos se presentan en el Gráfico A.7, entre los cuales están el cacao, el maíz y la piña.

Como ya se mencionó, el recinto no posee zonas decretadas como áreas de conservación por el Ministerio de Ambiente, y según la Dirección de Higiene y Medio Ambiente municipal, en el cantón se realizan numerosas prácticas medioambientales que afectan negativamente al ecosistema como la gestión de residuos sólidos, tal como se explica en la Sección 1.3.5.3, además de la deforestación de flora nativa y su reemplazo por plantas ornamentales y de

producción de cultivos además del uso de productos agroquímicos para su tratamiento.

En el recinto no se tiene grandes proporciones de aguas superficiales, se cuenta con un manantial cerca del núcleo del asentamiento el cual es usado con fines recreativos y a veces utilizan su agua para fines domésticos las personas más aledañas al lugar.

4.3.1.1 Medio físico suelo

Como se mencionó en la sección 1.3.1.1 en el cantón se cuenta con suelo principalmente arcilloso, constituido por limos y arenas poco consolidadas, lo cual representa una ventaja para contrarrestar posibles contaminaciones a acuíferos ya que no permiten la infiltración de componentes que puedan llegar a éstos.

En cuanto a su calidad, se conoce que la capacidad de este suelo para sostener la productividad de plantas de cultivo es lo suficientemente buena para rendir ante la carga exigida por la comunidad.

4.3.1.2 Medio físico acuático

La comunidad de San Cayetano de Hampton cuenta principalmente con fuentes de agua subterráneas debido a que los cuerpos de aguas superficiales se encuentran alejados del recinto, existe un manantial cerca del núcleo del asentamiento, pero este no es lo suficientemente grande para proveer agua a la población.

No se posee un dato determinado como potencial de recarga lo cual resulta de gran importancia estudiar y conocer para establecer los usos máximos que se le puede dar a la fuente de agua utilizada para el recinto.

La hidrología de la población se basa en la cuenca del río Guayas, del cual se derivan dos subcuencas: Daule o Balzar y Peripa, ésta última abastece a la represa Daule - Peripa. También se cuenta con precipitaciones entre los 1500 a 2300 mm anuales, a través de la cual se puede alcanzar el borde de un canal que se posee cerca de la comunidad, a unos 5Km.

4.3.1.2.1 Calidad ambiental del agua

El agua que se posee en el recinto, según los estudios realizados en la Sección 3.2.2 para la caracterización del agua, puede ser apta para el consumo humano, pero se recomienda una desinfección para prevenir contaminación de coliformes por medio de la red de distribución.

4.3.1.3 Medio físico aire

Como se mencionó en la sección 1.2.2, la temperatura promedio de la parroquia es de 27°C donde las estaciones delineadas son el invierno, donde predominan las lluvias y un incremento de temperatura; y el verano, estación en la que la temperatura descienden y el ambiente es seco.

4.3.1.4 Medio biótico flora

La parroquia donde se sitúa el recinto se encuentra dentro de un bosque tropical húmedo presentando una amplia variedad de flora. Aunque la parroquia El Rosario posea biodiversidad de flora, a través de este proyecto no se estaría afectando potencialmente a la flora y fauna característica del cantón puesto que el lugar de emplazamiento de la planta se encuentra predominado por asentamientos humanos donde el uso de suelo es principalmente dedicado a la agricultura y la fauna característica del recinto es doméstica.

4.3.1.5 Medio biótico fauna

Según (GAD de El Empalme, 2015) en la parroquia El Rosario se cuenta con biodiversidad de fauna que puede ser afectada principalmente a perturbaciones en su hábitat, pero como se lo ha dicho anteriormente, el recinto tiene un gran impacto por los asentamientos humanos razón por la cual la población faunística predominante es la doméstica.

4.3.2 Medio humano

4.3.2.1 Medio socioeconómico

La actividad principal del recinto es la agricultura donde la población económicamente activa, representada a través del Gráfico A.3, se dedica

también a actividades como el comercio, la ganadería, entre otros servicios no formales.

En la parroquia el uso de suelo es dirigido a las actividades agropecuarias, predominando entre sus cultivos, el maíz en épocas invernales, el cacao y la piña principalmente, además de la ganadería.

Esta población cuenta con alrededor de 350 personas las cuales cuentan con servicio de salud proveído por el seguro campesino, teniendo un dispensario médico en el núcleo del asentamiento poblacional. Por otra parte, no cuentan con un servicio de seguridad continuo puesto que los servidores de la policía nacional no realizan un monitoreo continuo.

Tal como se mencionó en la sección 1.3.4, se cuenta con un servicio de energía eléctrica, de telefonía móvil y de internet donde los pobladores la describen como regular debido a la intermitencia del servicio, poseen un sistema de distribución de agua el cual no es potabilizado y tampoco poseen servicio de agua lluvias ni servidas. El sistema de recolección de desechos sólidos no ingresa a la comunidad, razón por la cual una fracción significativa realiza quema de la misma, siendo éstas una fuente de contaminación del aire identificada previamente.

En la misma sección mencionada, se describe la red vial donde para acceder al recinto desde El Empalme se debe ir por la vía arteria E-30 o Transversal Central hasta llegar a una vía interna llamada La Carmela por la cual se recorren aproximadamente 7km hasta San Cayetano de Hampton. Este último trayecto es una vía lastrada con poco mantenimiento, por lo que el acceso es complejo, en época lluviosa la vía suele presentar zonas lodosas lo que dificulta aún más el ingreso al recinto

4.4 Actividades del proyecto

En el presente proyecto se diseñará un sistema de tratamiento de agua potable de tal manera que la implantación de este no genere impactos negativos a la comunidad y al ecosistema, adicionalmente se planteará un prediseño para el sistema de red distribución de agua mejorar la calidad de este servicio y así evitar

la contaminación del agua que se sirve a la comunidad además de mejorar la eficiencia y reducir pérdidas del sistema.

Como se mencionó anteriormente, el lugar de emplazamiento de la planta de tratamiento de agua potable consta con un espacio máximo de aproximadamente 165 m² en el cual ya se cuenta con una infraestructura existente en la cual consta un tanque elevado de almacenamiento y una caseta la cual protege la bomba de agentes externos, El esquema de esta implantación se puede observar a través del Plano de infraestructura existente.

Para realizar este proyecto se realizó la caracterización de agua como se muestra en la Sección 3.2.2, se realizó una exploración al lugar de emplazamiento para compararlo con los planos preexistentes y realizar la digitalización de éstos para poder esquematizar el sistema de tratamiento que se implementará. Con la ayuda de Google Earth se realizará la toma de coordenadas para poder prediseñar el sistema de distribución y a través del programa Epanet se dibujará el sistema.

4.5 Identificación de impactos ambientales

4.5.1 Directo

Entre los impactos directos identificados se tiene:

- **Calidad de agua.** - El agua es el principal recurso por tratar, razón por la cual es de impacto directo y beneficioso, a pesar de que no se presente contaminación significativa, se tienen vestigios de metales y otros patrones que sería importante reducir al nulo para evitar intoxicaciones.
- **Salud pública.** - Al implementar una mejora en el agua se reducirán los casos de intoxicación y enfermedades gastrointestinales que, aunque no sean predominantes en la incidencia de casos en los dispensarios médicos, existe una fracción que acude por atención en consecuencia a este tipo de padecimientos. A largo plazo, la acumulación de vestigios de metales en el agua puede tener un efecto muy adverso en la salud de los pobladores.
- **Ruido.** – La planta de tratamiento que se proponga puede generar ruidos los cuales, debido a la ubicación de la implantación de este, es decir, en el

centro de la comunidad, generarán molestias a la población aledaña a la planta.

- **Efectos económicos.** – La implantación del sistema de tratamiento de agua potable, podría generar un cambio en la tarifa de consumo de agua por lo que el impacto económico a la comunidad es significativo.

4.5.2 Indirecta

Entre los impactos directos identificados se tiene:

- **Descargas de lodos.** – Los sistemas de tratamiento de agua generan residuos por acción de los químicos que son agregados para contrarrestar los valores de características del agua que deben ser tratados para su potabilización, estos residuos son conocidos como lodos los cuales deben ser tratados previo a su descarga para evitar contaminación al ecosistema que será efluente de estos vestigios que ocasionarían efectos irreversibles e irrecuperables.
- **Infraestructura.** – Al implementar esta mejora al sistema de distribución de agua, es decir, la potabilización y con la propuesta de red, se estaría optimizando la infraestructura sanitaria local, permitiendo un inicio al desarrollo y progreso de esta.

4.5.3 Impacto final

Como impacto final de este proyecto se tiene a mejora progresiva de la salud humana disminuyendo incidencia de padecimientos de enfermedades a la falta de potabilización de agua, además se incrementa el estándar de vida ya que se provee un servicio mejorado de agua a la comunidad.

4.6 Medidas de prevención/mitigación

Para el desarrollo de este proyecto se deben encontrar un sistema que permita al operador un mantenimiento apropiado que no genere desechos que sean perjudiciales al ecosistema puesto que, al no contar con un sistema de gestión de residuos sólidos apropiado, la disposición final de lodos puede ser costosa o en búsqueda de disminuir costos, no se le dé un tratamiento propio provocando efectos irrecuperables en el ecosistema.

Para mitigar estos efectos adversos, se recomienda limitar el tratamiento de las características que sean necesarias según la caracterización del agua, además se debe asegurar el compromiso que tienen los entes gobernantes para realizar las acciones de mitigación de impactos, de no ser un compromiso concreto, se recomendaría no ejecutar la implementación del diseño puesto que, en lugar de tener un beneficio a la comunidad, tendría un efecto adverso.

CAPÍTULO 5

5. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

Para seleccionar el diseño más factible del presente proyecto se utilizaron dos métodos de análisis, el primero es el método de Selección de Ventajas o Choosing By Advantages (CBA), este “se basa en la importancia de las ventajas entre varias alternativas, sin considerar sus desventajas. Además, las decisiones deben estar relacionadas a hechos relevantes” (Alarcón, 2017).

El segundo método trata de la escala de Likert, esta escala es sumativa donde “todos los ítems miden con la misma intensidad la actitud que se desea medir y es el encuestado el que le da una puntuación, en función de su posición frente a la afirmación sugerida por el ítem” (Guil, 2006). Para la generación de valoraciones de alternativas y su futuro tratamiento se debe eliminar la subjetividad, teniendo como objetivo conseguir una solución más conveniente.

Se determinaron los factores adecuados para valorar el nivel de cumplimiento de los objetivos de cada alternativa, cada uno de estos se usaron para definir las soluciones y serán escogidos por su representatividad, importancia y factibilidad de valoración por método cuantitativos. Estos son:

- **Tiempo.** – El tiempo es un factor que para la implantación del sistema de tratamiento es apremiante puesto que existe el riesgo de intoxicación por coliformes en dos de las viviendas revisadas por muestreo simple, además la prolongación del tiempo de implantación de la planta puede incurrir en gastos excesivos por transporte y mano de obra. Por lo tanto, tiene una valoración **Alta**.
- **Espacio.** – Es importante tener en cuenta que se tiene un área preexistente para la implantación de la planta, por lo tanto, se debe considerar que el espacio que ocupe se encuentre dentro del sitio predestinado, aunque se puede proponer una ampliación o readecuación de la infraestructura existente. Entonces, se dará una valoración **Media**.

- **Impacto a la sociedad.** – La comunidad de San Cayetano de Hampton, recibirán varios impactos derivados a la implantación del proyecto puesto que su opinión y comodidad es importante, por ejemplo, a partir de este proyecto se podrían generar fuentes de empleo ya que se necesitaría operadores, otro efecto que tendría esta planta es el posible incremento en el valor de la tarifa de consumo. Por lo tanto, la valoración es **Alta**.
- **Impacto ambiental.** – El ecosistema circundante al lugar de implantación no representa a primera vista un impacto alto, puesto que no posee flora y fauna significativo debido a que uso de suelo es principalmente dedicado a la agricultura y la fauna característica del recinto es doméstica. Pero se debe recordar que en el recinto no se cuenta con un sistema de gestión de residuos sólidos apropiado, lo cual genera un riesgo para el tratamiento de desechos producidos durante el proceso. Por lo tanto, la valoración para este factor es: **Alta**.
- **Complejidad de operación y mantenimiento.** – Para la selección de la alternativa es importante considerar la complejidad de operación y mantenimiento debido a que esta actividad será llevada a cabo por personas que serán capacitadas dentro de la comunidad. Por esta razón, se le da una valoración **Alta**.
- **Costo.** – Los costos generados a la obra asociada a la implantación del sistema de tratamiento, es significativo para la toma de decisión, así como también los costos que generarán el mantenimiento de la planta. Entonces, la valoración asignada a este factor es **Alta**.

5.1 Restricciones y limitaciones

En el presente proyecto las restricciones y limitaciones son las que se enumeran a continuación:

- Espacio máximo de 165 m².
- Infraestructura existente.
- Menor costo posible.
- Acceso al lugar.

5.2 Presentación de alternativas

5.2.1 Alternativa cero

Esta alternativa consiste en no realizar el proyecto, sirve para comparar las alternativas planteadas posteriormente con la situación inicial del proyecto. Para esta alternativa se plantearía un mantenimiento de la obra de captación, es decir, un cambio de la bomba que poseen y enlosar el área donde se tiene la infraestructura actual para poder salvaguardar y mantener la obra prolongando su vida útil.

5.2.2 Sistema convencional de tratamiento de agua potable con aireación

Un sistema convencional de tratamiento de agua potable consiste en un conjunto de estructuras que dividen los siguientes procesos: captación, pretratamiento, coagulación, floculación, filtración, desinfección, almacenamiento y distribución. Es decir, este tipo de plantas son de ciclo completo.

Este sistema involucra un mayor tiempo de implantación puesto que involucra la construcción de estructuras para cada proceso lo que implica más diseños y costos asociados, así como también involucra más uso de espacio.

Como impacto a la sociedad se tendría los posibles ruidos que produzca este tipo de tratamiento, al ser un proceso más complejo, se necesitaría más operadores comuna mayor capacitación para el manejo de la planta, además de este tipo de tratamiento se tienen una mayor generación de lodos residuales los cuales podrían impactar negativamente al entorno del recinto al no poseer una gestión de residuos sólidos correcta dentro de la comunidad.

Además, los costos asociados al mantenimiento y también al tratamiento impactarían a la tarifa de consumo de tal manera que esta incrementa puesto que estos valores están asociados al transporte y al no tener una vía apropiada de acceso, dificulta más aún estas actividades.

5.2.3 Sistema de tratamiento de agua potable con planta prefabricada

Este tipo de sistema de tratamiento se constituye por elementos que están previamente diseñados y son construidos en fábricas. La selección de los

elementos es en función al tipo de tratamiento que se le quiere dar al agua, es decir, si se quieren tratar parámetros físicos, químicos o biológicos.

Los sistemas de tratamiento de agua con plantas prefabricadas o también llamadas paquete, son de uso frecuente en comunidades pequeñas puesto que son diseñadas para el intervalo comprendido entre 38 y 950m³/d. Además, ofrece una rápida construcción e instalación lo que disminuye costos de obra.

Otra ventaja que puede ofrecer a la comunidad es su fácil operación y mantenimiento lo que permitiría realizar capacitaciones para que haya operarios responsables del tratamiento del agua dentro de la misma comunidad, además se cuenta con una disminución de generación de lodos en comparación con el sistema de tratamiento convencional, puesto que de ser esta alternativa seleccionada, se propondría un sistema de aireación, filtración y desinfección, puesto que estos serían las características a mejorar del agua.

En un sistema de tratamiento convencional, los procesos de coagulación y floculación son los que generan mayores proporciones de lodos, por lo tanto, se disminuye este componente para esta alternativa teniendo un impacto menor al ecosistema y su gestión sería más eficiente.

En cuando al espacio, estas plantas presentan una adaptabilidad al entorno lo que disminuiría los costos de preparación del área en donde se emplazará la infraestructura.

5.2.4 Sistema de tratamiento de agua potable con ósmosis inversa

Estos sistemas usan membranas semipermeables por las cuales conducen el agua con una presión que supere la presión osmótica, dicha presión debe estar en el rango de 200 a 400 psi, ya que presiones mayores pueden reducir la vida útil de la membrana.

Estos sistemas producen un agua potable que está dentro de los parámetros establecidos por las normas, que resulta ser beneficiosa para la salud ya que retienen casi todos los contaminantes presentes en el agua cruda, además es un sistema eco-amigable, es un sistema de fácil instalación y operación, y su costo energético es bajo.

El espacio que ocuparía esta planta depende del rendimiento que se quiera tener para la población y al ser esta pequeña, no se requiere de una planta muy grande, entonces presenta al igual que la planta prefabricada, una adaptabilidad al entorno.

Estas plantas representan costos de inversión mayores que el sistema convencional y la planta prefabricada, pero en su contraparte poseen una eficiencia de remoción y potabilización mucho mayor razón por la cual es de los sistemas más recomendados para tratamiento de agua potable.

