

**UNIVERSIDAD MAYOR REAL Y PONTIFICIA DE SAN
FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA**



**CENTRO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO E INVESTIGACIÓN
DIPLOMADO EN INSTALACIONES HIDROSANITARIAS EN
EDIFICACIONES.**

**ANÁLISIS DE LA FACTIBILIDAD ECONOMICA DE LA
REUTILIZACIÓN DE LAS AGUAS DE LLUVIA Y AGUAS
GRISES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE
SANTA CRUZ DE LA SIERRA**

POSTULANTE: Ing. Deiby Raul Castillo Ortiz

ABRIL 2024

ANÁLISIS DE LA FACTIBILIDAD ECONOMICA DE LA REUTILIZACIÓN DE LAS AGUAS DE LLUVIA Y AGUAS GRISES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE SANTA CRUZ DE LA SIERRA

RESUMEN

A nivel mundial se enfrenta una gran problemática debido a la escasez hídrica y a los extensos periodos de sequía. Para mitigar lo anterior se han buscado metodologías para la reutilización del agua potable, incluso se promueve una certificación (LEED), de uso voluntario, que tiene como objetivo avanzar en la utilización de estrategias que permitan una mejora global en el impacto medioambiental de la industria de la construcción dado que se basa en incorporar en el proyecto aspectos relacionados con la eficiencia energética, el uso de energías alternativas, la eficiencia del consumo de agua entre otros.

La razón por la cual se realizó este análisis de factibilidad económica fue para tener conocimiento del ahorro de agua potable en un determinado tiempo, mediante la reutilización de aguas de lluvia y aguas grises, teniendo así también un resultado económico a tener en cuenta para la construcción de las futuras viviendas unifamiliares.

En la presente investigación se realizó el cálculo hidrosanitario mediante dos métodos: el método tradicional y el método de reutilización de aguas de lluvia y aguas grises en el que para obtener los resultados se obtuvo información meteorológica de más de 10 años, en la que los datos nos muestran una intensidad de lluvia de 111 mm/hr, los datos se obtuvieron a través del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), para la reutilización de las aguas grises solo se tomaron en cuenta las aguas de los lavamanos, duchas y lavaplatos para ser reutilizadas en el tanque de los inodoros ya que representa un 31.3% del consumo total de agua potable en una vivienda unifamiliar, ocupando el método de reutilización de aguas de lluvia y aguas grises se pudo observar un ahorro de 128 m³ de agua potable por año, teniendo así un retorno de la inversión económica en 30 años y 3840 m³ de ahorro de agua potable en una vivienda unifamiliar.

Palabras clave: Aguas de lluvia, aguas grises, agua potable, reutilización.

Dedicación.

*A Dios por Cuidar de Mí en Todos los Caminos
Recorridos*

*A mis Amados PADRES RAUL CASTILLO y
MIRIAN ORTIZ por su Eterna Confianza y
Constante Apoyo en Cada Momento de mi Vida*

Agradecimiento a:

*Dios por darme la luz y guía espiritual
para mi crecimiento tanto intelectual
como moral. Porque en todo momento la
fuerza de mi fe y esperanza, alimentada
por tu luz, ha guiado mis pasos
llevándome a ser quien hoy soy.*

¡¡Muchas Gracias!!

INDICE

CAPITULO I IDENTIFICACION DEL PROBLEMA	1
1.1. INTRODUCCION	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2.1. SITUACIÓN PROBLÉMICA	2
1.2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.3. OBJETIVOS	4
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	4
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.4. HIPOTESIS.....	4
1.5. JUSTIFICACION	4
CAPITULO II MARCO TEORICO.....	5
2.1. VIVIENDAS UNIFAMILIARES.....	5
2.1.1. TIPO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES.....	5
2.2. SISTEMAS DE REUTILIZACION DE AGUAS DE LLUVIA Y AGUAS GRISES.	6
2.2.1. CLASIFICACION DE AGUAS.....	6
2.2.2. TIPOS DE SISTEMAS DE REUTILIZACION DE AGUAS GRISES Y AGUAS DE LLUVIA	7
2.3. CALCULO DE SISTEMAS HIDROSANITARIOS.....	8
2.4. PRECIOS UNITARIOS DEL SISTEMA HIDROSANITARIO EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES.....	12
2.5. ANALISIS COMPARATIVO DE COSTOS ENTRE EL SISTEMA TRADICIONAL Y EL SISTEMA DE REUTILIZACION DE AGUAS GRISES Y AGUAS DE LLUVIA.....	13
CAPITULO III MARCO PRACTICO.....	14
3.1. VIVIENDA UNIFAMILIAR.....	14
3.2. DISEÑO HIDROSANITARIO MEDIANTE EL METODO TRADICIONAL.	15
3.2.1. CALCULO HIDRAULICO DEL DISEÑO HIDROSANITARIO MEDIANTE EL METODO TRADICIONAL.	17
3.2.2. COMPUTOS METRICOS Y PRESUPUESTO.....	24
3.3. DISEÑO HIDROSANITARIO APLICANDO EL METODO DE REUTILIZACION DE AGUAS.....	27
3.3.1. CALCULO HIDRAULICO DEL DISEÑO HIDROSANITARIO MEDIANTE EL METODO DE REUTILIZACION DE AGUAS.....	28
3.3.2. COMPUTOS METRICOS Y PRESUPUESTO.....	44
3.4. COMPARACION DE COSTOS DE AMBOS SISTEMAS.	46

3.5. ANALISIS DE FACTIBILIDAD ECONOMICA APLICANDO EL SISTEMA DE REUTILIZACION DE AGUA.	46
4. CONCLUSION Y RECOMENDACIONES.....	49
5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	50

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1	COBERTURA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO	3
FIGURA 2	VIVIENDA UNIFAMILIAR TIPO	6
FIGURA 3	PROCESOS PARA LA REUTILIZACIÓN DE LAS AGUAS DE LLUVIA	8
FIGURA 4	VALORES DE PERDIDA DE CARGA SEGÚN ACCSESORIOS	9
FIGURA 5	FILTRO LENTO.....	12
FIGURA 6	VIVIENDA UNIFAMILIAR TIPO	15
FIGURA 7	DISEÑO HIDROSANITARIO MEDIANTE EL METODO TRADICIONAL	16
FIGURA 8	RAMALES Y BAJANTES SANITARIOS	21
FIGURA 9	AREAS DE APORTE.....	23
FIGURA 10	SISTEMA DE REUTLIZACION DE AGUAS	27
FIGURA 11	PORCENTAJES DE UNIDADES DE HUNTER SEGÚN ARTEFACTOS SANITARIOS	29
FIGURA 12	RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y RED DE AGUAS GRISES.	36
FIGURA 13	AREAS DE APORTE.....	39
FIGURA 14	ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA DE REUTILIZACION	40
FIGURA 15	RESULTADOS DE LABORATORIO DE AGUAS GRISES	40
FIGURA 16	DIMENSIONAMIENTO FILTROS.....	43
FIGURA 17	COSTOS DE AMBOS SISTEMAS.....	46

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. DIAMETRO DE TUBERIAS DE ACUERDO A LAS UNIDADES DE HUNTER ACUMULADAS PARA TUBERIAS DE AGUA POTABLE.....	8
TABLA 2. UNIDADES DE DESCARGAS EN RAMALES SANITARIOS	10
TABLA 3. INTENSIDAD DE LLUVIA.	11
TABLA 4. DIAMETRO DE BAJANTES	11
TABLA 5. PARAMETROS DE CONTROL MINIMO	11
12	
TABLA 6. UNIDADES DE HUNTER POR ACCESORIO	17
TABLA 7. DIAMETRO, VELOCIDAD, CAUDAL.....	18
TABLA 8. DIMENSION TUBERIAS ALCANTARILLADO SANITARIO.....	20
TABLA 9. PRECIPITACION TOTAL(MM).....	22
TABLA 10. AREAS DE APORTE.....	23
TABLA 11. CALCULO ALCANTARILLADO PLUVIAL	24
TABLA 12. CANTIDAD DE TUBERIAS	24
TABLA 13. CANTIDAD DE ACCESORIOS.....	24
TABLA 14. CANTIDAD UNIONES DE TUBERIA.....	25
TABLA 15. PRESUPUESTO GENERAL.....	26
TABLA 16. UNIDADES DE HUNTER DE ARTEFACTOS A REUTILIZAR	28
TABLA 17. CALCULO DE CAUDAL, VELOCIDAD Y PERDIDA DE CARGA	30
TABLA 18. CALCULO DE CAUDALES, VELOCIDAD Y PERDIDA DE CARGA	32
TABLA 19. DIMENSIONAMIENTO RED DE AGUAS GRISES	36
TABLA 20. DIMENSIONAMIENTO RED DE AGUAS NEGRAS.....	37
TABLA 21. PRECIPITACION TOTAL(MM).....	37
TABLA 22. AREAS DE APORTE.....	39
TABLA 23. CALCULO DE CAUDALES, TENSION TRACTIVA.....	40
TABLA 24. CRITERIOS DE DISEÑO DE FILTRO LENTO.....	42

TABLA 25. CANTIDAD DE TUBERIAS	44
TABLA 26. CANTIDAD DE ACCESORIOS.....	44
TABLA 27. PRESUPUESTO GENERAL.....	45
TABLA 28. CUADRO COMPARATIVO DE COSTOS	46
TABLA 29. DOTACIÓN PERCAPITA PARA VIVIENDAS URBANAS.....	47

ANÁLISIS DE LA FACTIBILIDAD ECONOMICA DE LA REUTILIZACIÓN DE LAS AGUAS DE LLUVIA Y AGUAS GRISES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE SANTA CRUZ DE LA SIERRA

CAPITULO I IDENTIFICACION DEL PROBLEMA

1.1. INTRODUCCION

La expansión económica en Bolivia y el consecuente crecimiento del consumo interno generó también el mayor consumo de agua potable en las principales ciudades, en realidad hay una cultura de malos hábitos y prácticas en cuanto al uso del agua potable. Siete de los nueve departamentos de Bolivia sufren ya la fuerte sequía y la falta de lluvias que asolan a este país donde, según las autoridades, ya hay más de 200.000 familias afectadas debido a la escasez de agua potable (Arriaza, 2023).

Es muy probable que el desabastecimiento de agua potable se repita porque la población sigue creciendo y actualmente en la sociedad hay un excesivo uso y derrochamiento de agua potable, dado que no hay una regulación del consumo del recurso hídrico o una costumbre a la metodología de reutilización de aguas en las actividades que no sean de consumo humano. Por ello es cada vez más importante buscar alternativas de reutilización de aguas y crear conciencia en las personas para que no hagan un uso desmedido del agua potable, las aguas grises y las aguas de lluvia representan un gran porcentaje de las aguas residuales que se busca utilizarlas como una fuente alternativa en usos que no sean para consumo humano como ser el almacenamiento de agua en los tanques de inodoro, riego de jardines, lavado de movilidades y pisos, etcétera. Teniendo así un uso sostenible del agua potable.

La escasez de agua potable constituye uno de los principales desafíos del siglo XXI. A lo largo del último siglo, el uso y consumo de agua creció a un ritmo dos veces superior al de la tasa de crecimiento de la población, esto debido a la falta de regulación y control del uso de agua potable, aunque no se puede hablar de escasez hídrica a nivel global, va en aumento el número de regiones con niveles importantes de carencia de agua (ROMERO, 2019).

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. SITUACIÓN PROBLÉMICA

Escases, Desperdicio Y Falta De Regulación En El Consumo De Agua Potable En Las Redes Hidrosanitarias En Viviendas Unifamiliares En La Ciudad De Santa Cruz De La Sierra.

Actualmente en la ciudad de Santa Cruz de la sierra no hay regulación en el consumo de agua potable, lo cual está generando que se vuelva un recurso natural escaso, el desperdicio del agua por consumo doméstico, las grandes industrias y la agricultura está volviendo el agua un recurso no renovable.

En la ciudad de santa cruz de la sierra hasta el año 2012 un 6.32% (INE, 2012) no cuenta con cobertura de agua potable (Figura 1) y un 21% (INE, 2012) (Figura 1) de la población no cuenta con ningún tipo de servicio de alcantarillado sanitario y las viviendas unifamiliares que cuentan con alcantarillado sanitario, en su gran mayoría cuentan con un sistema de desagüe convencional; dado esto tanto aguas grises como aguas de lluvia son desechadas, generando así un gasto indiscriminado del agua. Las aguas grises y aguas de lluvia presentan características idóneas para poder ser tratadas y reutilizadas en un sistema de tratamiento de agua para alimentar a servicios como sanitarios y riego. Esto generaría un beneficio tanto económico y medio ambiental; dado que reduciría el consumo de agua potable.

Debido a la problemática mencionada anteriormente, se plantea el sistema de reutilización de aguas grises y aguas de lluvia en las viviendas unifamiliares, para optimizar el recurso hídrico y reducir el consumo de agua potable, dado la escasez actual de agua existente en los distintos departamentos de nuestro país que se está sufriendo actualmente, y por ende reducir también el gasto económico de la población.