5.3 Selección de alternativa a desarrollar

5.3.1 Método de selección de ventajas

Mediante el CBA se realizó un análisis de las alternativas consideradas para el sistema de tratamiento de agua potable. Para esto se trazaron los siguientes criterios:

- Menor tiempo de construcción e instalación
- Menor espacio de ocupación
- Bajo impacto ambiental
- Mayor impacto en la comunidad
- Baja complejidad de operación y mantenimiento

Estos criterios tendrán los siguientes valores de importancia:

Tabla 5.1 Valoración de importancia para factores

Criterios	Importancia
Menor tiempo de construcción e instalación	10
Menor espacio de ocupación	9
Bajo impacto ambiental	8
Mayor impacto en la comunidad	8
Baja complejidad de operación y mantenimiento	7

A continuación, se muestra el esquema del método:

Tabla 5.2 Esquema del método CBA para selección de alternativas.

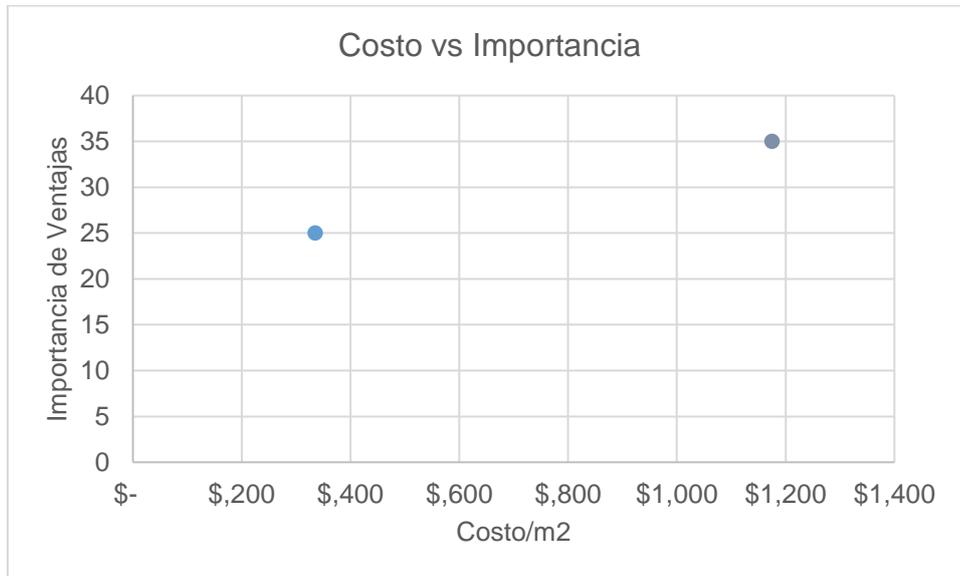
Alternativas	Factor	Criterio	Atributo	Importancia
1	Tiempo	Menor tiempo	3	-
2			1	10
3			1	10
1	Espacio	Menor espacio	3	-
2			2	-
3			1	9
1	Impacto Ambiental	Bajo impacto ambiental	3	-
2			2	-
3			1	8
1	Impacto en la sociedad	Mayor impacto	1	-
2			3	8
3			3	8
1	Complejidad de operación y mantenimiento	Baja	3	-
2			1	7
3			2	-

Por el método de CBA tenemos los siguientes resultados:

Tabla 5.3 Resultados obtenidos a partir del método CBA

Alternativas	Total
1	0
2	25
3	35

Con estos resultados evaluamos los costos de cada alternativa, para definir cuál sería la que se ajusta a criterio requerido.



Dado que una de las restricciones debe ser el bajo costo, se escoge la alternativa de plantas prefabricadas de acuerdo con el análisis de selección de ventajas o CBA.

5.3.2 Escala de Likert

A partir de los factores determinados para la selección de la alternativa idónea, se asignará un peso que dará a cada factor un valor que se encuentra en función de 3 niveles de importancia, este importe tendrá efecto multiplicador sobre la valoración otorgada al criterio, los mismos que se presentan a través de la siguiente tabla:

Tabla 5.4 Valoración a la importancia según método de Likert.

Importancia	Valor
Alta	3
Media	2
Baja	1

Como se estableció previamente y en función al tipo de diseño a realizar, se ha estimado una valoración de los factores de esta forma:

Tabla 5.5 Valoración de factores según la importancia.

Factores	Importancia
Tiempo	2
Espacio	3
Impacto ambiental	3
Impacto a la sociedad	3
Complejidad de operación y mantenimiento	3
Costo	3

La determinará indicadores que permitan valorar cuantitativamente las alternativas, a estos indicadores se les asigna puntuaciones, esto haciendo uso de la escala de Likert lo cual permitirá matizar los criterios y facilitar la selección de la alternativa idónea como solución del proyecto, estos valores se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 5.6 Sistema de valoración utilizado según escala de Likert.

Puntuación	Valoración
1	Efecto perjudicial
2	Efecto leve
3	Efecto neutro
4	Efecto bueno
5	Efecto beneficioso

Tabla 5.7 Matriz de selección de alternativa por medio de escala de Likert.

Alternativa 1. Sistema convencional			
Criterio	Importancia	Valoración	Puntuación
Tiempo	2	2	4
Espacio	3	1	3
Impacto ambiental	3	3	9
Impacto a la sociedad	3	3	9
Complejidad de operación y mantenimiento	3	3	9
Costo	3	3	9
Total			48
Alternativa 2. Planta prefabricada			
Criterio	Importancia	Valoración	Puntuación
Tiempo	2	4	8
Espacio	3	5	15
Impacto ambiental	3	3	9
Impacto a la sociedad	3	5	15
Complejidad de operación y mantenimiento	3	5	15
Costo	3	2	10
Total			72
Alternativa 3. Ósmosis inversa			
Criterio	Importancia	Valoración	Puntuación
Tiempo	2	4	8
Espacio	3	3	9
Impacto ambiental	3	5	15
Impacto a la sociedad	3	5	15
Complejidad de operación y mantenimiento	3	5	15
Costo	3	2	10
Total			72

Como se puede observar, se obtienen dos alternativas preseleccionadas, el factor decisivo será el costo, debido a la situación socioeconómica del recinto, por lo tanto, se escoge la planta prefabricada puesto que representa una inversión menor en comparación con la ósmosis inversa.

CAPÍTULO 6

6. DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES

6.1 Diseño

El sistema de abastecimiento de agua potable, se lo diseñará en base a Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural (Norma CO 10.7 – 602), y la Norma para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes.

6.1.1 Bases y Criterios de Diseño

6.1.1.1 Período de diseño

Como se indica en Norma CO 10.7 – 602 *“las obras civiles de los sistemas de agua potable se diseñarán para un periodo de entre 10 a 25 años.”*

En nuestro caso de estudio, dado que la obra ya tiene 5 años de servicio se tomará un periodo de diseño de 20 años. Para los equipos y demás implementos se tomará la vida útil especificada por los fabricantes.

6.1.1.2 Población de diseño

La población se calcula en base a la población presente, para el cálculo se emplea el método geométrico.

$$P_f = P_a(1 + r)^n \quad (6.1)$$

- P_f : Población futura (habitantes).
- P_a : Población actual (habitantes).
- r : Tasa de crecimiento de la población expresada como fracción decimal.
- n : Periodo de diseño.

Según el PDyOT de la parroquia El Rosario del cantón El Empalme provincia del Guayas, la tasa de crecimiento poblacional corresponde al al 1.51% anual, sin embargo, se considerará el valor propuesto por la Norma CO 10.7 – 602, donde

enuncia un 1.5% para el crecimiento poblacional de localidades ubicadas en Costa. Por lo tanto:

$$P_f = 350(1 + 1.5\%)^{20}$$

$$P_f = 471.4 \cong 472 \text{ habitantes}$$

6.1.1.3 Dotación

En la Norma CO 10.7 – 602, se especifica que la dotación de agua estará vinculada al tipo de clima, como se indica en la tabla 6.1.

Tabla 6.1 Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio, tomado de Norma CO 10.7 – 602

Nivel de Servicio	Clima frío (lt/hab-día)	Clima Cálido (lt/hab-día)
Ia	25	30
Ib	50	65
Ila	60	85
Ilb	75	100

Para escoger el nivel de servicio de la comunidad, se toma lo que indica la Norma CO 10.7 – 602 en la tabla 6.2.

Tabla 6.2 Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos.

Nivel	Sistema	Descripción
0	AP	Sistemas individuales. Diseñar de acuerdo con las disponibilidades técnicas, usos previstos del agua, preferencias y capacidad económica del usuario.
	EE	
Ia	AP	Grifos Públicos
	EE	Letrinas sin arrastre de agua
Ib	AP	Grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño
	EE	Letrinas con y sin arrastre de agua

Nivel	Sistema	Descripción
Ila	AP	Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa
	EE	Letrinas con o sin arrastre de agua
Ilb	AP	Conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa
	ERL	Sistema de alcantarillado sanitario

De acuerdo con el análisis socioeconómico, la comunidad no cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario, la disposición de excretas se la realiza en pozos ciegos o letrinas. Tomando esto en cuenta, se escoge el nivel de servicio Ila, por lo cual la dotación sería de 85 lt/hab*día, pero se adoptará una dotación base de 100lt/hab*día, porque las condiciones socioeconómicas de la zona pueden cambiar dentro del periodo de diseño, por lo que además se asumirá que existirá un incremento en la dotación de 1lt/hab*día. Por lo cual:

$$Dotación\ futura = Dot.\ actual + \frac{1\ lt}{hab - dia} * P_{diseño} \quad (6.2)$$

$$Dotación\ futura = 100 + \frac{1lt}{hab - dia} * 20años$$

$$Dotación\ futura = 120 \frac{lt}{hab - dia}$$

6.1.1.4 Variaciones de consumo

6.1.1.4.1 Caudal medio

El caudal medio se calcula de acuerdo con la ecuación 6.3.

$$Q_m = f * \frac{[Pf * D]}{86400} \quad (6.3)$$

Donde:

- Q_m : Caudal medio [l/s]
- f : factor de fugas
- P : Población futura
- D : Dotación futura [lt/hab-dia]

El factor de fugas se lo tomara de lo que se menciona en la Norma CO 10.7 – 602 en la tabla

Nivel de servicio	Porcentaje de Fugas
Ia – Ib	10%
Ila – IIb	20%

$$Q_m = 1.2 * \frac{[472 \text{ hab} * 120 \frac{\text{lt}}{\text{hab} - \text{dia}}]}{86400 \text{ s/dia}}$$

$$Q_m = 0.78 \text{ lt/s}$$

6.1.1.4.2 Caudal máximo diario

El caudal máximo diario se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$QMD = KMD * Q_m \quad (6.4)$$

Donde

- QMD : Caudal máximo diario [lt/s]
- KMD : Factor de mayoración máximo diario (Tiene un valor de 1.25 para todos los niveles de servicio)

$$QMD = 1.25 * 0.78 \frac{\text{lt}}{\text{s}}$$

$$QMD = 0.98 \text{ lt/s}$$

6.1.1.4.3 Caudal máximo horario

El caudal máximo horario se calculó a partir de la siguiente ecuación:

$$QMH = KMH * Q_m \quad (6.5)$$

Donde

- QMH : Caudal máximo horario [lt/s]
- KMH : Factor de mayoración máximo horario (Tiene un valor de 3 para todos los niveles de servicio)

$$QMH = 3 * 0.78 \text{ lt/s}$$

$$QMH = 2.34 \text{ lt/s}$$

6.1.2 Caudal de diseño

La Norma CO 10.7 – 602 indica que, en los sistemas de conducción a bombeo, el caudal de diseño se establecerá en función del consumo máximo diario y el número de horas de bombeo, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$QB = 1.05Qmd * \frac{24h}{N \text{ horas de bombeo al día}} \quad (6.6)$$

Donde

- QB = Caudal de bombeo
- QMD = Caudal máximo diario calculado al final de período de diseño

En ningún caso el caudal de diseño de la conducción corresponderá al caudal máximo horario.

6.1.3 Diseño del sistema de agua potable

6.1.3.1 Captación

La captación actualmente se la realiza por medio de un pozo profundo, el cual tiene una tubería de revestimiento de PCV de aproximadamente 70 m de profundidad con un diámetro de 8". Se cuenta con una bomba sumergible de 4 HP que según las especificaciones técnicas entrega 90 gal/min. Se tiene una tubería de conducción con un diámetro de 2" y aproximadamente 16 m de longitud.

En el capítulo 1 se menciona que, se tiene un reservorio de 45 m³, con esto se estimó que dicho reservorio debería llenarse en aproximadamente 2 horas y 15 minutos, sin embargo, se tiene el registro de que es llenado en aproximadamente 5 horas, es decir, que se tiene una pérdida en la eficiencia de la bomba del 63,3%.

6.1.3.2 Tratamiento

De los resultados obtenidos del análisis físico, químico y bacteriológico del agua, se observó que ningún parámetro sobrepasa el límite de acuerdo con lo que dicta

la norma, sin embargo, se encontró presencia de coliformes fecales en 2 muestras obtenidas de las viviendas, es decir, que el agua puede estar contaminándose cuando llega a la red domiciliaria. Además, existe presencia de metales, aunque sea en un rango muy bajo, se recomienda realizar un tratamiento de aireación y posterior desinfección para asegurar que el agua llegue en óptimas condiciones.

6.1.3.2.1 Aireación

Se escogerá un aireador de bandejas ya que así se podrá aprovechar la energía potencial para airear el agua adecuadamente.

Tiempo de exposición

Se asumirá 1 bandeja para el aireador con una altura $h = 0.8$ m

$$t = \sqrt{\frac{2 * h * n}{g}} = \sqrt{\frac{2 * 0.8 * 2}{9.81}} = 0.57 \text{ s} \quad (6.7)$$

Área de contacto

El caudal de diseño para los elementos de un sistema de agua potable según la norma es el consumo máximo diario más el 10%, entonces:

$$Q_{tratamiento} = QMD + 10\%QMD \quad (6.8)$$

$$Q_{tratamiento} = 0.98 \frac{l}{s} + \left(0.98 \frac{l}{s} * 0.1\right) = 1.08 \frac{l}{s} = 93.31 \frac{m^3}{día}$$

Según indica el IEOS (1993) “la carga hidráulica superficial varía entre 100 y 200 $m^3/m^2/día$ [...] y el valor escogido para el diseño se determinará mediante pruebas de campo”, pero según estudios realizados con anterioridad se ha determinado que este valor es muy bajo y se ha demostrado que se tiene valores entre 300 a 1000 $m^3/m^2/día$, por lo que se tomarán 500 $m^3/m^2/día$.

$$Carga\ superficial = \frac{Q_{tratamiento} \left[\frac{m^3}{día}\right]}{Área\ de\ contacto \left[m^2\right]} \quad (6.9)$$

$$Área\ de\ contacto = \frac{Q_{tratamiento}}{Carga\ superficial} \quad (6.10)$$

$$\text{Área de contacto} = \frac{93.31 \frac{m^3}{día}}{500 \frac{m^3}{m^2 día}} = 0.19 m^2$$

Se asumen bandejas de 50 cm de cada lado, por lo tanto:

$$A_{bandejas} = 0.5 * 0.5 = 0.25 m^2$$

Entonces el número de aireadores N requeridos es:

$$N = \frac{0.19}{0.25} = 0.76$$

Se adopta un aireador con 2 bandejas perforadas, para cada bandeja se toma una altura de 30 cm y una separación entre estas de 50 cm.

Número y diámetro de orificios

Se asume un diámetro de orificio $\emptyset = 2$ cm y un espaciamiento de $S = 5$ cm

$$N_o = \frac{L_{bandeja}}{\emptyset_{orificio} + S} \quad (6.11)$$

$$N_o = \frac{0.5}{0.02 + 0.05} = 7.14 u$$

Dado que las bandejas son cuadradas, se tendrá un total de 50 orificios.

6.1.3.2.2 Desinfección

Dependiendo de la fuente de abastecimiento se requiere una dosificación de cloro, para aguas filtrada o proveniente de pozos se tendrá una dosificación entre 0.5 a 1 ppm.

Entonces, la cantidad de cloro diaria es:

$$Q_{tratamiento} = 93.31 \frac{m^3}{día} * 1 \frac{gr}{m^3} * \frac{1kg}{1000gr} = 0.0933 kg/día$$

Considerando una concentración de hipoclorito de calcio al 70%, se tendrá:

$$Peso_{cloro} = 0.093 \frac{kg}{día} * 70\% = 0.07 \frac{kg}{día} \sim 0.1 \frac{kg}{día}$$

Se seleccionará un tanque hipoclorador de 300 lt de capacidad, este proceso se realizará durante las horas de bombeo, mientras que la dosificación se verterá a gravedad.

Una vez que el sistema este en marcha se deberá verificar el cloro residual en el punto más alejado de dicho sistema, el cual deberá ser de 0.1 mg/l a 0.5 mg/l.

6.1.3.3 Equipo de Bombeo

Se necesitará una bomba para impulsar el agua desde el tanque de desinfección hasta el tanque que está instalado a 14 m de altura.

Dado que el caudal de bombeo es $Q_b = 90 \frac{gal}{min} = 5.68 \text{ lt/s}$, se calcula el diámetro de tubería de succión:

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q_b}{\pi * V}} \quad (6.12)$$

La velocidad de flujo dentro de una tubería de succión no debe ser mayor a 1.5 m/s.

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0.00568}{\pi * 1.5}}$$

$$D = 0.069 \text{ m} \sim 70 \text{ mm}$$

Diámetro comercial adoptado $D_{nominal} = 3''$

A continuación, se calcula la velocidad real de acuerdo con el diámetro adoptado (diámetro interno = 75.6 mm)

$$V = \frac{4Q_b}{\pi D_{int}^2} \quad (6.13)$$

$$V = \frac{4 * 0.00568}{\pi (0.0756)^2}$$

$$V = 1.26 \frac{m}{s}$$

Se deberá calcular las pérdidas.

- a. Pérdida de carga en la tubería de succión

$$hf = L \left(\frac{Qb}{0.28 * C * D_{int}^{2.63}} \right)^{1.85} \quad (6.14)$$

La longitud de tubería es $L = 12.25$ m y el coeficiente de rugosidad de tubería PVC es 140, entonces:

$$hf = 12.25 * \left(\frac{0.00568}{0.28 * 140 * (0.0756)^{2.63}} \right)^{1.85}$$

$$hf = 0.34 \text{ m}$$

b. Pérdida de carga en accesorios, línea de succión

Tabla 6.3 Longitudes en accesorios de tubería

Accesorios	Cantidad [u]	Φ Int. [mm]	Long. Equiv. [m]	Long. Total [m]
Codo 90° PVC	3	75.6	2.5	7.5

$$hf = 7.5 * \left(\frac{0.00568}{0.28 * 140 * (0.0756)^{2.63}} \right)^{1.85} = 0.17 \text{ m}$$

c. Pérdida de carga en tubería de descarga, se asume el mismo diámetro de 3".

La longitud de la tubería es de

$$hf = 16.7 * \left(\frac{0.00568}{0.28 * 140 * (0.0756)^{2.63}} \right)^{1.85} = 0.38 \text{ m}$$

d. Pérdida de carga en accesorios, línea de descarga

Accesorios	Cantidad [u]	Φ Int. [mm]	Long. Equiv. [m]	Long. Total [m]
Codo 90° PVC	2	75.6	2.5	5

$$hf = 5 * \left(\frac{0.00568}{0.28 * 140 * (0.0756)^{2.63}} \right)^{1.85} = 0.06 \text{ m}$$

La altura estática es la diferencia entre la altura del punto de toma de agua hasta donde se entrega, por lo tanto, $H_s = 25.5$ m, entonces la altura dinámica es:

$$HD = H_s + \sum hf = 25.5 + (0.34 + 0.17 + 0.38 + 0.06) = 26.42 \text{ m}$$

Con estos datos se consulta en un catálogo de fabricantes de bombas y se selecciona el equipo que cumpla con las especificaciones calculadas

anteriormente. Se tomó una bomba centrífuga con una potencia de 5.5 hp con un caudal de entre 50 a 450 lt/min con motor eléctrico.

6.1.3.4 Distribución de agua potable

En el presente proyecto no se cuenta con un estudio topográfico para realizar un diseño de la red de distribución de agua potable, por lo cual, se presentará un prediseño de dicha red.

La planta de tratamiento está ubicada en el centro de la comunidad por lo cual se realizarán 2 mallas ramificadas, cada una con una cantidad diferente de nodos, como se indica:

Malla Norte: $N_{d-N} = 48 \text{ nodos}$

Malla Sur: $N_{d-S} = 63 \text{ nodos}$

Donde

N_d : número de nodos de consumo

A continuación, se realiza el siguiente cálculo para obtener caudales, diámetros y velocidades teóricas de las tuberías de la red.

6.1.3.4.1 Consumo máximo diario

El consumo máximo diario se calcula con la ecuación siguiente.

$$Cmd = \frac{Dotación * Pf}{86400} \quad (6.15)$$

$$Cmd = \frac{120 \frac{lt}{hab - dia} * 472 \text{ hab}}{86400}$$

$$Cmd = 0.66 \frac{lt}{s}$$

6.1.3.4.2 Consumo unitario por nodo de consumo

El consumo unitario por nodo se lo calcula:

$$Cu = \frac{Cmd}{N_d} \quad (6.16)$$

Malla Norte

$$Cu = \frac{0.66}{48} = 0.014 \text{ lt/s}$$

Malla Sur

$$Cu = \frac{0.66}{63} = 0.01 \text{ lt/s}$$

6.1.3.4.3 Diámetro y Velocidad en tubería

Se debe tener en cuenta que la velocidad, en ningún caso debe ser menor a 6 m/s ni mayor a 1.5 m/s. Para este cálculo se usó una matriz donde se obtendrá el diámetro teórico de la tubería que servirá para escoger un diámetro comercial, y posterior a ello se obtendrá la velocidad en los diferentes tramos de tubería de la red.

El consumo de cada tubería se obtendrá de la diferencia entre el consumo anterior y la multiplicación del número de nodos por el consumo unitario del nodo. Para el diámetro teórico se usó la siguiente ecuación:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi * V}} \quad (6.17)$$

Se asume una velocidad de 1 [m/s].

Para la velocidad se usará la ecuación de la continuidad:

$$Q = A * V \quad (6.18)$$

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} * V \quad (6.19)$$

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2} \quad (6.20)$$

Tabla 6.4 Distribución de Malla Sur

Tubería	#Nodos	CMD [lt/s]	Diámetro Teórico [m]	Diámetro Nominal [mm]	Espesor [mm]	Diámetro Interior [mm]	Velocidad [m/s]
T1	0	0.66	0.029	48	2.3	43.4	0.6
T2-S	0	0.66	0.029	48	2.3	43.4	0.6
T3-S	3	0.63	0.028	33	1.8	29.4	0.93
T4-S	3	0.6	0.028	33	1.8	29.4	0.88
T5-S	3	0.57	0.027	33	1.8	29.4	0.84
T6-S	3	0.54	0.026	33	1.8	29.4	0.8
T7-S	3	0.51	0.025	33	1.8	29.4	0.75
T8-S	5	0.46	0.024	33	1.8	29.4	0.68
T9-S	2	0.44	0.024	33	1.8	29.4	0.65
T10-S	4	0.4	0.023	33	1.8	29.4	0.6
T11-S	6	0.34	0.021	26.5	1.8	22.9	0.83
T12-S	8	0.26	0.018	26.5	1.8	22.9	0.63
T13-S	6	0.2	0.016	26.5	1.8	22.9	0.6
T14-S	3	0.17	0.015	26.5	1.8	22.9	0.6
T15-S	2	0.15	0.014	26.5	1.8	22.9	0.6
T16-S	5	0.1	0.011	26.5	1.8	22.9	0.6
T17-S	4	0.06	0.009	26.5	1.8	22.9	0.6
T18-S	1	0.01	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T19-S	1	0.01	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T20-S	1	0.01	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T21-S	1	0.01	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T22-S	2	0.02	0.005	26.5	1.8	22.9	0.6
T23-S	1	0.01	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T24-S	1	0.01	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T25-S	1	0.01	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T26-S	1	0.01	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T27-S	1	0.01	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T28-S	3	0.03	0.006	26.5	1.8	22.9	0.6
T29-S	2	0.02	0.005	26.5	1.8	22.9	0.6
T30-S	1	0.01	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T31-S	1	0.01	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T32-S	1	0.01	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T33-S	3	0.03	0.006	26.5	1.8	22.9	0.6

T34-S	2	0.02	0.005	26.5	1.8	22.9	0.6
T35-S	1	0.01	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T36-S	4	0.04	0.007	26.5	1.8	22.9	0.6
T37-S	3	0.03	0.006	26.5	1.8	22.9	0.6
T38-S	2	0.02	0.005	26.5	1.8	22.9	0.6
T39-S	1	0.01	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T40-S	1	0.01	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T41-S	5	0.05	0.008	26.5	1.8	22.9	0.6
T42-S	4	0.04	0.007	26.5	1.8	22.9	0.6
T43-S	3	0.03	0.006	26.5	1.8	22.9	0.6
T44-S	2	0.02	0.005	26.5	1.8	22.9	0.6
T45-S	1	0.01	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T46-S	2	0.02	0.005	26.5	1.8	22.9	0.6
T47-S	1	0.01	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T48-S	4	0.04	0.007	26.5	1.8	22.9	0.6
T49-S	3	0.03	0.006	26.5	1.8	22.9	0.6
T50-S	2	0.02	0.005	26.5	1.8	22.9	0.6
T51-S	1	0.01	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T52-S	1	0.01	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T53-S	1	0.01	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T54-S	1	0.01	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T55-S	1	0.01	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T56-S	1	0.01	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T57-S	3	0.03	0.006	26.5	1.8	22.9	0.6
T58-S	2	0.02	0.005	26.5	1.8	22.9	0.6
T59-S	1	0.01	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T60-S	1	0.01	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T61-S	2	0.02	0.005	26.5	1.8	22.9	0.6
T62-S	1	0.01	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T63-S	1	0.01	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T64-S	1	0.01	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6

Tabla 6.5 Distribución de Malla Norte

Tubería	#Nodos	CMD [l/s]	Diámetro Teórico [m]	Diámetro Nominal [mm]	Espesor [mm]	Diámetro Interior [mm]	Velocidad [m/s]
T1	0	0.66	0.029	48	2.3	43.4	0.6
T2-N	0	0.66	0.029	48	2.3	43.4	0.6
T3-N	3	0.618	0.028	33	1.8	29.4	0.91
T4-N	4	0.562	0.027	33	1.8	29.4	0.83
T5-N	3	0.52	0.026	33	1.8	29.4	0.77
T6-N	2	0.492	0.025	33	1.8	29.4	0.72
T7-N	3	0.45	0.024	33	1.8	29.4	0.66
T8-N	2	0.422	0.023	33	1.8	29.4	0.62
T9-N	2	0.394	0.022	33	1.8	29.4	0.6
T10-N	2	0.366	0.022	33	1.8	29.4	0.6
T11-N	2	0.338	0.021	33	1.8	29.4	0.6
T12-N	3	0.296	0.019	33	1.8	29.4	0.6
T13-N	3	0.254	0.018	26.5	1.8	22.9	0.62
T14-N	2	0.226	0.017	26.5	1.8	22.9	0.6
T15-N	2	0.198	0.016	26.5	1.8	22.9	0.6
T16-N	3	0.156	0.014	26.5	1.8	22.9	0.6
T17-N	3	0.114	0.012	26.5	1.8	22.9	0.6
T18-N	3	0.072	0.01	26.5	1.8	22.9	0.6
T19-N	2	0.044	0.007	26.5	1.8	22.9	0.6
T20-N	1	0.014	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T21-N	1	0.014	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T22-N	2	0.028	0.006	26.5	1.8	22.9	0.6
T23-N	1	0.014	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T24-N	1	0.014	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T25-N	1	0.014	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T26-N	1	0.014	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T27-N	1	0.014	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T28-N	1	0.014	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T29-N	1	0.014	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T30-N	1	0.014	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T31-N	1	0.014	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T32-N	1	0.014	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T34-N	1	0.014	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6

T35-N	1	0.014	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T36-N	1	0.014	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T37-N	1	0.014	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T38-N	1	0.014	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
Y38-N	1	0.014	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T39-N	1	0.014	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T40-N	1	0.014	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T41-N	1	0.014	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T42-N	1	0.014	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T43-N	1	0.014	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T44-N	1	0.014	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T45-N	1	0.014	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T46-N	1	0.014	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T47-N	2	0.028	0.006	26.5	1.8	22.9	0.6
T48-N	1	0.014	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6
T49-N	1	0.014	0.004	26.5	1.8	22.9	0.6

Se tendrán tuberías con los siguientes diámetros: $\frac{3}{4}$ ", $1 \frac{1}{4}$ " y $1 \frac{3}{4}$ ".

Véase en el Anexo C la implantación de las redes de distribución.

6.2 Especificaciones técnicas

6.2.1 Limpieza y Desbroce

Descripción

Se trata de la remoción y desalojo de vegetación existente; al igual que la remoción y desalojo de la capa vegetal, escombros y otros materiales extraños en un espesor promedio de 20 cm, que afecten el área de construcción del proyecto.

Procedimiento de trabajo

- Se realizará con las herramientas y equipo especificados en el análisis de precios unitarios, el área a ser limpiada será la definida en el proyecto o la autorizada por la fiscalización, incluye la remoción de la capa vegetal superficial y escombros o túmulos de tierra pequeños, que permita la ejecución de los trabajos preliminares de construcción.

- Todo material resultado de la limpieza el contratista deberá desalojar hacia los lugares autorizados legalmente como botaderos de escombros; lo que estará sujeto a la calificación por parte de la fiscalización.

Medición y pago

Se medirá al centésimo y se cuantificará en metros cuadrados (m²) efectivamente realizados y aceptados por el fiscalizador, estos precios y pagos constituirán la compensación total por la limpieza del terreno y la eliminación de la capa vegetal, así como herramientas y operaciones necesarias para la ejecución de los trabajos descritos en este rubro.

Las cantidades medidas en la forma indicada en el numeral anterior se pagarán a los precios unitarios especificados para el rubro abajo designado y que consten en el contrato.

Tabla 6.6 Detalle de rubro 1.1

Rubro	Detalle	Unidad de Medición
1.1.	Limpieza y desbroce del terreno	m ²

6.2.2 Trazado y replanteo

Descripción

Es el trazado de precisión del proyecto en el terreno, incluyendo los ejes estructurales, trasladando los datos de los planos al terreno y marcándolos adecuadamente, tomando en consideración la base para las medidas, como paso previo a la construcción del proyecto, ubicando todos los ejes y niveles, en base a los planos de obra aprobados por medio del uso de estación total, como paso previo a la construcción. Incluye la instalación de señales provisionales o definitivas como estacas y referencias, con la identificación y señalización adecuada, así como su reposición cuando sea necesario, hasta la ejecución y recepción de los trabajos o lo que indique la fiscalización.

Materiales

- Estacas

- Piola.

Equipo mínimo

- Herramienta menor
- Estación total

Procedimiento de trabajo

- Los trabajos deben ser ejecutados por personal capacitado y con el equipo de precisión, tales como estación total, cinta, etc., dentro de las tolerancias aceptadas en Topografía. La información topográfica se registrará en el libro de topografía. Los cálculos, croquis, comprobaciones y referencias deben registrarse en el libro de topografía en concordancia con los planos de real ejecución.
- Además, se realizará en el terreno el replanteo de todas las intersecciones de los ejes estructurales contenidos en los planos, así como su nivelación, los que deberán realizarse con aparatos de precisión como teodolitos, niveles o estación total. Se colocarán los hitos de ejes y bancos de nivel, los mismos que no serán removidos durante el proceso de construcción, y serán comprobados por fiscalización.

Ensayos y tolerancias

Se aplicarán las tolerancias que rigen para topografía y según los equipos utilizados, en general se considerarán: treinta segundos por ángulo medido, un centímetro por cintada y +/- un milímetro por lectura en nivelación.

Medición y pago

Se medirá al centésimo, exclusivamente se realizará entre ejes y a nivel de cimentación, y se cuantificará en metros cuadrados efectivamente realizados y aceptados por el Fiscalizador, estos precios y pagos constituirán la compensación total por el replanteo y nivelación, así como equipo, herramientas y demás operaciones conexas necesarias para la ejecución de los trabajos descritos en este rubro.

Las cantidades medidas en la forma indicada en el numeral anterior se pagarán a los precios unitarios especificados para el rubro abajo designado y que consten en el contrato.

Tabla 6.7 Detalle de rubro 1.2

Rubro	Detalle	Unidad de Medición
1.2.	Trazado y replanteo	m ²

6.2.3 Contrapiso de Hormigón Armado, e = 20 cm

Descripción

Son todas las actividades necesarias para la elaboración de una base compuesta por: piedra, material granular, polietileno, y hormigón simple; los mismos que serán colocados sobre el terreno previamente compactado. El contrapiso tendrá un espesor de 20 cm, con una malla de diámetro 6mm cada 15 cm.

El uso del polietileno reprocesado sirve para la impermeabilización y protección de los contrapisos de una edificación en contacto con el suelo. El objetivo es el de proteger de filtraciones de humedad, provenientes del suelo inferior a los contrapisos de hormigón y de los pisos de acabado colocados sobre el mismo.

Equipo mínimo

- Herramienta menor
- Compactadora mecánica
- Concretera.

Materiales mínimos

- Malla
- Cemento tipo I
- Piedra 3/4"
- Arena
- Agua
- Curador químico

Los mismos que cumplirán con las especificaciones técnicas de los materiales utilizados.