FIGURA 1 Cobertura de agua potable y alcantarillado sanitario

					
Cuadro N° 3.03.05.13			Cuadro N° 3.03.02.09		
BOLIVIA: POBLACIÓN SEGÚN ÁREA Y COBERTURA DE AGUA Y SANEAMIENTO, POR DEPARTAMENTO, CENSOS 2001 Y 2012			BOLIVIA: HOGARES SEGÚN DEPARTAMENTO Y DESAGÜE DEL BAÑO O SERVICIO SANITARIO (En miles y porcentaje)		
CATEGORÍA SELECCIONADA	SANTA CRUZ		DEPARTAMENTO Y DESAGÜE DEL BAÑO O SERVICIO SANITARIO	2020	2021
	2001	2012			
COBERTURA DE AGUA					
TOTAL	1.978.650	2.583.169	BOLIVIA	3.616	3.637
Sí, tiene ⁽¹⁾	86,97	93,68	Alcantarillado	52,44	48,93
No tiene	13,03	6,32	Cámara séptica	11,50	15,53
Urbana	1.514.880	2.110.642	Pozo ciego	-	-
Sí, tiene ⁽¹⁾	94,36	97,34	Pozo de absorción	1,90	1,45
No tiene	5,64	2,66	Superficie	0,21*	0,43*
Rural	463.770	472.527	No tiene baño	10,80	7,90
Sí, tiene ⁽¹⁾	62,82	77,32	Sin Desagüe	23,15	25,75
No tiene	37,18	22,68	Santa Cruz	1.024	995
COBERTURA DE SANEAMIENTO			Alcantarillado	51,60	41,33
TOTAL	1.978.650	2.583.169	Cámara séptica	25,49	38,85
Sí, tiene ⁽²⁾	29,60	46,92	Pozo ciego	-	...
No tiene	70,40	53,08	Pozo de absorción	3,90	0,90*
Urbana	1.514.880	2.110.642	Superficie	0,07	0,37*
Sí, tiene ⁽¹⁾	20,04	41,55	No tiene baño	2,02*	0,42*
No tiene	79,96	58,45	Sin Desagüe	16,91*	18,13
Rural	463.770	472.527			
Sí, tiene ⁽¹⁾	60,84	70,89			
No tiene	39,16	29,11			

Fuente: INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA (INE)

1.2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es la factibilidad económica de la reutilización de las aguas de lluvia y aguas grises en las redes hidrosanitarias en viviendas unifamiliares en la ciudad de Santa Cruz De La Sierra?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar la factibilidad económica de la reutilización de las aguas de lluvia y aguas grises en las redes hidrosanitarias en viviendas unifamiliares en la ciudad de Santa Cruz De La Sierra.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir la vivienda unifamiliar tipo para la ciudad de Santa Cruz De La Sierra.
- Delimitar una alternativa para la reutilización de agua.
- Realizar el recalcu hidrosanitario aplicando el sistema de reutilización de agua.
- Calcular el costo del sistema de reutilización de agua.
- Comparar los costos del sistema de reutilización y el sistema tradicional
- Realizar el análisis de factibilidad económica aplicando el sistema de reutilización de agua.

1.4. HIPOTESIS

La reutilización de agua en viviendas unifamiliares en la ciudad de Santa Cruz De La Sierra, en un determinado periodo de tiempo permite cubrir los gastos de instalación de reutilización con beneficios medioambientales.

1.5. JUSTIFICACION

La presente investigación busca realizar un análisis de factibilidad económica mediante el ahorro del consumo de agua potable, se busca una alternativa de solución para los problemas de desabastecimiento de agua potable mediante el reusó de aguas de lluvia y aguas grises. Se resalta la importancia de la presente investigación dado que se busca el ahorro de agua potable pudiendo dar así resultados económicos factibles y generando un aporte beneficioso para el medio ambiente como es el ahorro del recurso hídrico.

CAPITULO II MARCO TEORICO

2.1. VIVIENDAS UNIFAMILIARES.

Una vivienda unifamiliar es una estructura desarrollada para ser ocupada por una sola familia, las viviendas unifamiliares suelen variar en tamaño y estilo, desde pequeñas casas rurales hasta lujosas mansiones urbanas, la característica central es que tanto la estructura como el terreno, pertenece y es utilizada por una sola familia. Dado los antecedentes de escasez y derrochamiento de agua potable en el país se busca implementar el sistema de reutilización de aguas de lluvia y aguas grises para buscar conciencia de ahorro de agua potable en las viviendas unifamiliares.

Según el ministerio de desarrollo económico de Bolivia (2010) vivienda es toda construcción destinada al uso residencial, que otorga a sus habitantes protección contra el intemperismo, seguridad y privacidad. Es un bien destinado a satisfacer las necesidades básicas e indispensables para vivir dignamente, constituyéndose en un bien social y patrimonio familiar que define la calidad de vida de la familia.

2.1.1. TIPO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES.

Existen diversos tipos de viviendas unifamiliares como ser vivienda unifamiliar aislada, vivienda unifamiliar pareada, vivienda unifamiliar adosada en el que destacan sus diversas características, tales como ser los diferentes de cubiertas que pueden ser de un agua, de dos aguas, cubierta plana, etc.

El tipo de vivienda unifamiliar a ocupar en la presente tiene características que puedan ayudar a la recolección de aguas de lluvia y aguas grises.

FIGURA 2 VIVIENDA UNIFAMILIAR TIPO



Fuente: ARQ. JULIO VALVERDE (2023)

2.2. SISTEMAS DE REUTILIZACION DE AGUAS DE LLUVIA Y AGUAS GRISES.

Los sistemas de reutilización de aguas de lluvia y aguas grises son estructuras que a través de conductos como ser tuberías, tanques de almacenamiento, tratamientos, cuyo objetivo es reutilizar el agua de lluvia y aguas grises; estos sistemas son necesarios actualmente debido al excesivo uso de agua potable. Estos sistemas buscan el ahorro de agua potable y a largo plazo recuperar la inversión económica y beneficios ambientales.

2.2.1. CLASIFICACION DE AGUAS.

La clasificación de agua son las siguientes:

Agua potable: El agua potable es el agua apta para el consumo humano, higiene personal, etc. El agua potable para consumo humano, debe tener características como ser incoloras, insípidas, inodora y libre de contaminantes. El agua potable se la puede encontrar en 2 grupos: aguas superficiales, en las cuales se incluyen los arroyos, ríos, lagos y manantiales; y las aguas subterráneas, que son todas aquellas aguas que afloran a la superficie provenientes del subsuelo.

Aguas residuales: Es el agua que se encuentra contaminada por eces fecales, orina, químicos que se usan en el uso doméstico en procesos como ser lavaropas, lavamanos, etc.

Aguas grises: Las aguas grises se pueden definir como aguas sin aportes de inodoros y por lo tanto sin presencia de materia fecal contaminante, las aguas grises son provenientes de lavamanos, lavaplatos, duchas, lavanderías. Se puede pensar en la reutilización de las aguas grises en actividades que no sean de consumo humano debido a que no cuentan con contaminación alto.

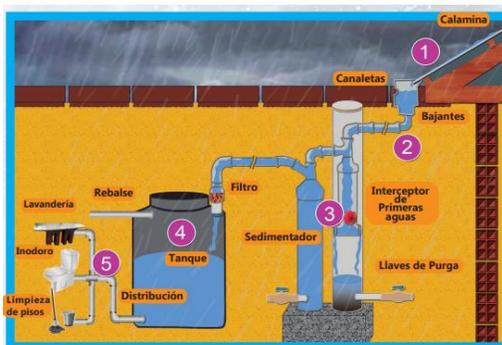
Aguas de lluvia: Las aguas de lluvia son provenientes de la precipitación natural.

2.2.2. TIPOS DE SISTEMAS DE REUTILIZACION DE AGUAS GRISES Y AGUAS DE LLUVIA

En los sistemas de reutilización de agua de lluvia y aguas grises está conformado por los siguientes procesos:

- 1.- Se realiza la captación de aguas de lluvia a través de la superficie del tejado
- 2.- Mediante el uso de canaletas y bajantes se conduce el agua al cuerpo interceptor
- 3.- Se intercepta el agua a través de dispositivos que sedimentan impurezas que se obtienen en las primeras aguas de lluvia
- 4.-Se almacena el agua mediante tanques o depósitos y se conserva el agua evitando su contaminación
- 5.-Se distribuye el agua almacenada mediante tuberías para el uso de lavandería, riego o llenado de tanques del inodoro
- 6.-Para la reutilización de aguas grises se conduce el agua gris de los artefactos como ser lavamanos, duchas, mediante tuberías a un tanque de almacenamiento.
- 7.-Almacenada el agua de lluvia y el agua gris en un tanque de almacenamiento, se procede a realizarle un tratamiento para alivianar la carga de solidos en el agua almacenada.
- 8.-Una vez tratada el agua de lluvia y aguas grises se distribuye el agua almacenada mediante tuberías para regar jardines, lavar autos, pisos e incluso para llenar el tanque del inodoro.

FIGURA 3 PROCESOS PARA LA REUTILIZACIÓN DE LAS AGUAS DE LLUVIA



Fuente: Guía para la utilización sostenible de aguas de lluvia

2.3. CALCULO DE SISTEMAS HIDROSANITARIOS

Para el proceso de reutilización de aguas de lluvia y aguas grises primeramente se realizará el cálculo convencional de un sistema hidrosanitario como ser:

- Diseño del trazado de la red de agua potable, alcantarillado sanitario y desagüe pluvial en la vivienda unifamiliar
- Mediante el método de Hunter; obtenidas las unidades de hunter mediante tabla definir los diámetros a ocupar en la red de agua potable.

TABLA 1. DIAMETRO DE TUBERIAS DE ACUERDO A LAS UNIDADES DE HUNTER ACUMULADAS PARA TUBERIAS DE AGUA POTABLE

DIÁMETRO(PLG)	VELOCIDAD(M/S)	UNIDADES DE GASTO MÁXIMAS	INTERPRETACIÓN PARA DIMENSIONAR TUBERÍAS
1/2"	1,64	5,5	Max 5,5 unidades de gasto
3/4"	1,07	10	Max 10 unidades de gasto
1"	1,3	28	Max 28 unidades de gasto
1 1/4"	1,28	50	Max 50 unidades de gasto
1 1/2"	1,28	90	Max 90 unidades de gasto
2"	1,26	240	Max 240 unidades de gasto
2 1/2"	1,16	400	Max 400 unidades de gasto
3"	1,19	680	Max 680 unidades de gasto
4"	0,89	1000	Max 1000 unidades de gasto

FUENTE: Apuntes ING. FRANCISCO ALVIZURI

- Realizar los cálculos de pérdida de carga, presión y velocidades.

Gradiente hidráulica

$$S = 10.643 * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.85} * D^{-4.87}$$

Donde:

Q = Caudal En $\frac{m^3}{seg}$

D=Diámetro En Metros.

C= Coeficiente Que Depende De La Rugosidad Del Material Para PVC=140

S= Gradiente Hidráulica $\frac{m}{M}$

FIGURA 4 VALORES DE PERDIDA DE CARGA SEGÚN ACCSESORIOS

										
DIAMETRO INTERNO (m.m.)	CURVA 90° R-3D	CURVA 90° R-2D	CODO	TE	MANGUERA R-100	DIAFRAGMA ABIERTA	MANQUITO	MACHO PASO RECTO	TECH TAYLOR	
LONGITUD EQUIVALENTE EN m DE TUBO RECTO DE IGUAL RESISTENCIA AL FLUJO.										
25	0.52	0.70	0.82	1.77	0.30	2.56	—	0.37	—	
32	0.73	0.91	1.13	2.38	0.40	3.29	—	0.49	—	
40	0.85	1.10	1.31	2.74	0.49	3.44	1.19	0.58	—	
50	1.07	1.40	1.68	3.35	0.55	3.66	1.43	0.73	—	
65	1.28	1.65	1.98	4.27	0.70	4.60	1.52	0.85	—	
80	1.55	2.07	2.47	5.18	0.85	4.88	1.92	1.04	0.20	
90	1.83	2.44	2.90	5.79	1.01	—	—	1.22	—	
100	2.13	2.77	3.35	6.71	1.16	7.62	2.19	1.40	0.23	
115	2.41	3.05	3.66	7.32	1.28	—	—	1.58	—	
125	2.71	3.66	4.27	8.23	1.43	13.11	3.05	1.77	0.30	
150	3.35	4.27	4.88	10.06	1.55	18.29	3.11	2.13	0.37	
200	4.27	5.49	6.40	13.11	2.41	19.81	7.92	2.74	0.82	
250	5.18	6.71	7.92	17.07	2.99	21.34	10.67	3.47	0.61	
300	6.10	7.92	9.75	20.12	3.35	28.96	15.85	4.08	0.76	
350	7.01	9.45	10.97	23.16	4.27	28.96	—	4.88	0.91	
400	8.23	10.67	12.80	26.52	4.88	—	—	5.49	1.04	
450	9.14	12.19	14.02	30.48	5.49	—	—	6.22	1.16	
500	10.36	13.11	15.85	33.53	6.10	—	—	7.32	1.25	

NOTA: PARA CURVA 135° USAR VALOR CURVA 90° x 1.5

FUENTE: Libro de instalaciones sanitarias del Ing. Enrique jimeno

Velocidad

$$V = 0.355 * C * S^{0.54} * D^{0.63}$$

Donde:

S= Gradiente Hidráulica $\frac{m}{M}$

D=Diámetro En Metros.