Procedimiento de trabajo

- Realizar la revisión de los planos y detalles del proyecto.
- Verificación de la piedra a utilizar, aprobada por fiscalización.
- Control de niveles, pendientes, alineaciones y superficie acorde con las especificaciones del proyecto.
- Sistemas de drenaje e instalaciones bajo suelo terminados.
- Control de la colocación uniforme de la piedra y relleno, de los espacios entre las piedras. Verificación de la correcta colocación del polietileno sobre la piedra y su respectivo relleno.
- Colocación del hormigón simple de 280 kg/cm², control de calidad para obtener esta resistencia.
- El contratista procederá con la nivelación y compactación mecánica del suelo, a manera de subrasante, para iniciar la colocación de la piedra, asegurándola en el suelo, mediante la utilización del combo, distribuyéndolas uniformemente y juntando unas a otras, impidiendo juntas o aberturas mayores a 20 mm entre piedras. Terminada la colocación de las piedras y verificada su nivelación, procederá a distribuir el material granular hidratado, rellenando con el mismo las juntas de las piedras, para terminar con una compactación mecánica de toda el área empedrada, logrando una superficie uniforme, nivelada, con una tolerancia de +/- 10 mm. y propicia para recibir el sistema de impermeabilización (en este caso el uso del polietileno), o el hormigón de contrapiso, luego de obtener toda esta secuencia, se tiene la superficie lista para que reciba el hormigón simple de 180 kg/cm².
- La superficie quedara lo suficientemente nivelada para recibir la cerámica u otro material, sin necesidad de masilla el piso.
- Fiscalización aprobará o rechazará la entrega del rubro concluido, así como las tolerancias y condiciones en las que se realiza dicha entrega.

Medición y pago

La medición se la hará en unidad de área y su pago será por metro cuadrado, en base de una medición ejecutada en el sitio. El pago se lo realizará al precio unitario establecido en el contrato respectivo.

Tabla 6.8 Detalle de rubro 2.1

Rubro	Detalle	Unidad de Medición
2.1	Contrapiso de Hormigón Simple, e = 20 cm	m ²

6.2.4 Montaje de Planta Prefabricada de AAPP y mejora en captación

Descripción

Son todas las actividades necesarias para la colocación de la planta prefabricada, la cual será colocada y puesta en marcha por el proveedor. Además de la mejora en los accesorios de la captación.

Procedimiento de trabajo

- El proveedor tendrá que revisar con el contratista los planos para la correcta colocación de la planta y confirmar la ejecución de dicho proceso con la fiscalización.

Medición y pago

La medición se la hará de forma global, por lo tanto, el pago se lo realizará al precio total establecido en el contrato respectivo.

Tabla 6.9 Detalle de rubro 2.2

Rubro	Detalle	Unidad de Medición
2.2	Montaje de Planta Prefabricada de AAPP y mejora en captación	Global

6.2.5 Accesorios

Descripción

Son todos los accesorios que se requieran para la colocación de la planta prefabricada, la cual será colocada y puesta en marcha por el proveedor.

Procedimiento de trabajo

- El proveedor tendrá que revisar con el contratista los planos para la correcta colocación de dichos accesorios y confirmar la ejecución de dicho proceso con la fiscalización.

Medición y pago

La medición se la hará de forma global, por lo tanto, el pago se lo realizará al precio total establecido en el contrato respectivo.

Tabla 6.10 Detalle de rubro 2.3

Rubro	Detalle	Unidad de Medición
2.3	Accesorios	Global

6.2.6 Excavación a máquina y Desalojo

Descripción

La excavación consiste en remover y quitar la tierra u otros materiales según las indicaciones de planos estructurales y de detalle. Conformar espacios menores para alojar cimentaciones, hormigones y secciones correspondientes a sistemas eléctricos, hidráulicos o sanitarios, o cualquier otra actividad, según planos del proyecto e indicaciones de fiscalización.

El desalojo del material que produce la excavación, así los lugares que rodeen las obras muestren un aspecto de orden y de limpieza satisfactoria al contratante.

Por ningún motivo el excedente del material desalojado será arrojado a cauces naturales, estos serán almacenados en sitios previamente identificados en la evaluación de impactos ambientales de acuerdo lo disponga el fiscalizador.

Equipo mínimo

- Herramienta menor
- Volqueta de 8 m³
- Retroexcavadora de 75 HP.

Procedimiento de trabajo.

- Deberá determinarse el trazado de las excavaciones que deben efectuar, de acuerdo con los datos del proyecto, fijando y trazando cotas, niveles y pendientes. El trabajo final de excavación se realizará con la menor anticipación posible, con el fin de evitar que el terreno se debilite o altere por la intemperie. Ninguna excavación se podrá efectuar en presencia de agua, cualquiera que sea su procedencia.
- El desalojo del material se lo realizará de acuerdo con lo que estipule la autoridad competente y el Ministerio de Ambiente.

Medición y pago

La medición se la realizará por metros cúbicos medidos según las dimensiones establecidas en el proyecto. El pago se lo realizará al precio unitario establecido en el contrato respectivo.

Tabla 6.11 Detalle de rubro 3.1

Rubro	Detalle	Unidad de Medición
3.1	Excavación a máquina y Desalojo	m ³

6.2.7 Replanteo de Hormigón Simple

Descripción

Constituye una capa hormigón simple, generalmente de baja resistencia, utilizado como la base de apoyo de elementos estructurales sobre suelo y para evitar el contacto de las armaduras con éste, que no requiere el uso de encofrados. El objetivo es la construcción de replanteos de hormigón de 5 cm de espesor especificados en planos estructurales, documentos del proyecto o indicaciones de fiscalización. Incluye el proceso de fabricación y vertido en el sitio.

Equipo mínimo

- Herramienta menor
- Concretera

Materiales mínimos

- Cemento
- Rea

- Agua
- Piedra
- Encofrado
- Curador químico

Procedimiento de trabajo

- Como requerimientos previos las superficies de tierra, subbase o suelo mejorado deberán ser compactadas y estar totalmente secas.
- Excavaciones terminadas y limpias, sin tierra en los costados superiores.
- Niveles y cotas de fundación determinados en los planos del proyecto.
- La fiscalización indicará que se puede iniciar con el hormigonado.
- El hormigón simple tendrá una resistencia de 140 kg/cm² a los 28 días.

Medición y pago

La medición se la realizará por metros cúbicos medidos según las dimensiones establecidas en el proyecto. El pago se lo realizará al precio unitario establecido en el contrato respectivo.

Tabla 6.12 Detalle de rubro 3.2

Rubro	Detalle	Unidad de Medición
3.2	Replanteo de HS	m ³

6.2.8 Relleno compactado

Descripción

Este trabajo consistirá en el relleno con una capa de cascajo mediano y fino, debidamente terminada y de acuerdo con los requerimientos y las instrucciones del Fiscalizador.

Materiales y equipo

- Agua
- Cascajo mediano y fino
- Retroexcavadora 75 H
- Compactador

Procedimiento de trabajo

- Se hará una base de relleno compactado con cascajo mediano y fino de 10 cm de espesor. La compactación y fijación se llevará a cabo de inmediato, utilizando un compactador, iniciando el trabajo en los costados y desplazándose hacia el centro, mientras se mantiene húmeda la superficie.

Medición y Pago

Las cantidades a pagarse por la ejecución de este rubro serán los metros cúbicos debidamente ejecutados y aceptados.

Las cantidades determinadas en la forma indicada anteriormente se pagarán a los precios contractuales para los rubros abajo designados y que consten en el contrato.

Tabla 6.13 Detalle de Rubro 3.3

Rubro	Detalle	Unidad de Medición
3.3	Relleno compactado	m ³

6.2.9 Transporte e instalación de tubería

Descripción

Para la Instalación de esta tubería es necesario que la excavación este bien realizada sin que exista ningún tipo de roca que permita que esta se deforme. La zanja debe estar seca de tal manera que el nivel freático no impida la su colocación. Luego de estar instalada esta debe colocarse un colchón de arena, luego revisar nuevamente los niveles y comprobar que esta no presenta ninguna deformación, después se procede a recubrirla de arena 10 cm por encima del lomo.

Medición y pago

La unidad de medida de este rubro se refiere al transporte e instalación de las tuberías, cuantificadas en metros lineales, es decir, que la medición de la instalación de este se hará de acuerdo con la cantidad de metros lineales del rubro.

Tabla 6.14 Detalle de rubro 3.4

Rubro	Detalle	Unidad de Medición
3.4	Transporte e instalación de tubería	m

6.2.10 Pruebas hidrostáticas

Descripción

Consiste en comprobar las pérdidas habidas durante un tiempo determinado en una tubería llena de agua, con una determinada presión. El objeto de estas pruebas es la comprobación del correcto montaje de la tubería, válvulas y accesorios en obra.

Especificación

Toda la red se probará a 100 psi., y se dejará a esa presión durante cuatro horas sin que se presente una baja en la lectura del manómetro del equipo de prueba. Si se presentan escapes deberán repararse apretando la unión o repitiéndola. Una vez reparados los escapes, debe volverse a dar presión a la red.

Procedimientos de trabajo

- El Contratista debe efectuar todas las pruebas en presencia del fiscalizador.
- El Contratista proveerá la totalidad del equipo humano y mecánico necesario para efectuar las pruebas sin entorpecer el ritmo de la obra, para asegurar el flujo no restringido y la eliminación de bolsas de aire.

Medición y pago

La unidad de medida de este rubro se refiere a las pruebas hidrostáticas cuantificadas en metro lineal realizadas, es decir, que la medición de la instalación de este y su cancelación se hará de acuerdo con la cantidad de metros lineales del rubro.

Tabla 6.15 Detalle de rubro 4.1

Rubro	Detalle	Unidad de Medición
4.1	Pruebas hidrostáticas	m

CAPÍTULO 7

7. PRESUPUESTO

7.1 Descripción de rubros

Se realizó un presupuesto referencial del proyecto a fin de que sea aprobado por el sistema público para su implementación, el cual contempla la construcción del sistema de tratamiento de agua potable.

Para el caso de estudio se consideraron los siguientes rubros, desglosados en la siguiente tabla:

Tabla 7.1 Descripción de rubros asociados al proyecto.

Rubro		Descripción
Preparación del terreno		
1	Limpieza y desbroce de terreno	Dado que el terreno donde se ubicará la obra ya ha sido intervenido, se plantea simplemente la limpieza de este.
2	Trazado y replanteo	Se necesitará construir un contrapiso por lo cual se deberá realizar un trazado de este.
Planta de tratamiento		
3	Contrapiso de Hormigón Armado, e = 20 cm	Se necesita construir un contrapiso de 20 cm de espesor para la colocación de la planta prefabricada.
4	Montaje de Planta Prefabricada de AAPP + Mejora de captación	Se colocará una planta prefabricada para el sistema de tratamiento, además de una mejora de accesorios en la zona de captación. Este rubro se lo toma de forma global.
5	Accesorios	Se necesitarán accesorios para los cambios en las direcciones de tubería. Este rubro se lo toma de forma global.
Sistema de redes de distribución		
6	Excavación a máquina y Desalojo	Se necesita colocar una red de distribución de agua por lo cual, se debe realizar una excavación a máquina de 2 m de profundidad. El material de excavación que no se use para fines de relleno,

		deberá ser llevado a un botadero de materiales o donde lo disponga la autoridad competente.
7	Replantillo de Hormigón Simple	El área donde irá asentada la red de distribución necesitará un Replantillo de 10 cm
8	Relleno compactado	Se deberá colocar un relleno compacto de 20 cm de espesor en la zona donde será colocada la red de distribución.
9	Transporte e instalación de tubería	Se deberá trasladar hasta las tuberías para la red de distribución de agua potable
Pruebas hidrostáticas		
10	Pruebas hidrostáticas de tuberías	Se deben realizar pruebas hidrostáticas a los tramos de tubería que van desde la planta hasta el reservorio y en toda la red de distribución.

7.2 Análisis de costos unitarios

Se realiza un análisis de costos unitarios con el fin de determinar el costo de la obra, por medio de la estimación de los rubros de esta. El precio unitario está compuesto por los costos directos que son mano de obra, materiales, equipo y transporte; y por los costos indirectos que son la suma de gastos administrativos, técnicos, financieros y legales.

En el Anexo D se detallan los resultados del presupuesto elaborado, las actividades, valores y rubros de los APUs.

7.3 Descripción de cantidades de obra

Las cantidades de obra se las obtiene de la memoria técnica del proyecto, y se desglosan en la tabla 7.2.

Tabla 7.2. Cantidades de obra

Detalle	Rubro	Cantidad
Limpieza y desbroce del terreno	1.1	140 m ²
Trazado y replanteo	1.2	75 m ²
Contrapiso de Hormigón Simple, e = 20 cm	2.1	75 m ²
Montaje de Planta Prefabricada de AAPP + Mejora de captación	2.2	Global

Accesorios	2.3	Global
Excavación a máquina	3.1	6000 m ³
Replanteo de H.S.	3.2	150 m ³
Relleno Compacto	3.3	300 m ³
Transporte e instalación de tubería	3.4	2040 m
Pruebas Hidrostáticas	4.1	2040 m

7.4 Valoración integral del costo del proyecto incluyendo las medidas de prevención y mitigación del impacto ambiental

Tabla 7.3 Factores ambientales de las actividades desarrolladas durante la obra.

Actividad	Factor (socioeconómico /suelo /biodiversidad /aire /paisaje /acústico /fauna /flora /social)	Impacto
Montaje de Planta Prefabricada de AAPP + Mejora de captación	Social	Vía principal cerrada por la colocación de la planta prefabricada
Excavación a máquina hasta 2m de profundidad	Social	Afectación transitoria a vías de acceso
	Ruido	Trabajo de maquinaria
	Aire	Generación de polvo
Replanteo de HS	Social	Afectación transitoria a vías de acceso
	Ruido	Trabajo de maquinaria
	Aire	Generación de polvo
Relleno compactado	Social	Afectación transitoria a vías de acceso
	Ruido	Trabajo de maquinaria
	Aire	Generación de polvo
Transporte e instalación de tubería	Suelo	Movimiento de suelo
Pruebas hidrostáticas de tuberías	Social	Corte temporal de agua

Plan de manejo ambiental

Tabla 7.4 Presupuesto para plan de manejo ambiental para el proyecto

Actividad	Responsable	Justificativo	Frecuencia	Presupuesto
Construcción				
Mantener en orden y limpia la obra	Contratista	Registro fotográfico	1 Semanal	\$ 500.00.
Mantenimiento de maquinaria deberá se efectuado en talleres autorizados	Contratista	Registro fotográfico	1 Semanal	\$ 1200.00
Abastecimiento de combustible deberá realizarse en Estaciones de Servicio	Contratista	Guías de remisión de combustible, Registro fotográfico	1 Semanal	\$ 800.00
Respetar y mantener horarios de trabajo	Contratista	Libro de obra	1 Diario	Costo aplicado en el proyecto
Operación				
Implementar un registro que controle la operación del sistema. Hoja de control en el que se indique datos de características del afluente y efluente	Operador	Hoja de control afluente y efluente	1 Diario	Costo aplicado en el proyecto
Dar mantenimiento a los equipos del sistema cuando sea necesario	Operador	Registros de mantenimiento	1 Trimestral	\$ 5000.00

Plan de manejo de desechos

Tabla 7.5 Presupuesto para plan de manejo de desechos

Actividad	Responsable	Justificativo	Frecuencia	Presupuesto
Construcción				
Manejo de residuos o vertidos accidentales de químicos.	Contratista	Registro fotográfico	1 Semanal	\$ 800.00
Operación				
Manejo de los lodos residuales/deshidratados	Operador	Registro fotográfico	1 Semanal	\$ 800.00

Plan de manejo y capacitación

Tabla 7.6 Presupuesto para plan de manejo y capacitación de proyecto

Actividad	Responsable	Justificativo	Frecuencia	Presupuesto
Construcción				
Capacitar al personal en el uso de EPPs de acuerdo con la actividad que realicen	Contratista	Registro de asistencia a capacitación. Registro fotográfico	2 Trimestral	\$ 500.00
Capacitar al personal, previo a sus labores con los temas de seguridad industrial y en el Plan de Manejo Ambiental	Contratista	Registro de asistencia a capacitación. Registro fotográfico	2 Trimestral	\$ 1500.00
Operación				
Capacitar al personal, previo a iniciar sus labores, con los temas: seguridad industrial y en el Plan de Manejo Ambiental	Contratista Operador	Registro de asistencia a capacitación. Registro fotográfico	2 Trimestral	\$ 1000.00

7.5 Cronograma valorado

DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL RCTO. SAN CAYETANO DE HAMPTON

El Empalme, Guayas, Ecuador

29/1/2021

CRONOGRAMA VALORADO			Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5						
			Semana				Semana				Semana				Semana				Semana						
			Precio Total		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1.	Preparación del terreno	\$	159.50																						
1.1	Limpieza de Terreno	\$	56.00																						
1.2.	Trazado y replanteo	\$	103.50																						
2.	Planta de Tratamiento	\$	12,855.00																						
2.1	Contrapiso de HA f 'c= 280 Kgs/cm2, e = 20 cm	\$	2,055.00																						
2.2	Montaje de Planta Prefabricada de AAPP + mejora en captación	\$	10,000.00																						
2.3	Accesorios	\$	800.00																						
3.	Sistema de redes de distribución	\$	243,128.80																						
3.1	Excavación a máquina y desalojo	\$	119,640.00																						
3.2	Replanteo de HS	\$	50,292.00																						
3.3	Relleno compactado	\$	6,456.00																						
3.4	Transporte e instalación de tubería	\$	66,740.80																						
4.	Pruebas Hidrostáticas	\$	10,706.00																						
4.1	Pruebas hidrostáticas de tuberías	\$	10,706.00																						
Total			\$	256,143.30																					

CAPÍTULO 8

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Para poder ofrecer una solución a la problemática planteada en este proyecto, la misma que se encuentra enunciada en el capítulo 1 en la sección 1.4, se realizó un estudio del sistema de abastecimiento y distribución del Recinto San Cayetano de Hampton para poder encontrar un tratamiento para ofrecer agua potable, de tal manera que se pueda adaptar a las características que se necesiten puesto que, por lo general, el agua de fuentes subterráneas sufre alteraciones en función al uso de suelo que se le dé al terreno circundante al acuífero.