C= Coeficiente Que Depende De La Rugosidad Del Material Para PVC=140

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

- Una vez definido el trazado del alcantarillado sanitario y los artefactos sanitarios mediante las unidades de descarga hidráulica del método de hunter se define mediante tabla los diámetros a ocupar en los ramales, bajantes y tuberías de ventilación.

TABLA 2. UNIDADES DE DESCARGAS EN RAMALES SANITARIOS

ARTEFACTO SANITARIO	UNIDADES DE DESCARGA HIDRAULICA UD	RAMAL DE DESCARGA. DIAMETRO NOMINAL (MM) DN
Inodoro corriente (w)	6	100
Tina de residencial (B)	2	40
Bebedero	0,5	40
Bidet (Bt)	1	40
Ducha de residencia	2	40
Ducha publica - colectiva	4	40
Lavamanos residencial (L)	1	40
Lavamanos de uso general	2	40
Urinario c/válvula de descarga	6	75
Urinario c/tanque de descarga	5	50
Urinario c/ descarga automática	2	40
Urinario tipo canal corrido p/m	2	50
Lavaplatos de residencia (Lp)	3	50
Pileta de servicio	5	75
Pila de cocina industrial - preparación	3	50
Pila de cocina industrial - lavado	4	50
Lavandería (Lv)	3	40
Máquina de lavar platos	2	50**
Máquina de lavar ropa	3	50**
** Tomar en cuenta recomendaciones de fabricante		

FUENTE: RENISDA-2011

- Se realiza el dimensionamiento de los ramales y bajantes del alcantarillado pluvial teniendo en cuenta la intensidad de lluvia de acuerdo a la ciudad y el área de aporte.

TABLA 3. INTENSIDAD DE LLUVIA.

CIUDAD	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS		
	T=2 (mm/hr)	T=5 (mm/hr)	T=10 (mm/hr)
LA PAZ	30	41	52
EL ALTO	29	35	41
SANTA CRUZ	86	111	135
COCHABAMBA	37	46	54
TRINIDAD	116	144	170

FUENTE: RENISDA-2011

TABLA 4. DIAMETRO DE BAJANTES

DIÁMETRO NOMINAL DE LA BAJANTE (MM) DN	INTENSIDAD DE LA LLUVIA EN MM/HR					
	50	75	100	125	150	200
	ÁREA SERVIDA EN PROYECCIÓN (M2)					
75	128	85	64	51	43	32
100	257	171	129	103	86	64
150	686	457	343	274	229	172
200	1377	918	688	551	459	344

FUENTE: RENISDA-2011

- Se analiza en laboratorio las características de las aguas grises y aguas de lluvia a tratar para poder realizar su tratamiento respectivo de acuerdo al uso que se le va a dar en la reutilización de aguas grises.

TABLA 5. PARAMETROS DE CONTROL MINIMO

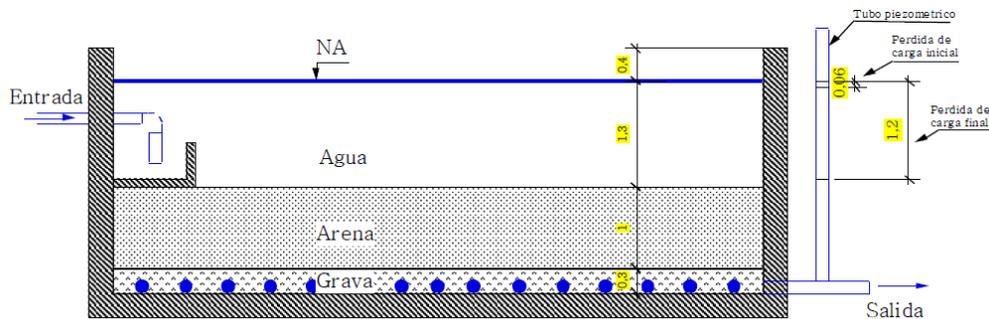
CARACTERÍSTICAS	VALOR MÁXIMO ACEPTABLE	OBSERVACIONES
pH	9.0	Límite inferior 6.5
Conductividad	1500,0 us/cm	
Turbiedad	5UNT	UNT= unidades nefelométricas de turbiedad
Cloro Residual	1,0 mg/l Valor aceptable en el punto terminal de la red	Límite inferior 0,2 mg/l, en un punto terminal de la red

CARACTERÍSTICAS	VALOR MÁXIMO ACEPTABLE	OBSERVACIONES
Coniformes termorresistentes	<1 UFC/100ml	Membrana filtrante
Coliformes termorresistentes	<2 NMP/100ml	Número más probable NMP/ serie de 5 tubos
Escherichia coli	<1 UFC/100ml	Membrana filtrante
Escherichia coli	<2 NMP/100ml	Número más probable NMP/ serie de 5 tubos

FUENTE: NORMA BOLIVIANA 512-08

- De acuerdo a los parámetros presentados se realiza el tratamiento más adecuado a las aguas grises y aguas de lluvia para su reutilización de acuerdo a su uso.

FIGURA 5 FILTRO LENTO



FUENTE: APUNTES ING. WILLY ARZADUM

Los filtros lentos es un tipo de tratamiento que tiene la capacidad de filtrar partículas más pequeñas por simple sedimentación, además de retener bacterias patógenas y equisitos de ameba, también el mal sabor y olor debido a las reacciones bioquímicas que se producen en la película inicial que se forma.

2.4. PRECIOS UNITARIOS DEL SISTEMA HIDROSANITARIO EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES

Los precios unitarios del sistema hidrosanitario en viviendas unifamiliares se realiza teniendo un concepto claro de todas las estructuras necesarias para la ejecución del sistema hidrosanitario; con la idea clara de las estructuras a ocupar se tiene en cuenta el tipo de material a necesitar, la mano de obra para instalar los materiales, las herramientas para ocupar en la instalación de los materiales y de acuerdo a experiencia en tipos de obras similares un promedio de rendimiento en la ejecución de los distintas estructuras a realizar .

2.5. ANALISIS COMPARATIVO DE COSTOS ENTRE EL SISTEMA TRADICIONAL Y EL SISTEMA DE REUTILIZACION DE AGUAS GRISES Y AGUAS DE LLUVIA

Para realizar un análisis comparativo de costos de dos tipos de sistemas a ocupar se tiene en cuenta el costo total de cada tipo de sistemas, para ello se realiza el cómputo métrico, el análisis de precios unitarios y se obtiene un presupuesto con el costo definitivo de cada tipo de sistemas de acuerdo a la funcionalidad y el fin de cada sistema se realiza un análisis de cual sistema es más factible.

CAPITULO III MARCO PRACTICO

3.1. VIVIENDA UNIFAMILIAR.

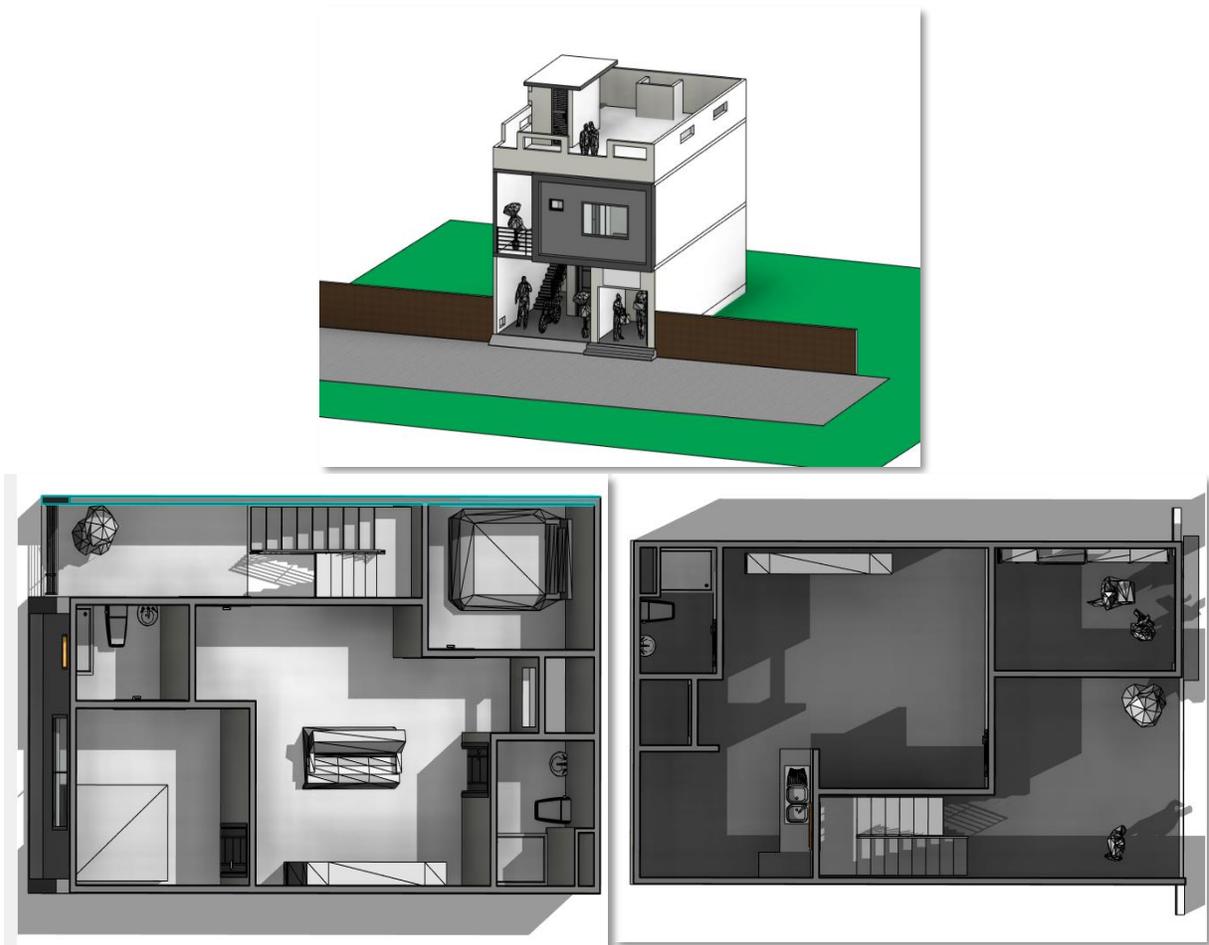
Para la presente investigación se ocupó la siguiente vivienda unifamiliar tipo que cuenta con un living comedor, cocina y un baño en la planta baja, en la primera planta cuenta con una suite con baño privado, una habitación con baño compartido y un living y en la segunda planta cuenta con un cuarto de servicio para lavar.

La vivienda unifamiliar cuenta con cubierta de techo plano con pendiente a los extremos de la cubierta para la óptima recolección de las aguas de lluvia.

La vivienda unifamiliar tipo cuenta con los siguientes artefactos sanitarios a tener en cuenta en la instigación:

- Planta baja
 - BAÑO COMUN
 - Inodoro
 - Lavamanos
 - Ducha
 - Cocina
 - Lavaplatos
- Primera planta
 - BAÑO COMUN
 - Inodoro
 - Lavamanos
 - Ducha
 - BAÑO PRIVADO
 - Inodoro
 - Lavamanos
 - Ducha
- SEGUNDA PLANTA
 - CUARTO DE SERVICIO
 - Lavandería
 - Lavadora Automática

FIGURA 6 VIVIENDA UNIFAMILIAR TIPO



Fuente: Ing. Luis Fernando Vélez.

3.2. DISEÑO HIDROSANITARIO MEDIANTE EL METODO TRADICIONAL.

Para el diseño hidrosanitario mediante el método tradicional se tienen en cuenta los siguientes ramales sanitarios:

- Red de agua potable
- Red de alcantarillado sanitario
- Red de alcantarillado pluvial
- Tuberías de ventilación

3.2.1. CALCULO HIDRAULICO DEL DISEÑO HIDROSANITARIO MEDIANTE EL METODO TRADICIONAL.

- SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Para realizar el cálculo hidráulico del diseño hidrosanitario mediante el método tradicional se ocupó el método probabilístico de hunter para obtener los caudales máximos probables según los artefactos sanitarios mostrados en la siguiente tabla.

TABLA 6. UNIDADES DE HUNTER POR ACCESORIO

VIVIENDA UNIFAMILIAR TIPO			
NOMBRE	TIPO	UNIDADES HUNTER	CAUDAL (lt/s)
PLANTA BAJA			
BAÑO COMUN			
Inodoro	TANQUE	2,5	
Lavamanos		1	
Ducha		2	
COCINA			
Lavaplatos		1,5	
PLANTA 1			
BAÑO PRIVADO			
Inodoro	TANQUE	2,5	
Lavamanos		1	
Ducha		2	
BAÑO COMUN			
Inodoro	TANQUE	2,5	
Lavamanos		1	
Ducha		2	
PLANTA 2			
Lavandería		2	
Lavadora automática		4	
	TOTAL	24	0,58

Fuente: Elaboración Propia

Según el método probabilístico de hunter, el caudal máximo probable para los artefactos a ocupar en la vivienda unifamiliar tipo es obtenido mediante tablas es de 0.58 lt/s.

TABLA 7. DIAMETRO, VELOCIDAD, CAUDAL

TRAMO	DIAMETRO D [plg]	UNIDADES DE HUNTER ACUMULADA	CAUDAL Q [lt/s]	GRAD. HIDR. S [m/m]	VELOCIDAD v [m/s]	LONGITUD L [m]	PERD. CARGA Hf [m]
M-A	3/4	-	0,15	0,023	0,62	16,07	0,37
A-B	3/4	2,5	0,15	0,023	0,62	6,15	0,14
B-C	3/4	5	0,19	0,035	0,68	0,31	0,01
C-D	3/4	7	0,24	0,055	0,85	2,35	0,13
D-E	1	8	0,26	0,016	0,60	11,38	0,18
E-F	3/4	10,5	0,31	0,088	1,10	0,40	0,04
F-G	3/4	12,5	0,35	0,110	1,24	2,31	0,25
G-H	1	13,5	0,37	0,030	0,74	8,32	0,25
H-I	3/4	16	0,42	0,154	1,49	1,18	0,18
I-J	3/4	18	0,46	0,182	1,63	1,36	0,25
J-K	3/4	22	0,54	0,245	1,92	3,84	0,94
K-L	3/4	24	0,58	0,279	2,06	1,57	0,44

Fuente: Elaboración Propia

Una vez obtenido los caudales máximos probables se calcula los diámetros para los distintos tramos de las instalaciones hidrosanitarias. El Reglamento Nacional De Instalaciones Sanitaria Domiciliarias nos sugiere que los tramos deben cumplir ciertos requisitos:

- Velocidad no menor a 0.60 m/s
- Presiones no menores a 2mca

Se realizo la verificación en el tramo más desfavorable mediante la fórmula de Hazen Williams

Gradiente hidráulica

$$S = 10.643 * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.85} * D^{-4.87}$$

Donde:

Q = Caudal En $\frac{m^3}{seg}$

D=Diámetro En Metros.

C= Coeficiente Que Depende De La Rugosidad Del Material Para PVC=140

S= Gradiente Hidráulica $\frac{m}{M}$

$$S = 10.643 * \left(\frac{5.8 * 10^{-4}}{140} \right)^{1.85} * (0.01905)^{-4.87}$$

$$s = 0.279 \frac{m}{m}$$

Velocidad

$$V = 0.355 * C * S^{0.54} * D^{0.63}$$

Donde:

S= Gradiente Hidráulica $\frac{m}{M}$

D=Diámetro En Metros.

C= Coeficiente Que Depende De La Rugosidad Del Material Para PVC=140

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

$$v = 0.355 * 140 * 0.279^{0.54} * 0.01905^{0.63}$$

$$v = 2.06 \frac{m}{seg}$$

Perdida de Carga

$$HF = HAccesorios + HF Tuberías + HF Medidor$$

HF= Perdida De Carga Total.

HF Accesorios=Perdida de carga en accesorios.

HF Tuberías=Perdida de carga en tuberías.

HF Medidor=Perdida de carga por medidor según fabricante =0.50

$$HF = 3.17 + 2.83 + 0.5$$

$$HF = 6.50$$

Presión

$$\text{Presion} = \text{Pservicio publico} - \text{HF} - \text{H}$$

Presión= Presión En El Accesorio Más Desfavorable-

HF=Perdida De Carga Total.

H=Diferencia De Altura Entre El Artefacto Mas Desfavorable Y El Medidor. H=6.44 m

P Servicio Publico= Presión De Agua En La Red Publica = 15 Mca.

$$\text{Presion} = 15 - 6.50 - 6.44$$

Presion = 2.06 mca. CUMPLE.

- **SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO**

TABLA 8.DIMENSION TUBERIAS ALCANTARILLADO SANITARIO

PLANTAS	ARTEFACTOS SANITARIOS	UD Unidad de descarga hidráulica por artefactos	UD acumulado	DIAMETRO CALCULADO (mm)	DIAMETRO Ramal descarga (Tabla) (mm)	DIAMETRO ADOPTADO (mm)
PLANTA 2 BS-1	Máquina de lavar ropa	3	3		50	
	Lavandería	3	6		40	
	Caja Interceptora		6	50		50
	PLANTA TIPO BS-1		6	50		50
PLANTA 1 BS-2	Ducha de residencia	2	3		40	
	Tabla 2.2 Ramal descarga DN=40	2	5		40	
	Caja Interceptora		5	50		50
	Inodoro corriente	6	11	75	100	100
	PLANTA TIPO BS-2		11	75		100

Fuente: Elaboración Propia

Para fines de dimensionamiento de los ramales hidráulicos y bajantes sanitarias se aplicó el método de Hunter de Unidades de Descarga Hidráulica (UD), asociado al conjunto de artefactos sanitarios a ocupar en la vivienda unifamiliar tipo ya mencionados anteriormente, para que descarguen a una bajante sanitaria y posteriormente a un sistema de alcantarillado sanitario público o cámara séptica.

- ALCANTARILLADO PLUVIAL

Para realizar el presente cálculo del sistema de alcantarillado pluvial se obtuvo información sobre la intensidad de lluvia de más de 20 años de precipitación, los datos se obtuvieron a través del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), se ubico las bajantes pluviales y luego se obtuvo las áreas de aporte.

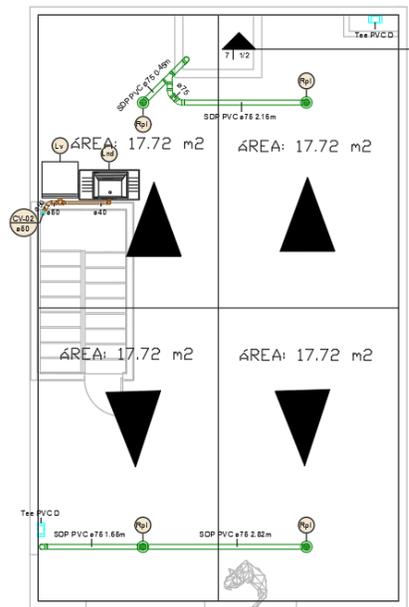
TABLA 9.PRECIPITACION TOTAL(MM)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1988	180.4	93.3	155	109.1	48	9.6	20.9	8.8	31.6	75	88.5	240.8
1989	194.3	199.3	146.8	130.8	80.2	159.6	68.8	86.2	27.2	12.5	158.6	259.3
1990	87.3	142.9	72.6	77.4	199.3	115.3	68.3	72.5	109.7	40.6	193.6	167.4
1991	337	137.1	189.7	108.4	111.6	92.5	73.5	5.7	44.2	152.8	162.1	164.9
1992	193.7	313.7	114.5	412.5	183.8	132.6	47.1	100.2	234	71.1	149.4	291.2
1993	67.5	238.2	84.8	30.1	87.9	13.5	68.6	57.9	120.6	42.6	222.4	143
1994	102.5	153.2	58.9	29.8	29.1	11.8	19.2	3.4	117.8	84.9	33.1	246.9
1995	154.9	109.8	66.8	89.8	11.4	10.8	38.6	19	46.1	62.8	41.1	119.2
1996	172.8	120.1	164.8	88.9	44.4	34	22.4	45.9	49.1	189.3	271.3	196.3
1997	157.6	201	107.2	88.4	36.6	103.8	10.8	25.6	56.7	184.9	132.2	239.5
1998	189.3	258.4	103.5	97.5	33.8	8.1	9.5	42.8	123	37.8	259.1	72.6
1999	51.4	46.5	192.6	38.6	75.3	68.3	21.5	0	49.1	33.9	31.6	150
2000	170.1	60.3	220.3	67.9	43.2	69.4	160.7	73.6	25.9	228.7	295.7	397
2001	125.4	104.3	114.4	180.9	228.4	67.1	33.1	38.6	114.6	236.9	257.7	89.7
2002	146.4	387.6	89.9	95.2	46.3	90.6	61.5	11.1	27.6	111.6	124.9	153.6
2003	223.2	164.8	132.7	75.6	71.3	78	19.2	11.1	138	134.5	96.4	254.1
2004	92.1	97.8	102.9	47.6	69.5	60.4	37.5	0.5	7.3	232.5	70	145.8
2005	163.3	56.2	117.1	60.6	61.4	93.3	3	73.1	80.5	178.9	242.6	200.1
2006	104.1	110.6	227.4	126.1	33.2	75.4	42.7	1.2	97.2	18.1	89.1	255.6
2007	323	179.4	92.6	77.6	132	0.1	16.1	20.3	0	67.7	296.9	204
2008	380.2	236.7	194	133.9	56	33.4	70.8	50.4	80.7	164	72.9	133.1
2009	217.2	173.9	249.2	103.9	106.4	28.3	80.2	73.6	56.2	93.7	173	150.8
2010	292.8	199.5	119.7	100.3	83.1	12.2	54.8	7.8	49.2	32.8	179.2	81.4
2011	132.2	297.7	182.6	77.2	14	80.8	81.4	6.1	6	133.6	38.4	140.8
2012	209.6	257.3	102.3	101.5	320.1	215.2	24.1	10.8	235.2	37	171.5	90.7
2013	154.6	96.6	185.8	233.9	232.3	151.3	42.3	98.6	39.4	149.8	156.1	108

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2014	327.1	265	339.3	152.7	177.3	285.9	136.2	0.7	95.9	26.4	260.5	325.3
2015	182.9	126.8	93.7	160.6	390	169.2	293.5	31.8	69.8	77.4	93	112.7
2016	160.2	115.9	161.2	155.2	70.8	83.4	1.9	105.5	2.7	61.3	167.2	138.2
2017	134.2	267.3	207.1	233.7	263.3	85.1	1.2	65.3	26.7	216.7	81.6	173.8

Fuente: <http://senamhi.gob.bo/index.php/sismet>

FIGURA 9 AREAS DE APORTE



Fuente: Elaboración Propia

TABLA 10. AREAS DE APORTE

Área	M2	Bajante
A1	35.44	B1
A2	35.44	B2

Fuente: Elaboración Propia

Una vez obtenidos los datos de intensidad, la ubicación de las bajantes y las áreas de aporte se procedió a realizar el cálculo de los diámetros de los ramales y los bajantes pluviales teniendo en cuenta las recomendaciones del reglamento nacional de instalaciones sanitarias domiciliarias que es tener una tensión tractiva mayor a 0.15 kgf/m².