Según la caracterización del agua originaria del pozo de agua del recinto San Cayetano de Hampton, se tienen mínimos vestigios de cobre, sulfatos y nitratos, tal como se presenta en el Capítulo 3 en la sección 3.2.2, este resultado se podría relacionar con la actividad principal de la comunidad, la agricultura, puesto que usan diferentes químicos para tratar a los cultivos. También se encontró, en aguas receptadas en viviendas de la comunidad, existencia de coliformes, ante este resultado se descarta contaminación de la fuente puesto que el agua estudiada no presentó este comportamiento, por lo que se puede inferir contaminación del sistema de distribución.

Considerando los resultados obtenidos, se estableció que el sistema óptimo sería una planta prefabricada o también conocida como planta paquete, puesto que no se necesita un sistema convencional completo para poder satisfacer las normas de calidad establecidas por la normativa INEN 1108:2006 para lograr un abastecimiento de agua potable para los moradores del recinto. La planta prefabricada presenta como ventaja la selección de procesos necesarios, para este caso, se establece un sistema de aireación, para eliminar cualquier tipo de agente químico presente; y de desinfección, para procurar suprimir coliformes y otro tipo de contaminaciones en el sistema de distribución.

La población favorecida en base a la proyección poblacional a partir de los datos proporcionados en el PDyOT cantonal, será de 472 habitantes, con un periodo de vida útil de 20 años, esto considerando también que el pozo ya tiene 5 años en funcionamiento.

El sistema de tratamiento tendrá un caudal de bombeo de 5.68 lt/s y se compondrá de un aireador con dos bandejas perforadas, los cuales tendrán una altura de 30 cm y estarán separadas a 50 cm, las perforaciones tendrán Ø2cm espaciados a 5cm, alcanzando así los 50 orificios por rejilla. Considerando el caudal de bombeo y que se debe llenar un tanque de almacenamiento situado a 14 metros de altura, se obtuvo que el equipo de bombeo debe tener una potencia de 5.5hp con capacidad de caudales entre 50 a 450 lt/min y este tendrá un motor eléctrico.

Este sistema de tratamiento de agua potable presenta muchas ventajas en cuanto a la implantación, puesto que es rápida y el costo de obra, el cual representa un costo menor en comparación a un sistema convencional completo, también se puede adaptar al espacio y al tamaño de la población.

Además, el empleo de este tipo de sistemas específicos de tratamiento permite una disminución de residuos sólidos que puedan contaminar el ecosistema circundante puesto que la infraestructura sanitaria de las zonas rurales no es lo suficientemente desarrollada como para dar una gestión de residuos sólidos adecuada.

La implantación del sistema de tratamiento propuesto en este proyecto resulta ajustable para diferentes comunidades solventando así una problemática de las zonas rurales del país y permitiendo alcanzar los objetivos de sostenibilidad como fin de la pobreza, salud y bienestar, agua limpia y saneamiento, reducción de desigualdades, ciudades y comunidades sostenibles, producción y consumo responsables, acción por el clima y vida de ecosistemas terrestres, siendo 8 objetivos de los 17 en total.

La nueva red de distribución tendrá 2 ramificaciones abiertas, cada uno tendrá una extensión de 2 km, es decir, un total de 4 km de red. Las ramificaciones se clasificarán entre ramal norte y ramal sur con 48 nodos y 63 nodos respectivamente, donde se tendrán tuberías con diámetros de $\frac{3}{4}$ ", $1 \frac{1}{4}$ " y $1 \frac{3}{4}$ ". Con una nueva red de distribución de agua potable se podrá servir a la comunidad de agua segura,

con el caudal y presiones adecuadas según recomienda la norma, esto asegurará una mejora en las condiciones de salud de la zona y además de generará empleo para la operación del sistema de abastecimiento de agua.

Este proyecto se puede ofertar en \$256,143.30, presupuesto que se puede visualizar en el Capítulo 7, alcanzando una rápida implantación como se puede observar en la tabla 7.6 a partir del cronograma valorado, donde se puede observar que la obra tiene una duración aproximada de cuatro meses y tres semanas.

Recomendaciones

Se recomienda realizar estudios de caracterización del agua de forma periódica para identificar posibles contaminaciones y estas puedan ser tratadas a tiempo por una persona especializada.

Un dato importante y fundamental que se debe recordar es que el bombeo de agua subterránea genera conos de depresión, los cuales generarán un descenso del nivel freático del acuífero alcanzando también todas las fuentes de agua circundantes, subterráneas y superficiales (Bushnell & Urbina, 2015). Es decir, la sobreexplotación de los pozos de agua genera afecciones severas en el ecosistema, provocando su defunción, esto se debe a la poca información y a la falta de tecnicismo al manipularlos.

Por esto se recomienda que para el sistema de San Cayetano de Hampton se realice un estudio sobre oferta hídrica de la fuente de abastecimiento, esto se debe a que de esta forma se podrá definir el periodo de vida útil con un nivel de confianza mayor y así evaluar la apertura de otro pozo con antelación y evitar el desabastecimiento cuando el actual pozo cumpla su serviciabilidad para la población, además de provocar la ausencia de este recurso con la posibilidad de que el daño sea permanente.

Se recomienda también realizar una socialización del proyecto y de las consecuencias que pueden incurrir por la sobreexplotación del recurso agua, para de esta manera se tenga una concientización y cuiden los consumos realizados, además de poder convocar personas para que puedan hacerse cargo de la operación y mantenimiento de la planta previo a una capacitación que pueda prepararlos para las actividades correspondientes.

Los mantenimientos de la planta de tratamiento deben ser programados y reportados para controlar su correcto funcionamiento y evitar daños en el sistema o malos manejos que se deriven en la contaminación del agua que se servirá a la comunidad.

Como se estableció en el plan de manejo de la planta, se recomienda el uso de equipo de protección personal con la finalidad de evitar accidentes durante la operación de la planta, además se recomienda también realizar capacitaciones periódicas a los operadores para asegurar la buena manipulación de los equipos y aditivos.

Debido a los cortes de energía que se tienen dentro de la localidad, se recomienda tener un sistema de abastecimiento de energía para contingencias puesto que la ausencia de este recurso puede limitar el funcionamiento de la planta de potabilización y la distribución del agua potable, este sistema de abastecimiento de agua puede ser a través de energía solar captada a través de paneles esto con el fin de evitar el consumo de gasolina y otros combustibles cuyo uso genere daños al ambiente además de los costos que se relacionarían a su obtención.

Dado que el diseño de la red de distribución es solo un planteamiento inicial, se recomienda realizar un estudio topográfico para verificar si se cumplen con las presiones y caudales que recomienda la norma. Además, se debe verificar los límites de cloro residual al final de tramo de la red.

Se encontró que la bomba sumergible actual tiene un déficit de eficiencia de un 63%, por lo que se recomienda reemplazar dicha bomba por una nueva con las mismas especificaciones técnicas.

Si se desea aplicar esta metodología de tratamiento de agua potable para otras localidades, se recomienda realizar una caracterización del agua para asegurarse que se estén tratando los parámetros correctos, si en algún caso se debe realizar remoción de sólidos por medio de coagulación y floculación se recomienda también utilizar coagulantes naturales, como se mencionó antes en el documento, los coagulantes naturales representan un bajo costo de producción, generan lodos artificiales que son mucho más fáciles de tratar, además de que son muy buenos eliminando sustancias patógenas, además, su uso es recomendable para

tratamiento de aguas con baja turbidez, es decir, sería ideal usarlo para aguas subterráneas puesto que las turbideces representativas se encuentran por debajo de los 1 NTU.

BIBLIOGRAFÍA

- 3M-Microbiology. (2007). *Placas Petrifilm Staph Express*. 69, 6.
- Amirtharajah, A., & Jones, S. C. (2004). Drinking water treatment. *The Engineering Handbook, Second Edition*, 88-1-88–89.
- Arocha Ravelo, S. (1977). *Teoría y diseño del abastecimiento de agua*.
- Avila, A. (2015). *Optimización de la planta de tratamiento de agua potable de Baños de Agua Santa*.
- Bruni, M., & Spuhler, D. (2018). Sustainable Sanitation and Water Management (SSWM) Toolbox.
- Bushnell, D. S., & Urbina, D. (2015). *Water Matters! 2015*.
- Falkenmark, M. (2003). Water cycle and people: water for feeding humanity. *Land Use and Water Resources Research*, 3(2003), 1–4.
- GAD de El Empalme. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*.
- Hernandez, E., & Corredor, C. (2017). Diseño construcción de una planta modelo de tratamiento para la potabilización de agua, se dispondrá en el laboratorio de aguas de la Universidad Católica de Colombia. Universidad Católica de Colombia.
- Litalien, D., Guay, F., Geoffrion, S., Giguère, C.-É., Fortin, M., Fortin, C., ... Robette, N. (2009). Evaluación del proceso de coagulación-floculación de una planta de tratamiento de agua potable. *Bifurcations*, 45(1), 1–19. <https://doi.org/10.7202/1016404ar>
- Lorenzo-Acosta, Y. (2006). Estado del arte del tratamiento de aguas por coagulación-floculación. *ICIDCA : Sobre Los Derivados de La Caña de Azúcar*, 40(2), 10–17.
- MacDonald, A. ., & Foster, S. S. . (2016). Groundwater Systems. *Earths Dynamic Systems*, 23–47.
- Magne, F. (2008). Abastecimiento, Diseño y Construcción de Sistemas de Agua Potable Modernizado en el Aprendizaje y Enseñanza en la Asignatura de Ingeniería Sanitaria I. *Universidad Mayor de San Simón*, 401.
- Molina, A., Pozo, M., & Serrano, J. (2018). *Agua, saneamiento e higiene: medición de los ODS en Ecuador*.

- Norma Técnica Ecuatoriana. (2014). Agua Potable. Requisitos. Nte Inen 1108. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*, (5), 1–10.
- ONU. (2017). Agua.
- Ordoñez, J. . (2011). Cartilla Técnica: Aguas Subterráneas - Acuíferos. *Sociedad Geografica de Lima*, 2–44.
- Pérez, A., Santamaria, E. K., Operario, D., Tarkang, E. E., Zotor, F. B., Cardoso, S. R. de S. N., ... Volk, J. E. (2017). Introducción a la hidrogeología del Ecuador. *BMC Public Health*, 5(1), 1–8.
- Sahoo, P. R. (2009). *PROJECT REPORT ON GROUNDWATER EXPLORATION Under guidance of Prof A . K . PRADHAN Dept . Of Civil Engineering Submitted by.* (10501031).
- Salud, O. M. de la. (201AD). Agua. Retrieved from <https://www.who.int/topics/water/es/>
- Smith, K. B. (1986). William & Mary Environmental Law and Policy Review Groundwater Contamination. *Wm. & Mary Env'tl. L. & Pol'y Rev*, 11(11).
- UNESCO. (2015). El Crecimiento Insostenible Y La Creciente Demanda Mundial De Agua. *Wwdr*, 12.
- Vargas Camareno, M., & Romero Esquivel, L. G. (2006). Aprovechamiento de algunos materiales en el desarrollo de coagulantes y floculantes para el tratamiento de aguas en Costa Rica. *Tecnología En Marcha*, 19(4), 37–41.

PLANOS Y ANEXOS

ANEXO A

A. EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DEL RECINTO SAN CAYETANO DE HAMPTON

Formato de encuesta realizada

Demografía

1. ¿Cuántas personas viven en esta casa?

2. ¿Cuántas hombres?

El valor debe ser un número.

3. ¿Cuántas mujeres?

El valor debe ser un número.

4. ¿Cuántas personas son de tercera edad?

El valor debe ser un número.

Ocupación

5. Ocupación principal

Agricultura

Comercio

Otras

6. ¿Cuántas personas trabajan?

El valor debe ser un número.

Producción agrícola

7. Las cosechas son destinadas a...

- Venta
- Consumo
- Ambas

8. ¿Qué tipo de fertilizante usa?

- Químico
- Orgánico
- Ambas

9. ¿Qué tipo de cultivos produce?

- Maíz
- Cacao
- Piña
- Papaya

-

Otras

Salud

10. ¿Con qué tipo de seguro cuenta?

- Campesino
- General

-

Otras

11. ¿Qué tipo de enfermedades ha tenido durante el último año?

Gastrointestinales

Transmitidas por mosquitos

Otras

12. Causa de enfermedad

13. ¿A dónde acude en caso de enfermedad?

Hospital - El Empalme

Dispensario médico

Otras

Vivienda

14. Tipo de vivienda

Bloque

Madera

Mixto

15. ¿Posee energía eléctrica?

Si

No

16. ¿Tiene celular?

Si

No

17. ¿Cómo calificaría la señal?

- 1 2 3

Infraestructura sanitaria

18. ¿Cuenta con acceso a la red de agua actual?

- Sí
 No

19. ¿Posee otro tipo de fuente de agua?

- Sí
 No

20. ¿Qué sistema utiliza para disposición de excretas?

- Pozo séptico
 Letrina

Consumo de agua

21. ¿Almacena el agua o lo toma directo de la llave?

- Almacena
 Directo
 Ambas

22. ¿Dónde almacena el agua?

- Tanque

Otras

23. ¿De qué forma consume el agua?

Directa

Hierve el agua

Otras

24. ¿Desinfecta el agua con cloro?

Si

No

25. ¿Qué uso le da al agua?

Doméstico

Riego de cultivos

26. ¿Esta satisfecho con el servicio de agua actual?

Si

No

27. ¿Por qué?

28. ¿Cuánto paga por el agua en promedio?

El valor debe ser un número.

29. ¿Está de acuerdo con la tarifa que está pagando?

Si

No

30. ¿Compra agua embotellada?

- Sí
- No
- A veces

Gestión de residuos sólidos

31. ¿Realiza diferenciación de sólidos orgánicos e inorgánicos?

- Sí
- No

32. ¿Qué realiza con los residuos orgánicos?

- Compost
- Alimentar animales

Otras

33. ¿Qué hace con los residuos?

- Quema
- Recolecta para traslado
- Entierra

Preguntas finales

34. Si el sistema de agua potable mejora, ¿estaría dispuesto a pagar una tarifa mayor?

- Si
- No

35. Si se forma una junta de recolección de desechos con el fin de vender la materia reciclable, ¿estaría dispuesto a realizar la separación de desechos en su hogar

- Si
- No

36. Si se otorgan capacitaciones para operar una futura planta de tratamiento de agua, ¿usted estaría dispuesto a aprender y trabajar dentro de dicha planta?