TABLA 11. CALCULO ALCANTARILLADO PLUVIAL

Tramo		Área Acum.	Caudal(q) lps	Pendiente (S)		DIAMETRO		T.Tractiva	
DE	A			m/m	%	plg	m	Ft >0,15	
1	2	35,440	1,10	0,0100	1,00	3,00	0,076	0,16	Cumple
2	3	70,880	2,20	0,0100	1,00	3,00	0,076	0,21	Cumple

Fuente: Elaboración Propia

3.2.2. COMPUTOS METRICOS Y PRESUPUESTO.

TABLA 12. CANTIDAD DE TUBERIAS

CANTIDAD DE TUBERIAS			
Tipo	Tipo de sistema	Diámetro	Longitud
Tubería de PVC	Sistema Agua Fría	15	33,7
Tubería de PVC	Sistema Agua Fría	20	23,49
Tubería de PVC-Desagüe	Sistema drenaje Pluvial	75	30,46
Tubería de PVC-Desagüe	Sistema drenaje Sanitario	40	8,59
Tubería de PVC-Desagüe	Sistema drenaje Sanitario	50	9,96
Tubería de PVC-Desagüe	Sistema drenaje Sanitario	75	0,61
Tubería de PVC-Desagüe	Sistema drenaje Sanitario	100	32,64
Tubería de PVC-Desagüe	Sistema Ventilación	50	12,57
Tubería de PVC-Desagüe	Sistema Ventilación	75	4,13
Tubería de PVC-Desagüe	Sistema Ventilación	100	5,71

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 13. CANTIDAD DE ACCESORIOS

02 CANTIDAD DE ACCESORIOS			
Tipo de sistema	Familia	Tamaño	Recuento
Sistema Agua Fría	Llave de Paso	ø15-ø15	5
Sistema Agua Fría	Llave de Paso Bronce	ø20-ø20	1
Sistema Agua Fría	Medidor Vertical	ø20-ø20	1
Sistema Agua Fría	Válvula Bola	ø20-ø20	1

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 14. CANTIDAD UNIONES DE TUBERIA

03 CANTIDAD UNIONES DE TUBERIA			
Tipo de sistema	Familia	Tamaño	Recuento
Sistema Agua Fría	Codo PVC	ø15-ø15	27
Sistema Agua Fría	Codo PVC	ø20-ø20	11
Sistema Agua Fría	Reducción PVC	ø20-ø15	5
Sistema Agua Fría	Tee PVC	ø15-ø15-ø15	7
Sistema Agua Fría	Tee PVC	ø20-ø20-ø20	4
Sistema drenaje Pluvial	Codo PVC D	ø75-ø75	9
Sistema drenaje Pluvial	Tee PVC D	ø75-ø75-ø75	1
Sistema drenaje Pluvial	Yee PVC D	ø75-ø75-ø75	1
Sistema drenaje Sanitario	Codo PVC D	ø40-ø40	19
Sistema drenaje Sanitario	Codo PVC D	ø50-ø50	10
Sistema drenaje Sanitario	Codo PVC D	ø75-ø75	2
Sistema drenaje Sanitario	Codo PVC D	ø100-ø100	9
Sistema drenaje Sanitario	Reduccion PVC D	ø50-ø40	2
Sistema drenaje Sanitario	Reduccion PVC D	ø100-ø50	1
Sistema drenaje Sanitario	Reducción PVC D	ø100-ø100	1
Sistema drenaje Sanitario	Tee con Reducción PVC D	ø50-ø50-ø50	1
Sistema drenaje Sanitario	Tee PVC D	ø50-ø50-ø50	4
Sistema drenaje Sanitario	Tee PVC D	ø100-ø100-ø100	2
Sistema drenaje Sanitario	Yee con reducción - PVC -D	ø100-ø100-ø50	3
Sistema drenaje Sanitario	Yee con reducción - PVC -D	ø100-ø100-ø75	2
Sistema drenaje Sanitario	Yee PVC D	ø100-ø100-ø100	2
Sistema Ventilación	Codo PVC D	ø50-ø50	12
Sistema Ventilación	Codo PVC D	ø75-ø75	2
Sistema Ventilación	Tee PVC D	ø50-ø50-ø50	1
Sistema Ventilación	Tee PVC D	ø100-ø100-ø100	2
Sistema Ventilación	Ventilación	ø50	1
Sistema Ventilación	Yee con reducción - PVC -D	ø75-ø75-ø50	2
Sistema Ventilación	Yee con reducción - PVC -D	ø100-ø100-ø50	1

Fuente: Elaboración Propia

Para la obtención de los cálculos métricos se ocupó el programa Revit y tablas de Excel. Una vez obtenidos las cantidades de materiales como ser tuberías, llaves de paso, medidor, pegamento, etcétera se procede a realizar el presupuesto.

TABLA 15. PRESUPUESTO GENERAL

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL(BS)
PUNTO AGUA FRIA 15MM	PTO	34	135	4590
PUNTO AGUA FRIA 20MM	PTO	20	140	2800
PUNTO SANITARIO 40MM	PTO	19	190	3610
PUNTO SANITARIO 50MM	PTO	31	200	6200
PUNTO SANITARIO 75MM	PTO	17	210	3570
REPLANTEO Y CONTROL TOPOGRAFICO	ML	104,67	30	3140,1
EXCAVACION GENERAL	M3	50	100	5000
CAMARA DE INSPECCION 60*60	PZA	2	700	1400
CAMARA DE INSPECCION 40*40	PZA	2	500	1000
RELLENO Y COMPACTADO MANUAL	M3	50	100	5000
Yee con reducción - PVC 100MM	PZA	1	80	80
Tee PVC 100MM	PZA	2	85	170
Yee PVC 100MM	PZA	7	85	595
Tee PVC 100MM	PZA	2	85	170
Yee con reducción - PVC 100MM	PZA	3	85	255
Yee con reducción - PVC 100MM	PZA	3	85	255
Reducción PVC 100MM	PZA	1	85	85
Reducción PVC 100MM	PZA	1	85	85
Codo PVC D 100MM	PZA	9	85	765
TOTALES				38770,1

Fuente: Elaboración Propia

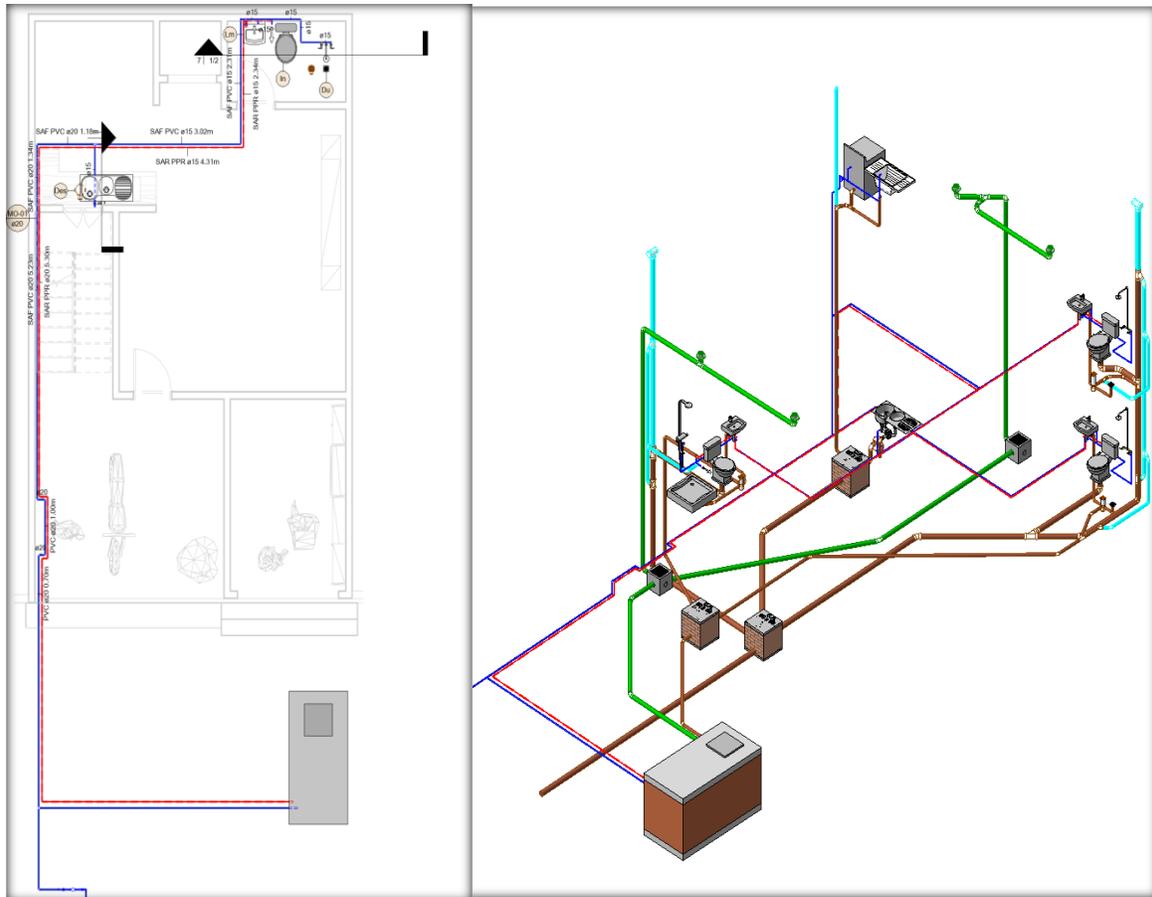
Para realización del presente presupuesto se tiene en cuenta todos los materiales obtenidos en los cálculos métricos como ser tuberías, accesorios, etcétera, así como también los insumos y mano de obra a ocupar para la instalación de estos mismos como ser pegamento, tarraja, equipo de termofusión, etcétera. Se utiliza como base la experiencia obtenida en trabajos similares para la obtención de los rendimientos en cada ítem, así con toda esta información poder realizar un presupuesto general.

El presupuesto del sistema hidrosanitario mediante el método tradicional es de treinta y ocho mil setecientos setenta bolivianos con diez centavos, el presente presupuesto obtenido a través de los cálculos métricos y el análisis de precios unitarios es el que consideramos para la comparación económica.

3.3. DISEÑO HIDROSANITARIO APLICANDO EL METODO DE REUTILIZACION DE AGUAS.

Para el siguiente diseño se toma en cuenta el método de reutilización de aguas grises de lavamanos, lavaplatos, ducha y aguas de lluvia. Se reutiliza en los tanques de los inodoros y para riego de jardines, lavar pisos y movilidades

FIGURA 10 SISTEMA DE REUTILIZACION DE AGUAS



Fuente: Elaboración Propia

Para realizar el abastecimiento de agua a los artefactos se toman en cuenta dos líneas de distribución de agua, la línea azul de distribución de agua potable a los artefactos como ser ducha, lavamanos, lavadora, lavandería y lavaplatos, la línea roja que es la línea de reutilización que es ocupada solo para los tanques de inodoro. Para poder ocupar la línea de reutilización de agua se ocupó las aguas grises provenientes de lavamanos, duchas y desagüe pluvial almacenada en una cámara donde es tratada para su posterior reutilización en los inodoros.

Para el diseño hidrosanitario mediante el método de reutilización de aguas de lluvia y aguas grises se tienen en cuenta los siguientes ramales:

- Red de agua potable
- Red de reutilización de aguas
- Red de alcantarillado sanitario
- Red de aguas grises
- Red de alcantarillado pluvial
- Tuberías de ventilación

3.3.1. CALCULO HIDRAULICO DEL DISEÑO HIDROSANITARIO MEDIANTE EL METODO DE REUTILIZACION DE AGUAS.

Para realizar el cálculo de caudales para el método de reutilización de aguas grises se ocupó el método probabilístico de hunter en el cual solo se toman en cuenta los artefactos en los que se reutilizara el agua en este caso el inodoro y mediante tabla se obtiene el caudal máximo probable.

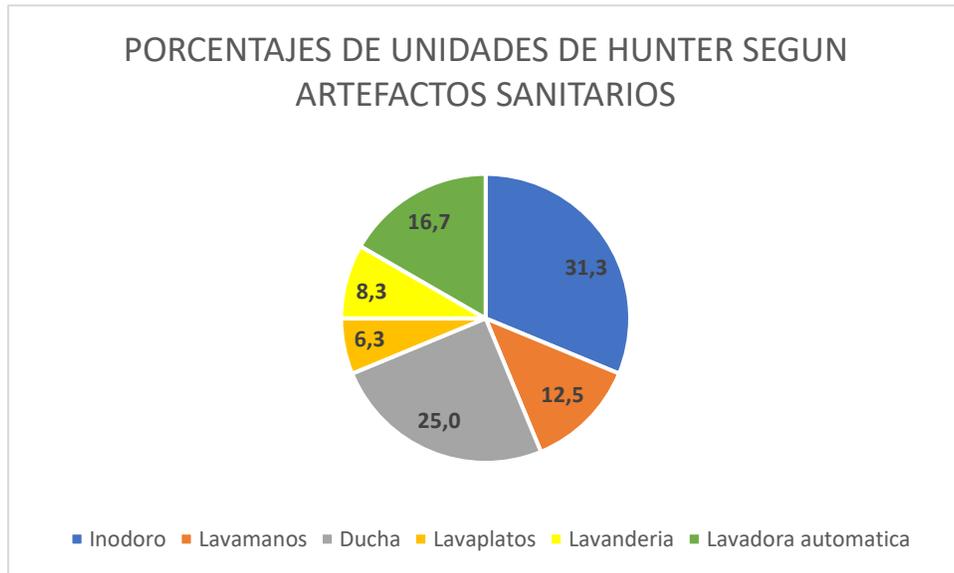
TABLA 16. UNIDADES DE HUNTER DE ARTEFACTOS A REUTILIZAR

NOMBRE	TIPO	UNIDADES HUNTER	CAUDAL
PLANTA BAJA			
Inodoro	TANQUE	2,5	
P1			
Inodoro I	TANQUE	2,5	
Inodoro II	TANQUE	2,5	
P2			
TOTALES		7,5	0,25

Fuente: Elaboración Propia

Según el método probabilístico de hunter, el caudal máximo probable para abastecer el tanque de los inodoros ocupando la reutilización de aguas de lluvia y aguas grises en la vivienda unifamiliar tipo obtenido mediante tablas es de 0.25 lt/s.

FIGURA 11 PORCENTAJES DE UNIDADES DE HUNTER SEGÚN ARTEFACTOS SANITARIOS



Fuente: Elaboración Propia

Según la Tabla 16 podemos decir que mediante probabilístico de hunter teniendo en cuenta que para dimensionar la red de reutilización solo se tendrá en cuenta el abastecimiento de los inodoros, el caudal necesario para la reutilización de agua calculado a través del método de hunter sería 0.25 It/s. En la Figura 11 podemos apreciar una relación en porcentaje de las unidades de hunter ocupadas por cada artefacto en la que se aprecia que el inodoro ocupa un 31.3% de las unidades de hunter totales para obtener el caudal máximo probable, dato muy relevante a tener en cuenta para la reutilización de agua.

- SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Para realizar el cálculo hidráulico de la red de agua potable en el sistema de reutilización de aguas de lluvia y aguas grises, se realizó todo el diseño y cálculo sin tener en cuenta el abastecimiento de agua potable al tanque del inodoro dado que eso se realizó en la red de reutilización.

TABLA 17. CALCULO DE CAUDAL, VELOCIDAD Y PERDIDA DE CARGA

ARTEFACTO	TRAMO	DIAMETRO D [plg]	UNIDADES DE HUNTER ACUMULADA	CAUDAL Q [lt/s]	GRAD. HIDR. S [m/m]	VELOCIDAD v [m/s]	LONGITUD L [m]	PERD. CARGA Hf [m]
lavaplatos	M-A	3/4	-	0,15	0,023	0.61	23,83	0,55
lavamanos	A-B	3/4	2,5	0,15	0,023	0.62	6,15	0,14
ducha	B-C	1/2	4,5	0,19	0,255	1,52	2,63	0,67
lavamanos	C-D	1	5,5	0,21	0,010	0,41	11,44	0,11
ducha	D-E	1/2	7,5	0,25	0,424	2,00	2,73	1,16
lavamanos	E-F	3/4	8,5	0,27	0,068	0,96	8,32	0,56
ducha	F-G	1/2	10,5	0,31	0,631	2,48	2,3756	1,50
lavadora	G-H	3/4	14,5	0,39	0,134	1,38	3,8358	0,51
lavandería	H-I	3/4	16,5	0,43	0,161	1,53	1,5687	0,25
TOTAL								3,19

Fuente: Elaboración Propia

Una vez obtenido los caudales máximos probables se adopta los diámetros para los distintos tramos de las instalaciones hidrosanitarias. El Reglamento Nacional De Instalaciones Sanitaria Domiciliarias nos sugiere que los tramos deben cumplir ciertos requisitos:

- Velocidad no menor a 0.60 m/s
- Presiones no menores a 2mca

Se realizo la verificación en el tramo más desfavorable mediante la fórmula de Hazen Williams

Gradiente hidráulica

$$S = 10.643 * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.85} * D^{-4.87}$$

Donde:

Q = Caudal En $\frac{m^3}{seg}$

D=Diámetro En Metros.

C= Coeficiente Que Depende De La Rugosidad Del Material Para PVC=140

S= Gradiente Hidráulica $\frac{m}{M}$

$$S = 10.643 * \left(\frac{4.3 * 10^{-4}}{140} \right)^{1.85} * (0.01905)^{-4.87}$$

$$s = 0.161 \frac{m}{m}$$

Velocidad

$$V = 0.355 * C * S^{0.54} * D^{0.63}$$

Donde:

S= Gradiente Hidráulica $\frac{m}{M}$

D=Diámetro En Metros.

C= Coeficiente Que Depende De La Rugosidad Del Material Para PVC=140

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

$$v = 0.355 * 140 * 0.161^{0.54} * 0.01905^{0.63}$$

$$V = 1.53 \frac{m}{seg}$$

Perdida de Carga

$$HF = HAccesorios + HF Tuberías + HF Medidor$$

HF= Perdida De Carga Total.

HF Accesorios=Perdida de carga en accesorios.

HF Tuberías=Perdida de carga en tuberías.

HF Medidor=Perdida de carga por medidor según fabricante =0.50

$$HF = 3.19 + 2.45 + 0.5$$

$$HF = 6.84$$

Presión

$$\text{Presion} = \text{Pservicio publico} - \text{HF} - \text{H}$$

Presión= Presión En El Accesorio Más Desfavorable-

HF=Perdida De Carga Total.

H=Diferencia De Altura Entre El Artefacto Mas Desfavorable Y El Medidor. H=6.44 m

P Servicio Publico= Presión De Agua En La Red Publica = 15 Mca.

$$\text{Presion} = 15 - 6.84 - 6.44$$

Presion = 2.012 mca. CUMPLE.

- SISTEMA DE REUTILIZACION DE AGUA

Se realizo el dimensionamiento de reutilización tomando en cuenta el abastecimiento del tanque de los inodoros.

TABLA 18. CALCULO DE CAUDALES, VELOCIDAD Y PERDIDA DE CARGA

ARTEFACTO	TRAMO	DIAMETRO	UNIDADES	CAUDAL	GRAD. HIDR.	VELOCIDAD	LONGITUD	PERD. CARGA
		D	DE HUNTER	Q	S	v	L	Hf
		[plg]	ACUMULADA	[lt/s]	[m/m]	[m/s]	[m]	[m]
inodoro	M-A	3/4	-	0,15	0,023	0,60	15,36	0,35
inodoro	A-B	3/4	5	0,19	0,035	0,68	15,36	0,54
inodoro	B-C	3/4	7,5	0,25	0,059	0,89	15,36	0,90
TOTAL								1,80

Fuente: Elaboración Propia

Una vez obtenido los caudales máximos probables se adopta los diámetros para los distintos tramos de las instalaciones hidrosanitarias. El Reglamento Nacional De Instalaciones Sanitaria Domiciliarias nos sugiere que los tramos deben cumplir ciertos requisitos:

- Velocidad no menor a 0.60 m/s
- Presiones no menores a 2mca

Se realizo la verificación en el tramo más desfavorable mediante la fórmula de Hazen Williams

Gradiente hidráulica

$$S = 10.643 * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.85} * D^{-4.87}$$

Donde:

Q = Caudal En $\frac{m^3}{seg}$

D=Diámetro En Metros.

C= Coeficiente Que Depende De La Rugosidad Del Material Para PVC=140

S= Gradiente Hidráulica $\frac{m}{M}$

$$S = 10.643 * \left(\frac{2.5 * 10^{-4}}{140}\right)^{1.85} * (0.01905)^{-4.87}$$

$$s = 0.059 \frac{m}{m}$$

Velocidad

$$V = 0.355 * C * S^{0.54} * D^{0.63}$$

Donde:

S= Gradiente Hidráulica $\frac{m}{M}$

D=Diámetro En Metros.

C= Coeficiente Que Depende De La Rugosidad Del Material Para PVC=140

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

$$v = 0.355 * 140 * 0.059^{0.54} * 0.01905^{0.63}$$

$$v = 0.89 \frac{m}{seg}$$

Perdida de Carga

$$HF = HAccesorios + HF Tuberías + HF Medidor$$

HF= Perdida De Carga Total.

HF Accesorios=Perdida de carga en accesorios.

HF Tuberías=Perdida de carga en tuberías.

HF Medidor=Perdida de carga por medidor según fabricante =0.50

$$HF = 0.70 + 1.80 + 0.5$$

$$HF = 3$$

Presión

$$\text{Presion} = \text{Pservicio publico} + HF + H$$

Presión= Presión Requerida

HF=Perdida De Carga Total.

H=Diferencia De Altura Entre El Artefacto Mas Desfavorable Y El Medidor. H=3.50 m

P Servicio Publico= Presión A Ocupar En El Artefacto Mas Desfavorable = 15 Mca.

$$\text{Presion} = 2 + 3 + 3.50$$

$$\text{Presion} = 8.50 \text{ mca.}$$

Debido a que se almacenará en un cámara donde se le realizará tratamiento al agua gris y ala aguas de lluvia se distribuirá el agua a reutilizar a través de bombas o equipos hidroneumáticos, por lo tanto, se realizó el cálculo de la presión necesaria para el dimensionamiento de la bomba o equipo hidroneumático

Presión

$$\text{Presion} = \text{Phidroneumatico} - HF - H$$

Presión= Presión En El Punto Mas Desfavorable

HF=Perdida De Carga Total.

H=Diferencia De Altura Entre El Artefacto Mas Desfavorable Y El Medidor. H=3.50 m

P Hidroneumático= Presión hidroneumático 20psi(14Mca) a 40 psi(28Mca) se toma el valor de la presión de arranque pues sería la condición más desfavorable que podría darse.

$$EPresion = 14 - 3 - 3.50$$

$$Presion = 7.50 \text{ mca.}$$

De acuerdo al caudal, la presión requerida y el volumen del tanque del hidroneumático el Modelo MPD 36, es el modelo que cumple con las condiciones a satisfacer presión mayor a 2 Mca en el punto más desfavorable.

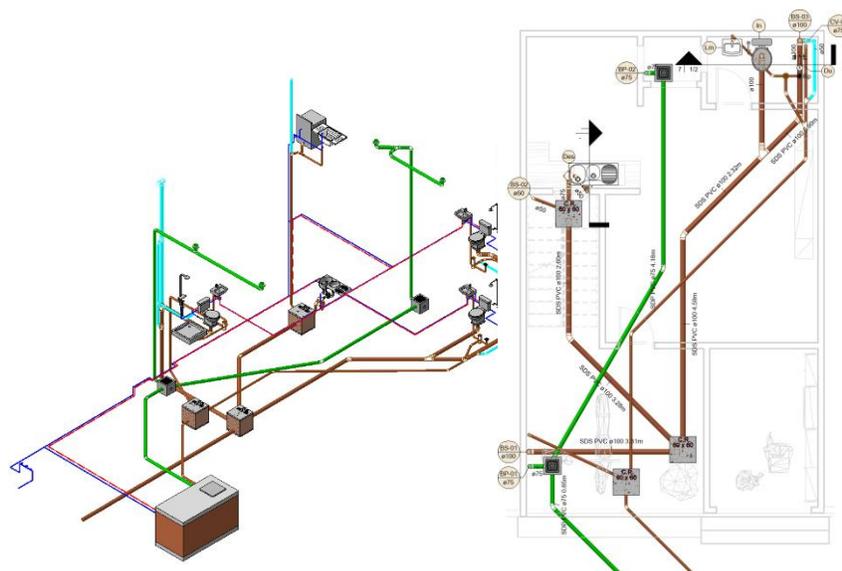
- SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO

Para el sistema de alcantarillado sanitario en el sistema de reutilización de aguas se calculo el sistema de alcantarillado sanitario en 2 ramales:

- Red de alcantarillado sanitario provenientes de inodoro, lavadora, lavandería y lavaplatos
- Red de aguas grises provenientes de lavamanos y duchas

La red de alcantarillado sanitario desembocara directamente ala red de alcantarillado sanitario público. La red de aguas grises desembocará en un tanque de almacenamiento donde se le realizará tratamiento para posteriormente reutilizarse a través de un equipo hidroneumático de bombeo. Se tomo en cuenta para la reutilización de aguas solamente las aguas grises provenientes de lavamanos y duchas debido a su baja contaminación y baja carga de sólidos, a pesar de que la contaminación es mínima y con el tratamiento adecuado se puede llegar a los parámetros de agua para consumo humano, la recomendación de la norma boliviana NB-688 es que la reutilización de aguas se ocupe en actividades que no sean de consumo humano.

FIGURA 12 RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y RED DE AGUAS GRISES



Fuente: Elaboración Propia

TABLA 19. DIMENSIONAMIENTO RED DE AGUAS GRISES

PLANTAS	ARTEFACTOS SANITARIOS	UD Unidad de descarga hidráulica por artefactos	UD acumulado	DIAMETRO CALCULADO (mm)	DIAMETRO Ramal descarga (Tabla) (mm)	DIAMETRO ADOPTADO (mm)
PLANTA 2 BS-1	Ducha de residencia	3	3		50	
	Lavamanos	3	6		40	
	Caja Interceptora		6	50		50
	PLANTA TIPO BS-1		6	50		50
PLANTA 1 BS-2	Ducha de residencia	3	3		50	
	Lavamanos	3	3		40	
	Caja Interceptora		6	50		50
	PLANTA TIPO BS-2		6	50		50

Fuente: Elaboración Propia

Para fines de dimensionamiento de los ramales hidráulicos y bajantes sanitarias, ramales y bajantes de ventilación, se aplicó el método de Hunter de Unidades de Descarga Hidráulica (UD), en el cálculo hidrosanitario de los ramales y bajantes de la red de aguas grises se obtuvieron diámetro de 50 mm, debido a la separación con la red de aguas negras.

TABLA 20. DIMENSIONAMIENTO RED DE AGUAS NEGRAS

PLANTAS	ARTEFACTOS SANITARIOS	UD Unidad de descarga hidráulica por artefactos	UD acumulado	DIAMETRO CALCULADO (mm)	DIAMETRO Ramal descarga (Tabla) (mm)	DIAMETRO ADOPTADO (mm)
PLANTA 2 BS-1	INODORO	6	6	75	100	
	PLANTA TIPO BS-1		6	75		100
PLANTA 1 BS-2	INODORO	6	6	75	50	
	PLANTA TIPO BS-2		6	75		100

Fuente: Elaboración Propia

Se realizó el cálculo hidrosanitario de los ramales y bajantes de alcantarillado sanitario y la tubería de ventilación, en la vivienda unifamiliar tipo siguiendo todas las recomendaciones de El Reglamento Nacional De Instalaciones Sanitaria Domiciliarias, mediante tablas de Excel y el diseño se realizó en el programa Revit donde se obtuvo todos los planos en plantas y los isométricos en 3d.

- ALCANTARILLADO PLUVIAL

Para realizar el presente cálculo del sistema de alcantarillado pluvial se obtuvo los datos de precipitaciones para obtener un cálculo más confiable, ubicó las bajantes pluviales y luego se obtuvo las áreas de aporte.

TABLA 21. PRECIPITACION TOTAL(MM)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1988	180.4	93.3	155	109.1	48	9.6	20.9	8.8	31.6	75	88.5	240.8
1989	194.3	199.3	146.8	130.8	80.2	159.6	68.8	86.2	27.2	12.5	158.6	259.3
1990	87.3	142.9	72.6	77.4	199.3	115.3	68.3	72.5	109.7	40.6	193.6	167.4
1991	337	137.1	189.7	108.4	111.6	92.5	73.5	5.7	44.2	152.8	162.1	164.9
1992	193.7	313.7	114.5	412.5	183.8	132.6	47.1	100.2	234	71.1	149.4	291.2
1993	67.5	238.2	84.8	30.1	87.9	13.5	68.6	57.9	120.6	42.6	222.4	143
1994	102.5	153.2	58.9	29.8	29.1	11.8	19.2	3.4	117.8	84.9	33.1	246.9
1995	154.9	109.8	66.8	89.8	11.4	10.8	38.6	19	46.1	62.8	41.1	119.2

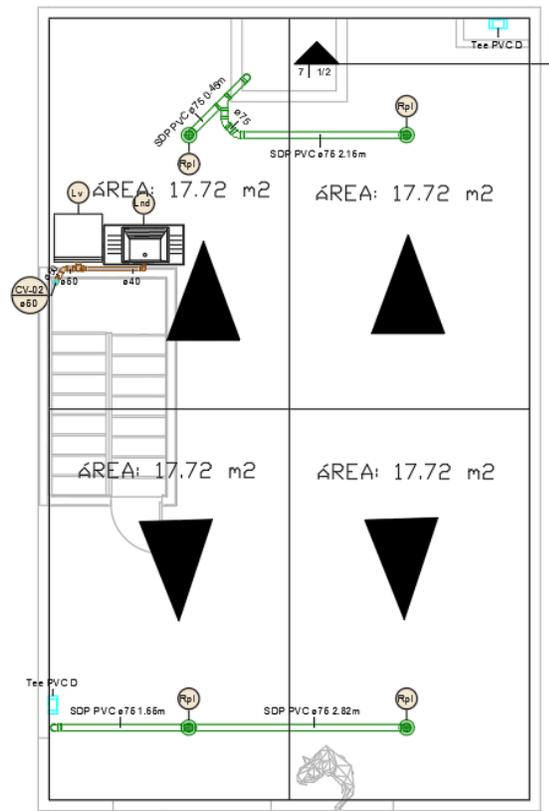
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1996	172.8	120.1	164.8	88.9	44.4	34	22.4	45.9	49.1	189.3	271.3	196.3
1997	157.6	201	107.2	88.4	36.6	103.8	10.8	25.6	56.7	184.9	132.2	239.5
1998	189.3	258.4	103.5	97.5	33.8	8.1	9.5	42.8	123	37.8	259.1	72.6
1999	51.4	46.5	192.6	38.6	75.3	68.3	21.5	0	49.1	33.9	31.6	150
2000	170.1	60.3	220.3	67.9	43.2	69.4	160.7	73.6	25.9	228.7	295.7	397
2001	125.4	104.3	114.4	180.9	228.4	67.1	33.1	38.6	114.6	236.9	257.7	89.7
2002	146.4	387.6	89.9	95.2	46.3	90.6	61.5	11.1	27.6	111.6	124.9	153.6
2003	223.2	164.8	132.7	75.6	71.3	78	19.2	11.1	138	134.5	96.4	254.1
2004	92.1	97.8	102.9	47.6	69.5	60.4	37.5	0.5	7.3	232.5	70	145.8
2005	163.3	56.2	117.1	60.6	61.4	93.3	3	73.1	80.5	178.9	242.6	200.1
2006	104.1	110.6	227.4	126.1	33.2	75.4	42.7	1.2	97.2	18.1	89.1	255.6
2007	323	179.4	92.6	77.6	132	0.1	16.1	20.3	0	67.7	296.9	204
2008	380.2	236.7	194	133.9	56	33.4	70.8	50.4	80.7	164	72.9	133.1
2009	217.2	173.9	249.2	103.9	106.4	28.3	80.2	73.6	56.2	93.7	173	150.8
2010	292.8	199.5	119.7	100.3	83.1	12.2	54.8	7.8	49.2	32.8	179.2	81.4
2011	132.2	297.7	182.6	77.2	14	80.8	81.4	6.1	6	133.6	38.4	140.8
2012	209.6	257.3	102.3	101.5	320.1	215.2	24.1	10.8	235.2	37	171.5	90.7
2013	154.6	96.6	185.8	233.9	232.3	151.3	42.3	98.6	39.4	149.8	156.1	108
2014	327.1	265	339.3	152.7	177.3	285.9	136.2	0.7	95.9	26.4	260.5	325.3
2015	182.9	126.8	93.7	160.6	390	169.2	293.5	31.8	69.8	77.4	93	112.7
2016	160.2	115.9	161.2	155.2	70.8	83.4	1.9	105.5	2.7	61.3	167.2	138.2
2017	134.2	267.3	207.1	233.7	263.3	85.1	1.2	65.3	26.7	216.7	81.6	173.8

Fuente: <http://senamhi.gob.bo/index.php/sismet>

En la ciudad de Santa Cruz de la Sierra se han realizado varios estudios hidrológicos, estos estudios han sido respaldados con los datos registrados por las estaciones hidrológicas que existen en la ciudad. Los datos de las precipitaciones totales fueron obtenidos a través de la página del SENAMHI y la estación el Trompillo Aeropuerto.

El valor de intensidad de lluvia que se utilizó en la presente investigación es de 111 mm/hr, para un periodo de retorno de 5 años.

FIGURA 13 AREAS DE APORTE



Fuente: Elaboración Propia

TABLA 22. AREAS DE APORTE

Área	M2	Bajante
A1	35.44	B1
A2	35.44	B2

Fuente: Elaboración Propia

Realizada la ubicación de los artefactos para la recolección de aguas pluviales y la ubicación de las bajantes se procedió a realizar el cálculo hidráulico obteniendo caudales, teniendo en cuenta las recomendaciones del reglamento nacional de instalaciones sanitarias domiciliarias que es la verificación de los diámetros a través de la tensión tractiva, que nos tiene que dar valores mayores a 0.15 kgf/m2.

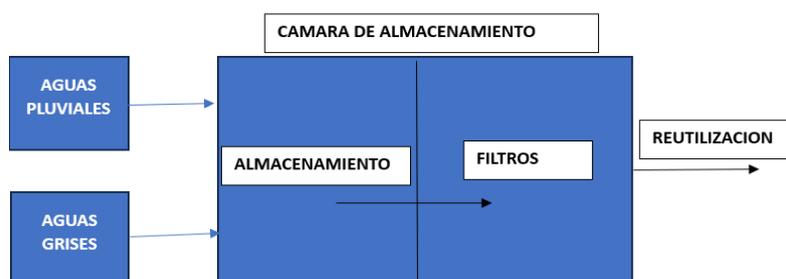
TABLA 23. CALCULO DE CAUDALES, TENSION TRACTIVA

Tramo		Area Acum.	Caudal(q) lps	Pendiente (S)		DIAMETRO		T.Tractiva	
DE	A			m/m	%	plg	m	Ft >0,15	
1	2	35,440	1,10	0,0100	1,00	3,00	0,076	0,16	Cumple
2	3	70,880	2,20	0,0100	1,00	3,00	0,076	0,21	Cumple

Fuente: Elaboración Propia

- TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES

FIGURA 14 ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA DE REUTILIZACION



Fuente: Elaboración Propia

Debido al grado de contaminación, la contaminación más crítica viene siendo las aguas grises, debido a su mayor número de contaminantes a diferencia de las aguas pluviales, por lo tanto, se obtuvo un análisis de muestra realizado recientemente de aguas grises.

FIGURA 15 RESULTADOS DE LABORATORIO DE AGUAS GRISES

Nº	Parámetros	Unidades	Límites de Cuantificación	Valores Máximos Admisibles	Resultados de Análisis
1	Grasas y Aceites	mg/l	1.0	10	9.2
2	pH	mg/l	1.0 a 13.0	6.5-9	9.44
3	Solidos Suspendidos Totales a 105°C	mg/l	0.1	ND	4.0
2	Solidos Sedimentales Totales	adimensional	1.0	60	572.0

Fuente: Ing. Miguel Morales (2023)

Según la Norma Boliviana 512 los niveles obtenidos en los resultados son superiores a los permitidos. Los análisis de laboratorio nos permiten:

Identificar las sustancias necesarias para purificar el agua dentro del proceso de filtración.

Diseñar un sistema hidráulico, de recolección de aguas grises domésticas y su método de almacenamiento para su posterior reutilización.

$$Q_{\text{agua gris}} = 219 \text{ m}^3/\text{año} \quad (\text{Caudal de agua gris anual})$$

$$Q_{\text{agua gris}} = 0.025 \text{ m}^3/\text{hr} \quad (\text{Caudal de agua gris por hora})$$

Se considerará como mínimo dos unidades para el sistema.

$$N = 2 \quad (\text{Número de unidades})$$

La velocidad de filtración cuando el proceso considerado sea filtro lento, la tasa de filtración debe de estar comprendida entre 0.1 – 0.3 m/hr

$$v_f = 0.1 \text{ m/hr} \quad (\text{Velocidad de filtración})$$

Cálculo del área del medio filtrante

$$A_s = \frac{Q_{\text{agua gris}}}{N * v_f}$$

$$A_s = \frac{0.025 \text{ m}^3/\text{hr}}{2 * 0.1 \text{ m/hr}}$$

$$A_s = 0.125 \text{ m}^2 \quad (\text{Área del medio filtrante})$$

$$k = \frac{2 * N}{N + 1}$$

$$k = \frac{2 * 2}{2 + 1}$$

$$k = 1.33 \quad (\text{Coeficiente de mínimo costo})$$

Dimensiones del filtro

$$L = (As * k)^{0.5}$$

$$L = (0.125 \text{ m}^2 * 1.33)^{0.5}$$

$$L = 0.50 \text{ m} \quad (\text{Largo de cada unidad})$$

$$B = \left(\frac{As}{k}\right)^{0.5}$$

$$B = \left(\frac{2.991 \text{ m}^2}{1.33}\right)^{0.5}$$

$$B = 0.20 \text{ m} \quad (\text{Ancho de cada unidad})$$

Velocidad filtración real

$$vr = \frac{Q_{\text{agua gris}}}{N * a * b}$$

$$vr = \frac{0.025 \text{ m}^3/\text{hr}}{2 * 0.50 \text{ m} * 0.20 \text{ m}}$$

$$vr = 0.125 \text{ m/hr} \quad (\text{Velocidad de filtración real})$$

TABLA 24. CRITERIOS DE DISEÑO DE FILTRO LENTO

CRITERIOS DE DISEÑO DE FILTRO LENTO			
PARÁMETROS	UNIDAD	VALORES	PARÁMETROS
Velocidad de filtración	m/hr	0.1 – 0.3	Cumple
Número mínimo de unidades	Und	2	Cumple
Borde libre	m	≥ 0.3	0.4
Capa de agua	m	0.75 – 1.5	0.95
Altura de lecho filtrante	m	0.5 – 0.8	0.8
Granulometría del lecho (Arena Cu=2)	mm	0.2 – 0.3	
Capa de arena	m	0.5 – 0.8	0.8

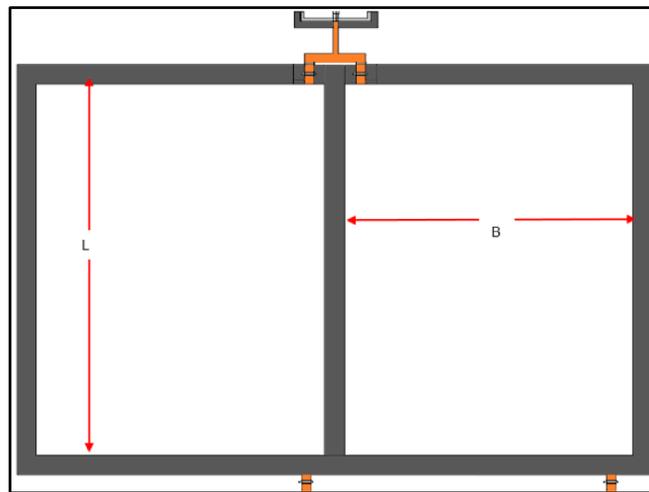
CRITERIOS DE DISEÑO DE FILTRO LENTO			
PARÁMETROS	UNIDAD	VALORES	PARÁMETROS
Altura de la capa de soporte	m	0.1 – 0.3	0.3
Granulometría grava	mm	3.0 – 50	
Capa 01 (3-9.5mm)	m		0.05
Capa 02 (9.5-19mm)	m		0.05
Capa 03 (19-50mm)	m		0.2
Altura de drenaje	m	0.1 – 0.25	0.2
		H total =	2.65

FUENTE: LIBRO INGENIERIA SANITARIA DE ING.GUIDO CAPRA JEMIO

$$H_{total} = 0.4 \text{ m} + 0.95 \text{ m} + 0.8 \text{ m} + 0.05 \text{ m} + 0.05 \text{ m} + 0.2 \text{ m} + 0.2 \text{ m}$$

$$H_{total} = 2.65$$

FIGURA 16 DIMENSIONAMIENTO FILTROS



Fuente: Elaboración propia

Los filtros tendrán un ciclo de limpieza de aproximadamente de 6 meses, por tratarse de aguas grises las mismas que contienen muy baja cantidad de solidos suspendidos, grasas y aceites.