- Si
- No

Resultados obtenidos de encuesta socioeconómica

Demografía



Gráfico A.1 Distribución de población por género de SCH. [Sánchez, K]

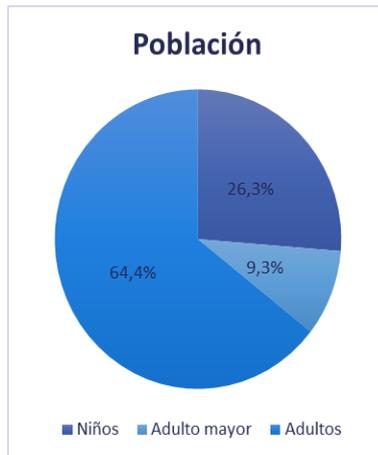


Gráfico A.2 Distribución de población de SCH por etapas de vida. [Sánchez, K]

Ocupación

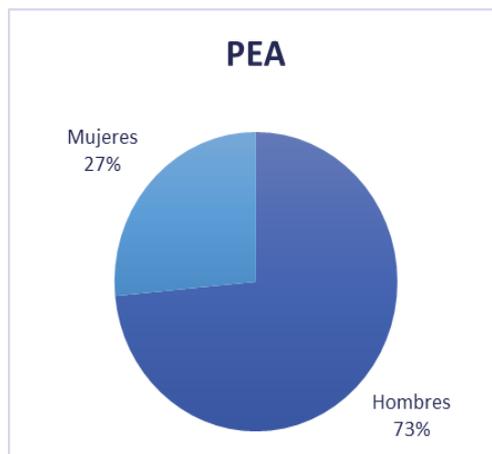


Gráfico A.3 Población económicamente activa de SCH. [Sánchez, K]

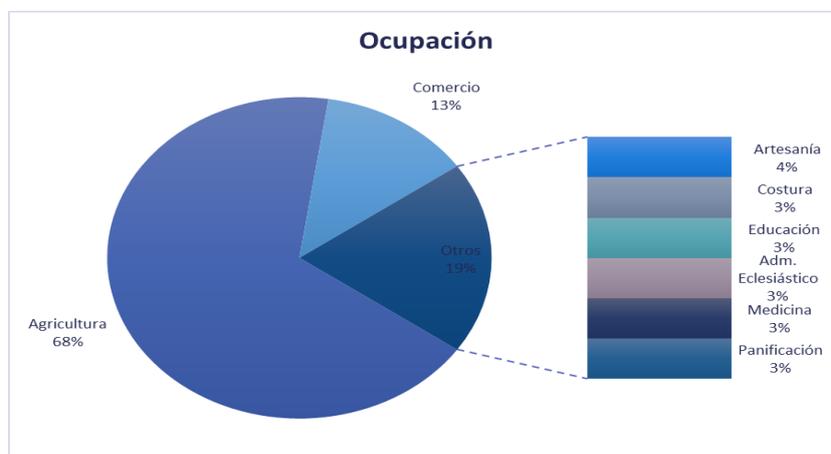


Gráfico A.4 Ocupaciones principales en SCH. [Sánchez, K]

Producción agrícola



Gráfico A.5 Usos principales de cultivos en SCH. [Sánchez, K]

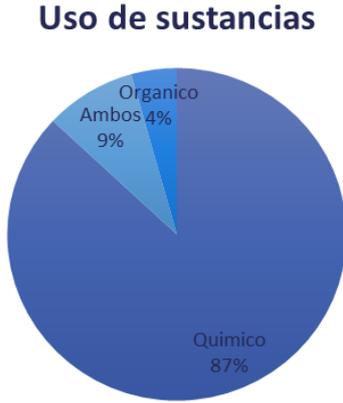


Gráfico A.6 Sustancias utilizadas para el tratamiento de cultivos en SCH. [Sánchez, K]

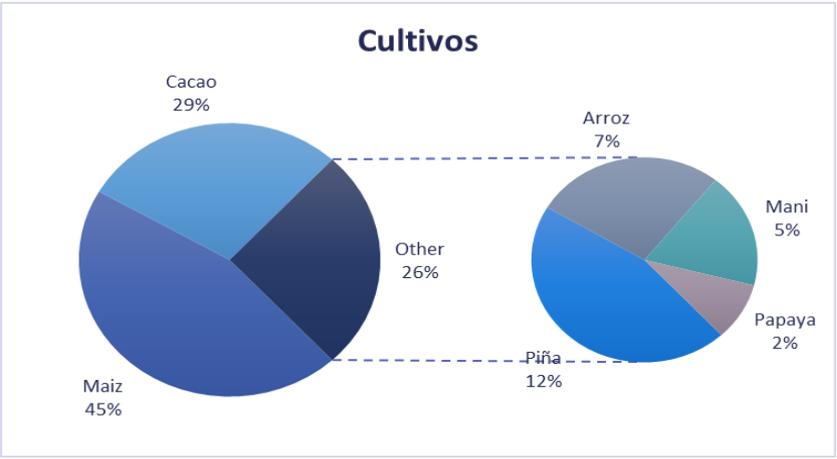


Gráfico A.7 Principales cultivos de SCH. [Sánchez, K]

Salud



Gráfico A.8 Tipo de seguro de vida que poseen los pobladores de SCH. [Sánchez, K]

Vivienda

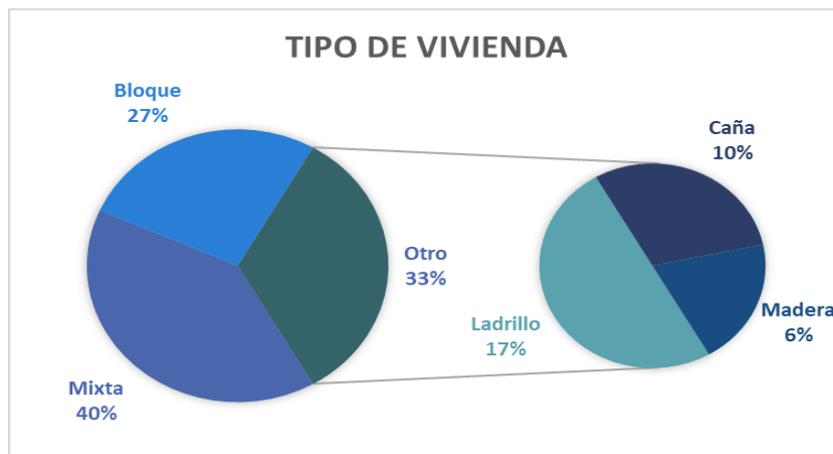


Gráfico A.9 Material de construcción empleado en viviendas en SCH. [Sánchez, K]

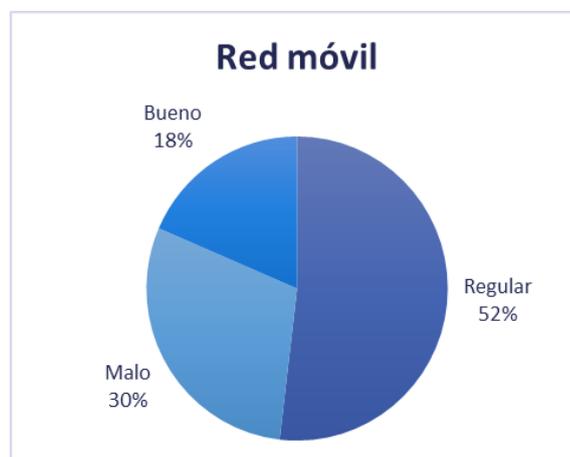


Gráfico A.10 Calidad de red móvil en SCH. [Sánchez, K]

Infraestructura sanitaria

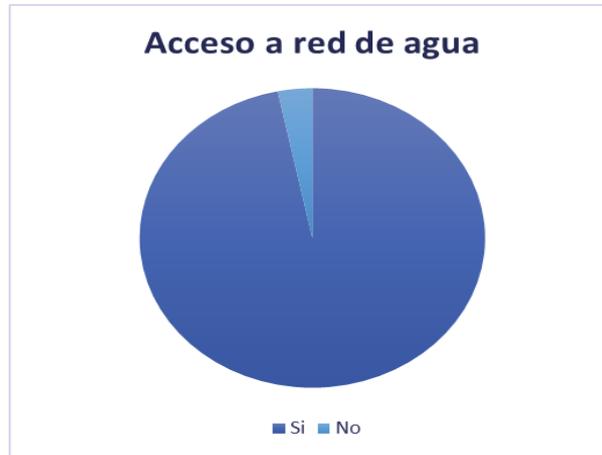


Gráfico A.11 Acceso a red de agua proveniente del pozo en SCH. [Sánchez, K]



Gráfico A.12 Sistema de disposición de excretas en SCH. [Sánchez, K]

Consumo de agua

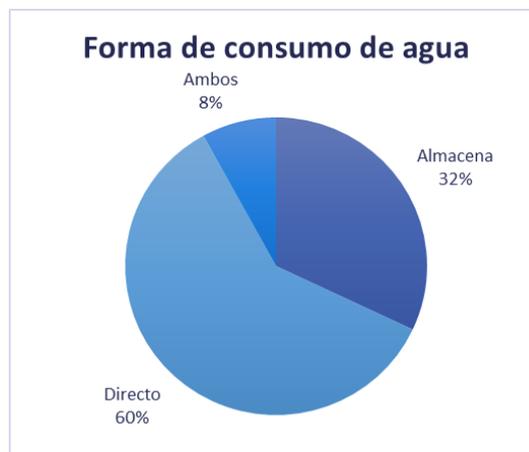


Gráfico A.13 Forma de consumo de agua de agua en SCH. [Sánchez, K]

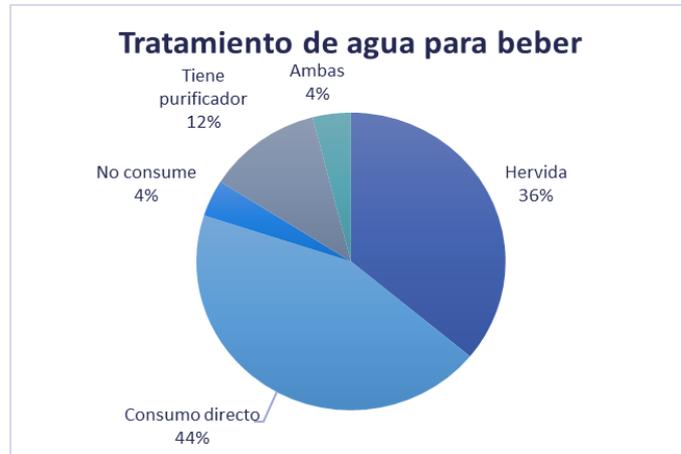


Gráfico A.14 Tratamiento de agua para beber realizado en SCH. [Sánchez, K]



Gráfico A.15 Tratamiento de agua por desinfección realizado en SCH. [Sánchez, K]

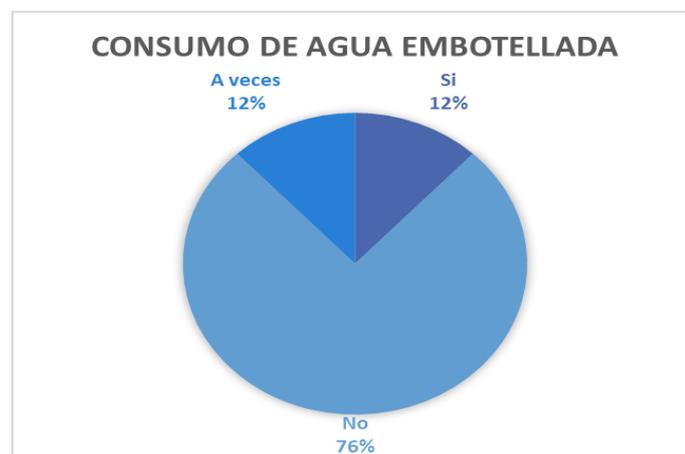


Gráfico A.16 Consumo de agua embotellada en SCH. [Sánchez, K]

Gestión de residuos sólidos



Gráfico A.17 Gestión de recursos sólidos realizado en SCH. [Sánchez, K]

Evidencia fotográfica de realización de encuestas



Ilustración A.0.1 Registro de datos de encuestados.



Ilustración A.0.2 Recorrido por la comunidad



Ilustración A.0.3 Entrevista #4 realizada en la comunidad.



Ilustración A.0.4 Entrevista #25 realizada en la comunidad.



Ilustración A.0.5 Entrevista #30 realizada en la comunidad.

ANEXO B

B. CARACTERIZACIÓN DE AGUA

Evidencia fotográfica

Análisis físico



Ilustración B.0.1 Análisis físico realizado in situ

Análisis biológico

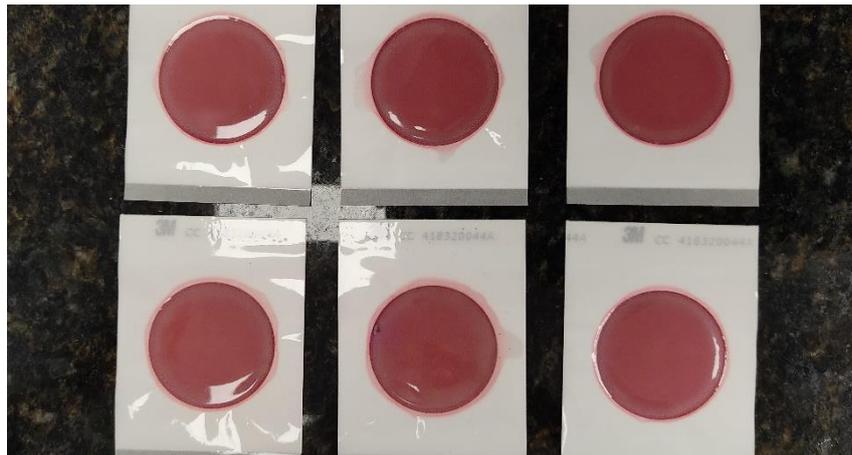


Ilustración B.0.2 Análisis biológico por medio de placas

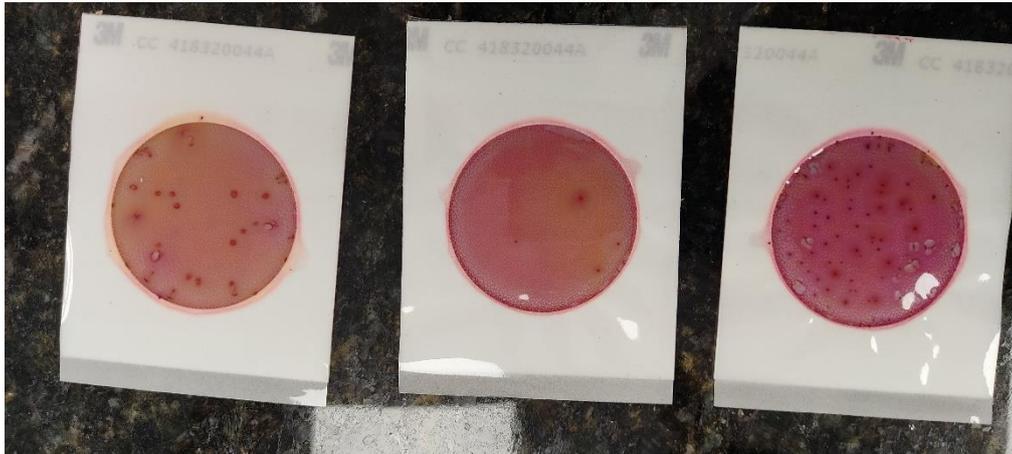


Ilustración B.0.3 Análisis biológico realizado

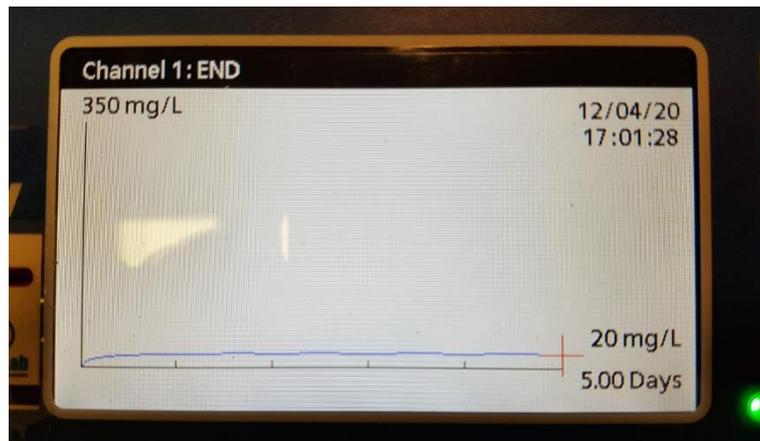


Ilustración B.0.4 DBO realizado a agua del grifo.

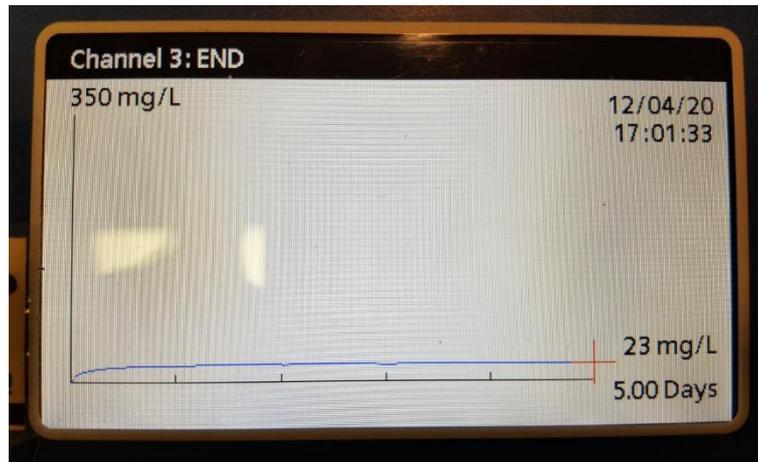


Ilustración B.0.5 DBO realizado a agua de Manantial.