3.3.2. COMPUTOS METRICOS Y PRESUPUESTO.

TABLA 25. CANTIDAD DE TUBERIAS

CANTIDAD DE TUBERIAS			
TIPO	TIPO DE SISTEMA	DIAMETRO	LONGITUD
tubería de PPR	Sistema Agua Fría	15	0,32
tubería de PVC	Sistema Agua Fría	15	33,61
tubería de PVC	Sistema Agua Fría	20	30,15
TOTALES			64,08
tubería de PPR	Sistema Agua Reutilizada	15	29,36
tubería de PPR	Sistema Agua Reutilizada	20	16,72
TOTALES			46,08
tubería de PVC- Desagüe	Sistema drenaje Pluvial	75	34,81
TOTALES			34,81
tubería de PVC- Desagüe	Sistema drenaje Sanitario	40	8,99
tubería de PVC- Desagüe	Sistema drenaje Sanitario	50	34,54
tubería de PVC- Desagüe	Sistema drenaje Sanitario	75	0,61
tubería de PVC- Desagüe	Sistema drenaje Sanitario	100	37,54
TOTALES			81,68
tubería de PVC- Desagüe	Sistema Ventilación	50	11,7
tubería de PVC- Desagüe	Sistema Ventilación	75	4,13
tubería de PVC- Desagüe	Sistema Ventilación	100	5,78
TOTALES			21,61

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 26. CANTIDAD DE ACCESORIOS

02 CANTIDAD DE ACCESORIOS			
Tipo de sistema	Familia	Tamaño	Recuento
Sistema Agua Fría	Llave de Paso	ø15-ø15	5
Sistema Agua Fría	Llave de Paso Bronce	ø20-ø20	2
Sistema Agua Fría	Válvula bola	ø20-ø20	1
Sistema Agua Fría	Medidor Vertical	ø20-ø20	1
Sistema Agua Reutilizada	Llave de paso FF	ø15-ø15	3
Sistema Agua Reutilizada	Válvula Bola	ø20-ø20	1

Fuente: Elaboración Propia

Para la obtención de los cálculos métricos se ocupó el programa Revit y tablas de Excel. Una vez obtenidos las cantidades de materiales como ser tuberías, llaves de paso, medidor, pegamento, etcétera se procede a realizar el presupuesto.

TABLA 27. PRESUPUESTO GENERAL

DESCRIPCION	UNIDA D	CANTIDA D	UNITARI O	PARCIAL(BS)
Punto Agua Fría 15mm	PTO	48	135	6480
Punto Agua Fría 20mm	PTO	30	140	4200
Punto Agua Fría Termo 15mm	PTO	14	140	1960
Punto Agua Fría Termo 20mm	PTO	10	141	1410
Punto Sanitario 40mm	PTO	17	190	3230
Punto Sanitario 50mm	PTO	22	200	4400
Punto Sanitario 75mm	PTO	138,1	210	29001
Replanteo Y Control Topográfico	ML	490	30	14700
Excavación General	M3	50	100	5000
Cámara De Inspección 60*60	PZA	2	700	1400
Cámara De Inspección 40*40	PZA	2	500	1000
Relleno Y Compactado Manual	M3	50	100	5000
Yee Con Reducción - PVC 100MM	PZA	1	80	80
Tee PVC 100MM	PZA	2	85	170
Yee PVC 100MM	PZA	4	85	340
Tee PVC 100MM	PZA	1	85	85
Yee Con Reducción - PVC 100MM	PZA	1	85	85
Yee Con Reducción - PVC 100MM	PZA	1	85	85
Reducción PVC 100MM	PZA	1	85	85
Reducción PVC 100MM	PZA	2	85	170
Codo PVC D 100MM	PZA	16	85	1360
Cámara Sifonada 100*50*40*40	PZA	3	200	600
Tubería 100 Mm Desagüe Sanitario	ML	100	120	12000
Filtros	PZA	1	5000	5000
Cámara	PZA	1	3500	3500
Hidroneumático	PZA	1	3500	3500
Totales				65457

Fuente: Elaboración Propia

El presupuesto del sistema hidrosanitario mediante el método de reutilización de aguas grises y aguas de lluvia es de sesenta y cinco mil cuatrocientos cincuenta y siete bolivianos.

3.4. COMPARACION DE COSTOS DE AMBOS SISTEMAS.

TABLA 28. CUADRO COMPARATIVO DE COSTOS

SISTEMA	COSTO (BS)
SISTEMA HIDROSANITARIO MEDIANTE EL METODO DE REUTILIZACION DE AGUAS GRISES Y DE LLUVIA	65457
SISTEMA HIDROSANITARIO TRADICIONAL	38770,1
DIFERENCIA	26686,9

Fuente: Elaboración Propia

Se puede observar una diferencia de costos de veintiséis mil seiscientos ochenta y seis bolivianos con noventa centavos a favor del sistema de reutilización de aguas, que es debido al incremento de tuberías, filtros para la reutilización, equipo hidroneumático para el abastecimiento de la red de reutilización, Cámara almacenadora donde recibirá las aguas grises y de lluvia.

3.5. ANALISIS DE FACTIBILIDAD ECONOMICA APLICANDO EL SISTEMA DE REUTILIZACION DE AGUA.

Para realizar el análisis de factibilidad económica se van tener en cuenta factores como ser la diferencia economía entre el método tradicional y el método de reutilización de aguas, el caudal, el valor aproximado de una entidad pública del costo de abastecimiento de agua potable.

FIGURA 17 COSTOS DE AMBOS SISTEMAS

SISTEMA	COSTO (BS)
SISTEMA HIDROSANITARIO MEDIANTE EL METODO DE REUTILIZACION DE AGUAS GRISES Y DE LLUVIA	65457
SISTEMA HIDROSANITARIO TRADICIONAL	38770,1
	26686,9

Fuente: Elaboración Propia

Para la vivienda unifamiliar se tomarán en cuenta los siguientes datos:

Dotacion: 150lts/día/Hab

Habitantes: 4 habitantes

TABLA 29. DOTACIÓN PERCAPITA PARA VIVIENDAS URBANAS

Región	Altitud media msnm	Precipitación media anual (mm)	Temp. Me dia C°	Tamaño de la Localidad Dotación (L/hab. Día)			
				Menor	Interm	Mayor	Metro pol.
ALTIPLANO	3600-4000	402	11	70-80	80-100	80-100	80-120
VALLES	500-3600	496	16	70-100	80-100	80-100	80-120
LLANOS	100-500	1167	27,5	100	100	120	150

Fuente: RNISDA-2011

$$Q = 150 \frac{LT * HAB}{DIA} * 4 HAB$$

$$Q = 600 \frac{LT}{DIA}$$

$$Q = 600 \frac{LT}{DIA}$$

$$Q = 0.6 \frac{M3}{DIA}$$

Obtenido anteriormente en la figura 12 podemos observar que el 31.3% es el consumo destinado hacia los inodoros por lo tanto tenemos que:

$$Q = 0.6 \frac{m3}{dia} * 0.313$$

$$Q = 0.19 \frac{m3}{dia}$$

Este valor sería el ahorro en caudal por día utilizando el método de reutilización de aguas.

Según lo investigado en la ciudad de santa cruz de la sierra la cooperativa de servicios Saguapac tiene un costo de 6 bs/m3 de abastecimiento y alcantarillado sanitario.

$$costo\ por\ dia = Q * COSTO\ DEL\ M3\ DE\ AGUA$$

$$AHORRO \text{ por día} = 2.50 \frac{BS}{\text{día}}$$

$$AHORRO \text{ por mes} = 74.15 \frac{BS}{\text{mes}}$$

$$AHORRO \text{ por año} = 890 \frac{BS}{\text{año}}$$

$$\text{recuperación de inversión} = 890 \frac{BS}{\text{año}} * 30 \text{ años}$$

recuperación de inversión = 26700 BOLIVIANOS EN 30 AÑOS

$$AHORRO \text{ de agua } m^3 \text{ por año} = 128 \frac{m^3}{\text{año}}$$

$$AHORRO \text{ de agua } m^3 \text{ por 30 años} = 3840 m^3$$

Como podemos observar a un plazo de 30 años se obtuvo un ahorro económico de veintiséis mil setecientos bolivianos que equivale al costo adicional que supone implementar el sistema de reutilización de aguas grises y aguas de lluvia, teniendo también en cuenta un ahorro total de agua potable de 3840 m³ en 30 años, en cuestiones económicas es factible implementar este sistema de reutilización de aguas debido a que en cierto tiempo se recupera la inversión, el tiempo depende del tipo de vivienda a ejecutar, en este tipo de vivienda se recupera la inversión adicional que supone implementar el sistema de reutilización de aguas en 30 años.

Aparte de la factibilidad económica tenemos un adicional que es la parte ambiental debido al ahorro de agua potable por eso el objetivo de esta investigación también es conocer la cantidad de agua que se puede ahorrar implementando este sistema, para crear conciencia en las personas, debido a la situación actual que presenta nuestro país en los últimos años de escasez de agua en ciertas regiones del país, en este tipo de vivienda se puede ahorrar 3840 m³ de agua potable en 30 años, el ahorro de agua varía dependiendo del tipo de vivienda a ejecutar.

4. CONCLUSION Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Con la conclusión del presente trabajo se pudo obtener los siguientes resultados:

- El diseño del sistema de reutilización de aguas grises y aguas de lluvia cumpliendo con todos los requerimientos establecidos por el reglamento nacional de instalaciones sanitarias domiciliarias logra tener un beneficio tanto ambiental como económico debido a que se logra reutilizar 128 m³/año, se recupera la inversión adicional en un plazo de 30 años, en este plazo se llega a ahorrar un volumen de 3840 m³ de agua potable.
- Las aguas grises y aguas de lluvia como se muestra en la presente investigación debido a su bajo grado de contaminación, son un recurso ideal para reutilizarse en actividades que no incluyan el consumo humano, como ser riego o como en la presente investigación llenado de tanque de los inodoros que abarca un 30 % del abastecimiento total que se le da a la vivienda.

RECOMENDACIONES

Bajo las conclusiones expuestas se puede dar las siguientes recomendaciones:

- Implementar el sistema de reutilización de aguas grises y aguas de lluvia en futuras construcciones de urbanizaciones, edificios, negocios para poder obtener un mayor impacto ambiental debido al ahorro de agua potable.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Arriaza, M. (2023). Una fuerte sequía golpea a Bolivia: “Mi mayor miedo es quedarme sin comida y agua”. *Periodico EL PAIS*.

INE. (2012). *COBERTURA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO*. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA.

ARQ. QUEZADA, DAVID (2017). GUIA PARA LA UTILIZACION SOSTENIBLE DEL AGUA DE LLUVIA EN LA VIVIENDA

ING. JIMENO, ENRIQUE (1995). LIBRO DE INSTALACIONES SANITARIAS EN EDIFICACIONES

MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. (s.f.). *NORMAS TECNICAS DE VIVIENDA*.

ROMERO, L. P. (2019). *METODOLOGÍA PARA LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS LLUVIAS Y GRISES*. BOGOTA;COLOMBIA.

ARQ. VALVERDE, JULIO (2023). DISEÑOS ARQUITECTONICOS DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES

ING. ARZADUM, WILLY (2018). APUNTES INGENIERIA SANITARIA

ING. MORALES, MIGUEL (2023). TESIS DE GRADO

ING. CAPRA, GUIDO (1988). LIBRO DE INGENIERIA SANITARIA ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

NORMA BOLIVIANA NB-512 (2008). REQUISITOS DE AGUA POTABLE

SENAHMI, SERVICIO NACIONAL DE METEREOLOGIA E HIDROLOGIA

RNISDA (2011). REGLAMENTO NACIONAL DE INSTALACIONES SANITARIAS DOMICILIARIAS

ING. VELEZ, LUIS (2022). CURSO DE INSTALACIONES SANITARIAS EN REVIT