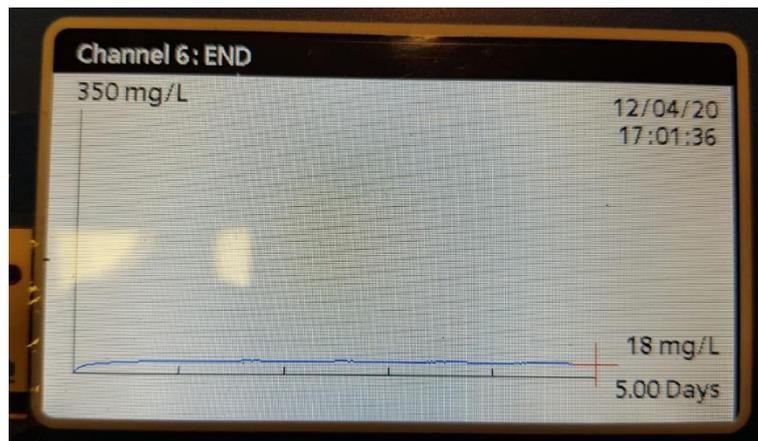


Ilustración B.0.6 DBO realizado a agua del pozo.

ANEXO C

C. LÍNEAS DE CONDUCCIÓN DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA



Ilustración C.0.1 Línea de conducción principal



Ilustración C.0.2 Línea de conducción norte



Ilustración C.0.3 Línea de conducción sur

ANEXO D

D. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL RCTO. SAN CAYETANO DE HAMPTON
 RUBRO 1.1 UNIDAD: m²
 DETALLE Limpieza de Terreno

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C= A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% MO (N)			0.32	0.050	0.02
SUBTOTAL M					0.02
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C= A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (estr.ocp. E2)	1.00	3.62	3.62	0.057	0.21
Maestro de obra (estr.ocp.C2)	0.50	3.86	1.93	0.057	0.11
SUBTOTAL N					0.32
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL O					
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			0.34
		INDIRECTOS Y UTILIDADES %	20.00%	0.07	
		OTROS INDIRECTOS %			
COSTO TOTAL DEL RUBRO					0.40
VALOR OFERTADO					0.40

RUBRO 1.2.
 DETALLE Trazado y replanteo

UNIDAD: m2

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C= A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% MO (N)			0.62	0.050	0.03
Equipo de Topografía	1.00	5.00	5.00	0.080	0.40
SUBTOTAL M					0.43
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C= A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Cadenero (estr.ocp D2)	1.00	3.66	3.66	0.080	0.29
Topógrafo (estr.ocp.C1)	1.00	4.06	4.06	0.080	0.32
SUBTOTAL N					0.62
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Estaca	u	0.10	0.70	0.07	
Piola de construcción	rollo	0.01	3.50	0.04	
SUBTOTAL O					0.11
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					0.00
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			1.15
		INDIRECTOS Y UTILIDADES %			20.00%
		OTROS INDIRECTOS %			
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			1.38
		VALOR OFERTADO			1.38

RUBRO 2.1.
 DETALLE Contrapiso de HA f 'c= 280 Kg/cm, e = 20 cm

UNIDAD: m2

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C= A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% MO (N)			3.63	0.050	0.18
Concreteira	1.00	4.15	4.15	0.230	0.95
Compactador	0.13	3.75	0.47	0.230	0.11
SUBTOTAL M					1.24
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C= A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (estr.ocp. E2)	3.00	3.62	10.86	0.250	2.72
Albañil (estr.ocp. D2)	1.00	3.66	3.66	0.250	0.92
Carpintero (estr.ocp. D2)	2.00	3.66	7.32	0.250	1.83
Maestro de obra (estr.ocp.C2)	1.00	4.06	4.06	0.700	2.84
SUBTOTAL N					3.63
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Relleno	m3	0.22	3.50	0.77	
Malla	m2	1.00	1.90	1.90	
Cemento tipo I (50 kg)	saco	1.44	7.90	11.38	
Arena	m3	0.09	8.70	0.78	
Piedra 3/4"	m3	0.14	13.00	1.82	
Agua	m3	0.01	1.50	0.02	
Cuartón semiduras	u	0.25	2.00	0.50	
Clavos 2 1/2"	lb	0.11	0.52	0.06	
Curador químico	gl	0.11	3.97	0.44	
SUBTOTAL O					17.66
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
De materiales	Global	1.00	0.30	0.30	
SUBTOTAL P					0.30
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			22.84
		INDIRECTOS Y UTILIDADES %		20.00%	4.57
		OTROS INDIRECTOS %			
COSTO TOTAL DEL RUBRO					27.40
VALOR OFERTADO					27.40

RUBRO 3.1.
 DETALLE Excavación a máquina y desalojo

UNIDAD: m2

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C= A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% MO (N)			1.90	0.050	0.09
Volqueta de 8 m3	3.00	20.00	60.00	0.080	4.80
Retroexcavadora 75hp	1.00	19.00	19.00	0.080	1.52
SUBTOTAL M					6.41
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C= A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Ayudante de maquinaria (estr.ocp. D2)	1.00	3.72	3.72	0.080	0.30
Retroexcavadora (estr.ocp.C1)	1.00	4.06	4.06	0.080	0.32
Chofer: Volqueta(estr.ocp.C1)	3.00	5.31	15.93	0.080	1.27
SUBTOTAL N					1.90
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL O					0.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					0.00
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					\$ 8.31
INDIRECTOS Y UTILIDADES %					20.00% \$ 1.66
OTROS INDIRECTOS %					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 9.97
VALOR OFERTADO					\$ 9.97

RUBRO 3.2.
 DETALLE Replantillo de HS

UNIDAD: M3

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDA D A	TARIFA B	COSTO HORA C= A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% MO (N)			60.53	0.050	3.03
Concreteira	1.00	4.15	4.15	1.600	6.64
SUBTOTAL M					9.67
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDA D A	JORNAL/H R B	COSTO HORA C= A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (estr.ocp. E2)	3.00	3.62	10.86	1.600	17.38
Albañil (estr.ocp. D2)	1.00	3.66	3.66	1.600	5.86
Carpintero (estr.ocp. D2)	1.00	3.66	3.66	5.200	19.03
Maestro de obra (estr.ocp.C2)	1.00	4.06	4.06	4.500	18.27
SUBTOTAL N					60.53
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	Cantidad A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Cemento tipo I (50 kg)	Sacos	6.00	7.90	47.40	
Arena	m3	0.59	8.70	5.13	
Piedra 3/4"	m3	0.79	13.00	10.27	
Agua	l	160.00	0.03	4.80	
Tira de encofrado semiduras	m3	0.80	1.00	0.80	
Cuartón semiduras	gl	0.40	2.00	0.80	
Curador químico					
SUBTOTAL O					69.20
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
Transporte de materiales	global	1.00	0.30	0.30	
SUBTOTAL P					0.30
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					139.70
INDIRECTOS Y UTILIDADES					
%					20.00%
OTROS INDIRECTOS					%
COSTO TOTAL DEL RUBRO					167.64
VALOR OFERTADO					167.64

RUBRO
DETALLE

3.3.
Relleno compactado

UNIDAD: m2

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C= A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Retroexcavadora 75hp	1.00	19.00	19.00	0.080	1.52
Compactador	1.00	3.75	3.75	0.080	0.30
SUBTOTAL M					1.82
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C= A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peon (estr.ocp. E2)	1.00	3.62	3.62	0.080	0.29
Ayudante de maquinaria (estr.ocp.D2)	1.00	3.72	3.72	0.080	0.30
Chofer: Volqueta(estr.ocp.C1)	1.00	5.31	5.31	0.080	0.42
SUBTOTAL N					1.01
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Agua	m3	0.15	1.50	0.23	
Cascajo mediano y fino	m3	1.700	3.30	5.61	
SUBTOTAL O					5.84
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
De materiales	Global	1.00	0.30	0.30	
SUBTOTAL P					0.30
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					8.97
INDIRECTOS Y UTILIDADES %					20.00%
OTROS INDIRECTOS %					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					10.76
VALOR OFERTADO					10.76

RUBRO
DETALLE

3.4
Transporte e instalación de tubería

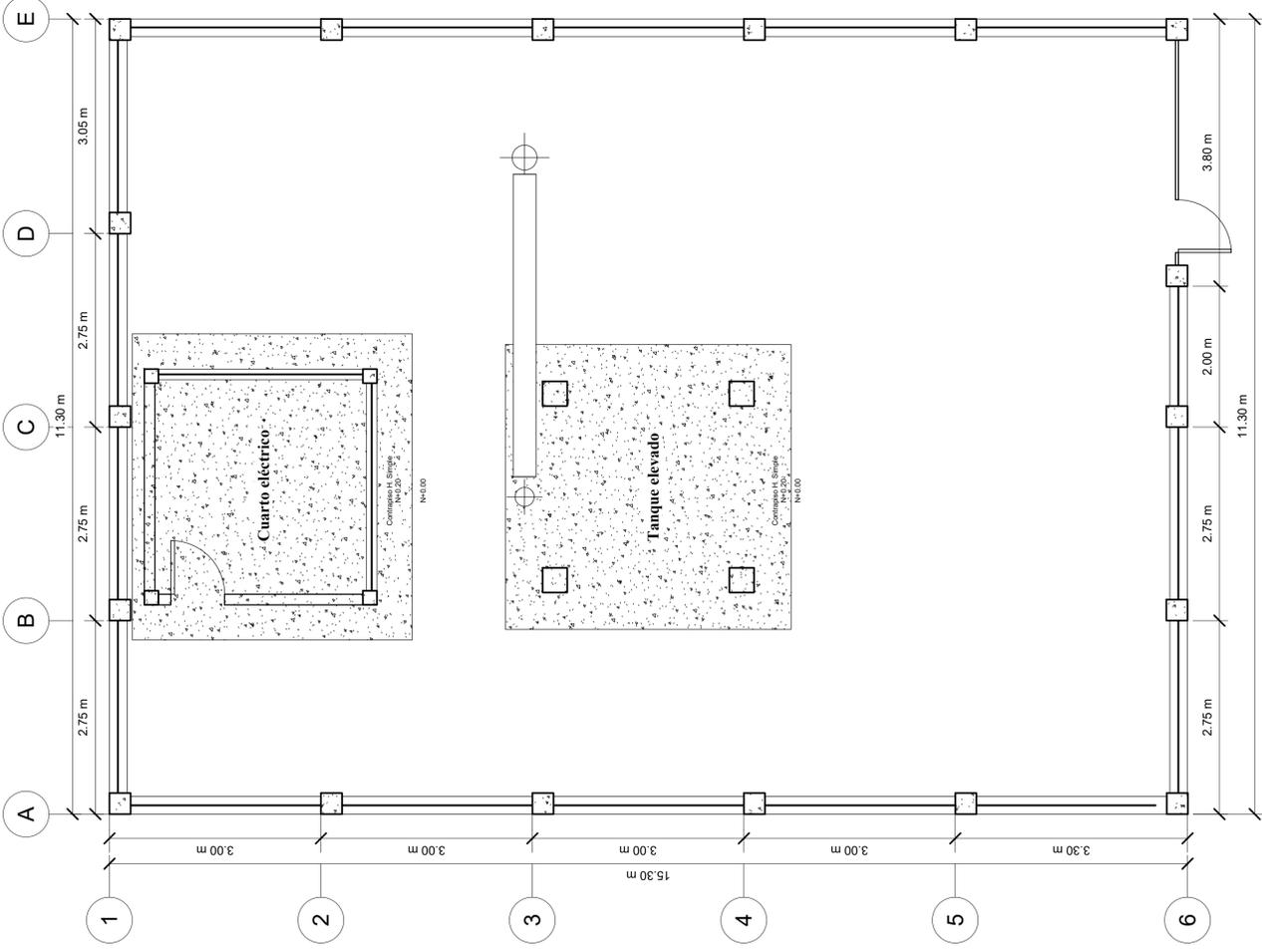
UNIDAD: m2

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C= A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% MO (N)	1.00	0.00	0.00	0.000	0.00
SUBTOTAL M					0.00
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C= A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (estr.ocp. E2)	1.00	3.62	3.62	0.090	0.33
Maestro de obra (estr.ocp.C2)	1.00	4.06	4.06	0.090	0.37
Plomero (estr.ocp.C2)	1.00	3.66	3.66	0.090	0.33
SUBTOTAL N					1.02
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Tubería PVC 3/4"	ml	1.00	3.45	3.45	
Tubería PVC 1"	ml	1.00	4.20	4.20	
Tubería PVC 2"	ml	1.00	4.80	4.80	
Kalipega y Accesorios	u	0.050	0.00	0.00	
SUBTOTAL O					12.45
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
Transporte de materiales	Global	1.00	0.30	0.30	
SUBTOTAL P					0.30
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			13.77
		INDIRECTOS Y UTILIDADES %			20.00% 2.75
		OTROS INDIRECTOS %			
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			16.52
		VALOR OFERTADO			16.52

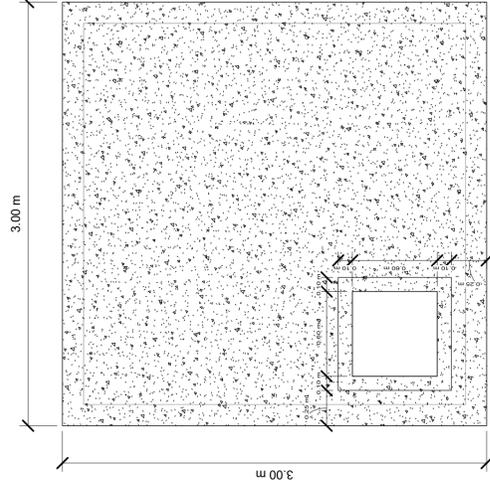
RUBRO 4.1.
 DETALLE Pruebas hidrostáticas de tuberías

UNIDAD: ml

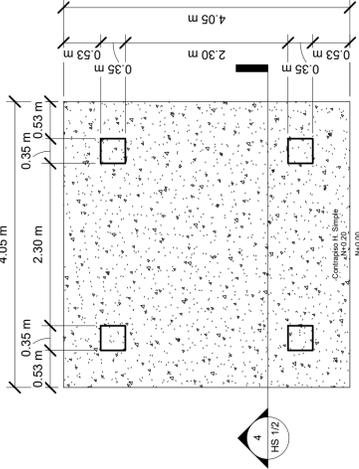
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDA D A	TARIFA B	COSTO HORA C= A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% MO (N)	1.00		1.86	0.050	0.09
SUBTOTAL M					0.09
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDA D A	JORNAL/H R B	COSTO HORA C= A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (estr.ocp. E2)	1.00	3.62	3.62	0.200	0.72
Maestro de obra (estr.ocp.C2)	0.50	4.06	2.03	0.200	0.41
Plomero (estr.ocp.C2)	1.00	3.66	3.66	0.200	0.73
SUBTOTAL N					1.86
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	Consumo	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Prueba hidrostática	ml	1.00	0.25	0.25	
SUBTOTAL O					0.25
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					0.00
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					2.21
INDIRECTOS Y UTILIDADES					
% 20.00%					0.44
OTROS INDIRECTOS %					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					2.65
VALOR OFERTADO					2.65



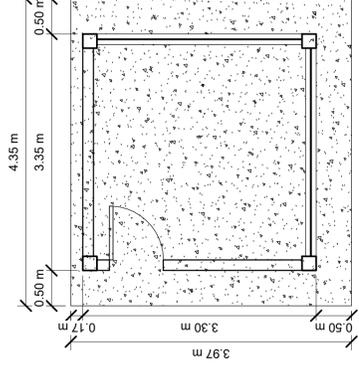
1 Implantación
1 : 50



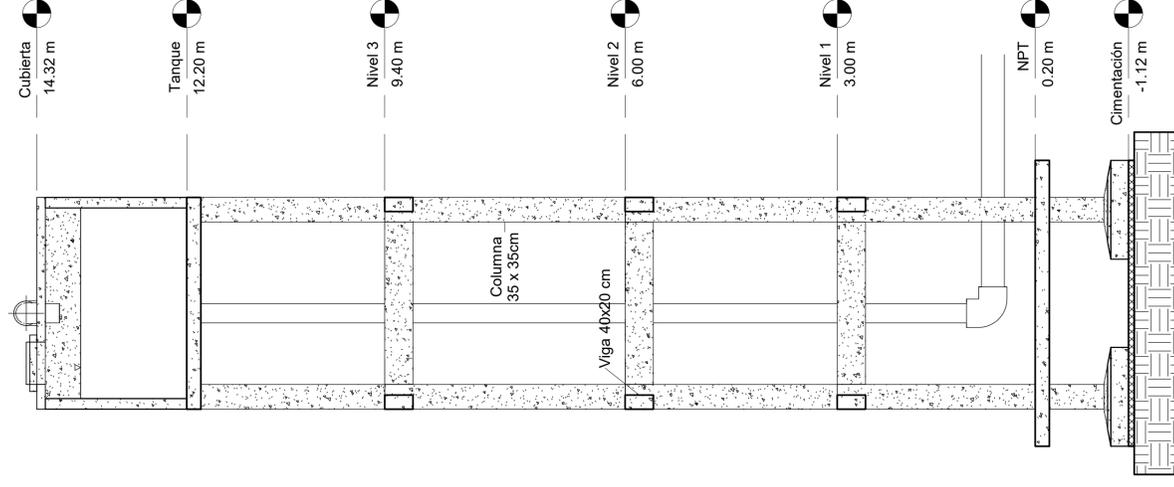
5 Tapa del tanque
1 : 25



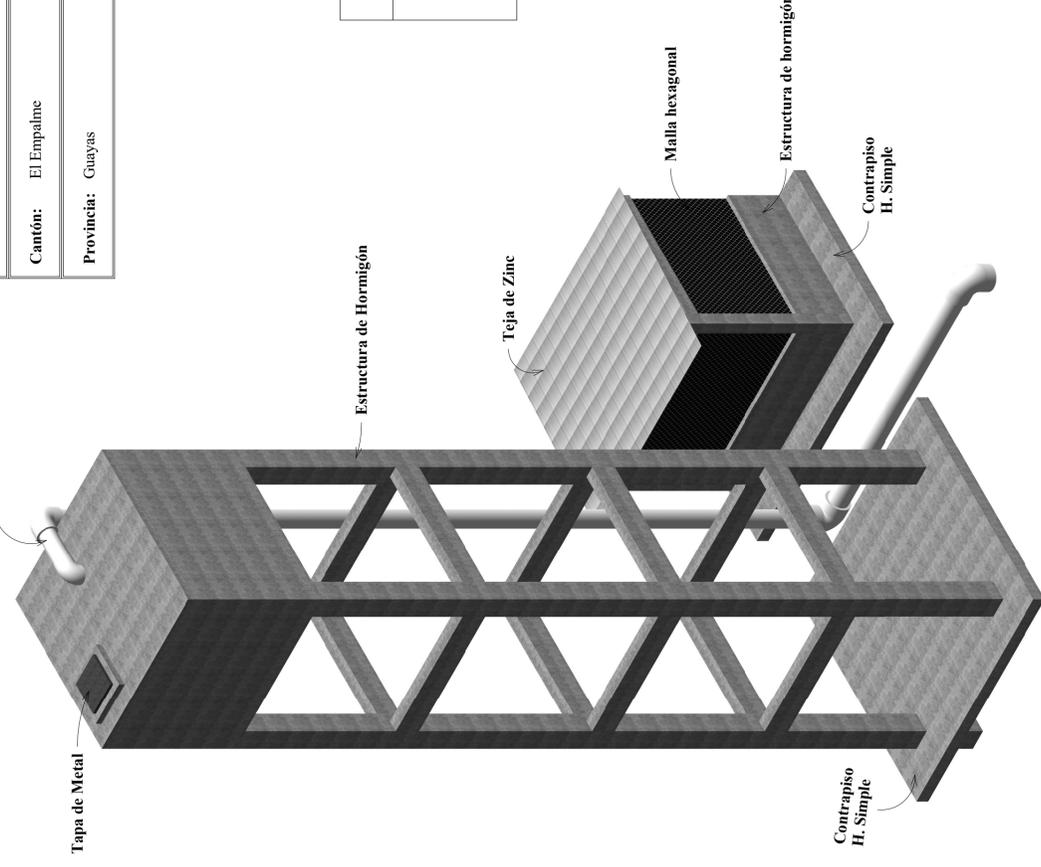
2 Vista en Planta NPT
1 : 50



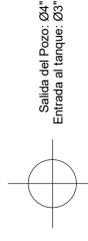
3 NPT - Cuarto eléctrico
1 : 50



4 Sección
1 : 50



6 Perspectiva

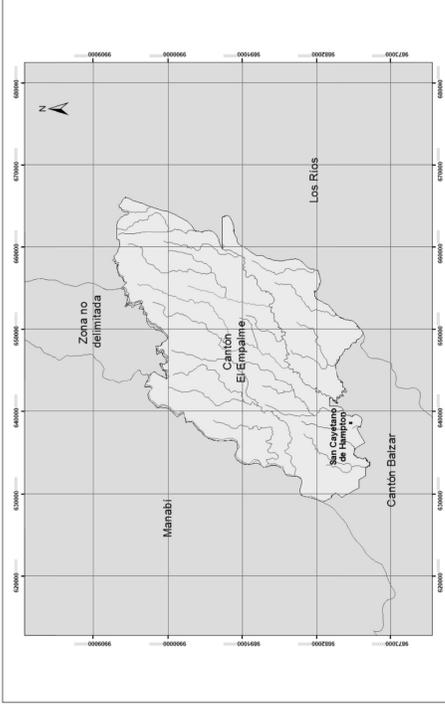


7 Tuberia PVC
1 : 20

Ficha Técnica de la Bomba	
Bomba tipo centrífuga sumergible	
Potencia: 4 HP	
Caudal de entrega entre 80 a 100 gal/min	
Motor eléctrico	
Diametro de salida 2"	

Ubicación del proyecto

Recinto: San Cayetano de Hampton	Latitud: 1° 6'17.65"S	Población: 500 hab.
Cantón: El Empalme	Longitud: 79°45'13.93"O	Superficie: 150 Km ²
Provincia: Guayas	Altitud: 71 msnm	Clima: 18 °C a 24 °C



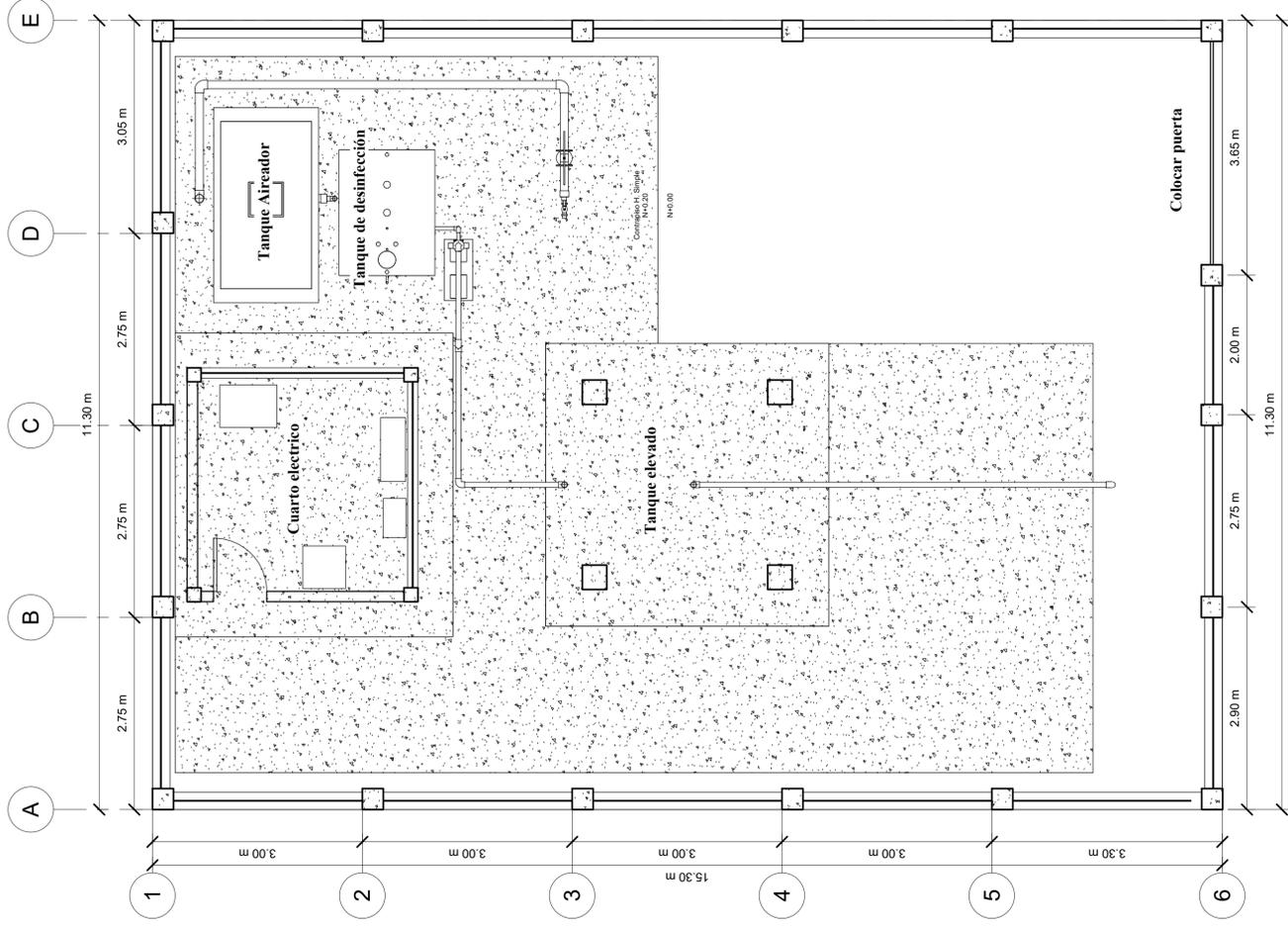
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

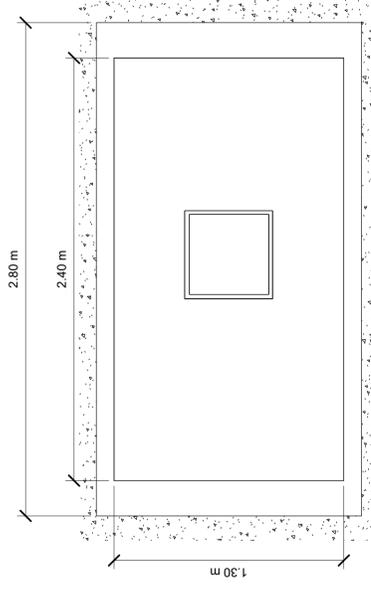
Proyecto: **Diseño de un sistema de tratamiento de agua potable para el recinto San Cayetano de Hampton**

Contenido: **Planta, Alzado, Corte, Perspectiva y Detalle**

Coordinador de Materia Integradoras: MSc. Davide Benzonon	Tutores de áreas específicas: Dis: Int. Carola Zavala Ing. Samamina Hidalgo	Estudiantes: Erica Lindao Fillian Karen Sánchez Intriago	Fecha: 15 de enero, 2021
Tutor de Área de Conocimiento: Ing. Esther Vásquez			Lamina: HS /12
			Escala: Indicada



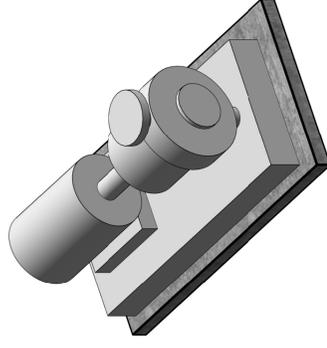
1 Implantación
1 : 50



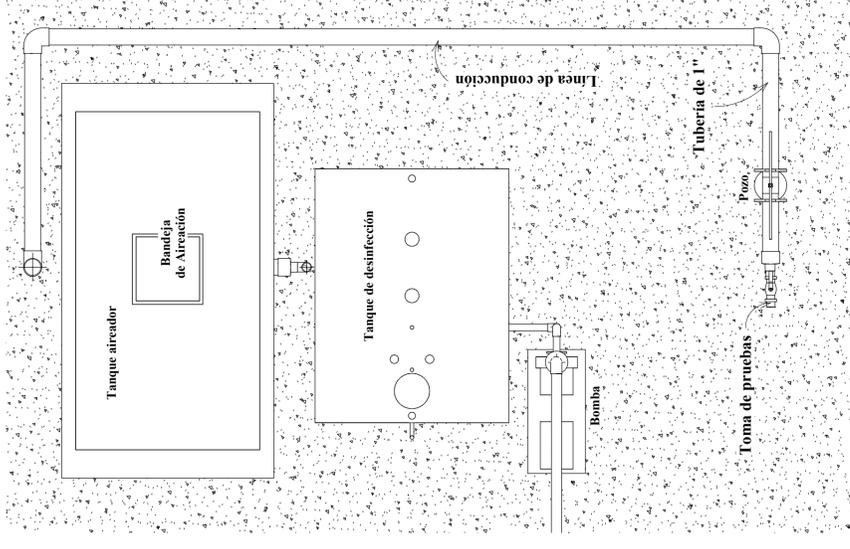
3 Tanque Aireador
1 : 20

Detalle Técnico de Bomba

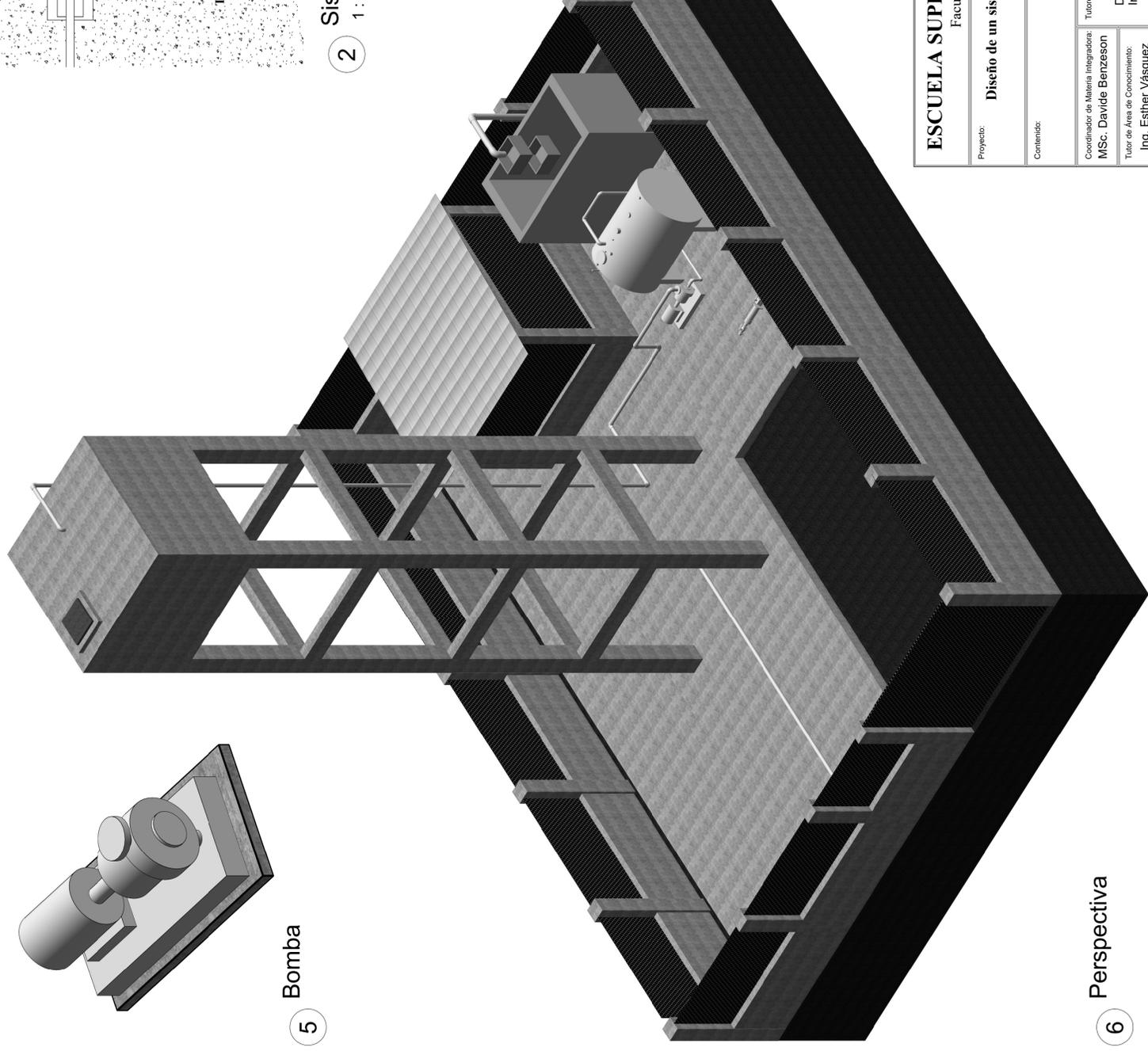
Bomba centrífuga
Potencia : 5.5 HP
Caudal : 50 a 450 [lt/min]
Motor eléctrico



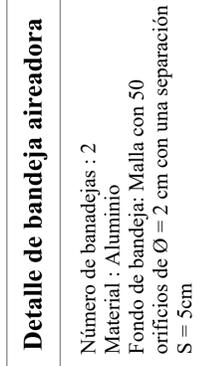
5 Bomba



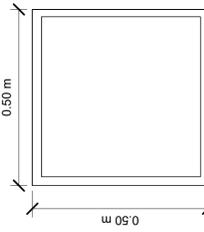
2 Sistema de Tratamiento
1 : 25



6 Perspectiva



4 Bandeja de aireación
1 : 10



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra	
Proyecto:	Diseño de un sistema de tratamiento de agua potable para el recinto San Cateyano de Hampton
Contenido:	Planta, Perspectiva y Detalle
Coordinador de Materia Integradoras:	Tutores de áreas específicas:
MSC. Davide Benzenson	Dis. Int. Carola Zavala Ing. Samantina Hidalgo
Tutor de Área de Conocimiento:	Fecha:
Ing. Esther Vásquez	15 de enero, 2021
	Lámina:
	HS 2/2
	Escala:
	Indicada