

**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 FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE UN SISTEMA
HIDRÁULICO ECOSOSTENIBLE A TRAVÉS DE LA CAPTACIÓN Y
REUTILIZACIÓN DEL AGUA CONDENSADA DE LAS UNIDADES DE
AIRE ACONDICIONADO EN EDIFICACIONES DE SANTA CRUZ DE LA
SIERRA**

POSTULANTE: ADRIAN ESTEBAN SERRATE PAREJA

Marzo 2024

ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE UN SISTEMA HIDRÁULICO ECOSOSTENIBLE A TRAVÉS DE LA CAPTACIÓN Y REUTILIZACIÓN DEL AGUA CONDENSADA DE LAS UNIDADES DE AIRE ACONDICIONADO EN EDIFICACIONES DE SANTA CRUZ DE LA SIERRA

RESUMEN

Esta investigación se enfoca en implementar un sistema hidráulico ecosostenible en las edificaciones de Santa Cruz de la Sierra, aprovechando las oportunidades brindadas por el "Reglamento de Aplicación de Incentivos para Edificaciones que Adopten Medidas de Sustentabilidad Ambiental".

Para lograr el objetivo de cumplir con el reglamento vigente y beneficiarse de los incentivos económicos que el mismo presenta, realizó la recolección y reutilización del agua condensada de los sistemas de aire acondicionado.

El diseño del sistema contempla un sistema de captación y almacenamiento del agua condensada, para su posterior reutilización en diferentes usos, como el riego de áreas verdes, la limpieza y el abastecimiento de inodoros.

En este estudio se determinó el tiempo de retorno de la inversión de las redes de colección y distribución de las aguas condensadas de dos edificios de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra.

Para lograr estimar la cantidad de agua condensada generada en ambas edificaciones fue necesario determinar la cantidad promedio de agua condensada que producen los aires acondicionados, las temperaturas promedio, mensuales y anuales de la ciudad, y la cantidad de artefactos utilizados en cada edificación.

Esta investigación proporciona una evaluación crítica de la viabilidad financiera a largo plazo y determinará los factores que hay que considerar para la utilización de sistemas de agua condensada ecosostenibles.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|----|
| POSTULANTE..... | 1 |
| RESUMEN | 2 |
| ÍNDICE GENERAL | 3 |
| ÍNDICE DE TABLAS | 6 |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | 8 |
| 1. CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1. ANTECEDENTES | 1 |
| 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 2 |
| 1.2.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA..... | 2 |
| 1.3. CAUSAS PROBABLES..... | 3 |
| 1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA..... | 4 |
| 1.5. OBJETIVO | 4 |
| 1.5.1. OBJETIVO GENERAL..... | 4 |
| 1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 4 |
| 1.6. JUSTIFICACIÓN | 5 |
| 2. CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO | 6 |
| 2.1. SISTEMAS ECOSOSTENIBLES EN EDIFICACIONES | 6 |
| 2.2. REGLAMENTO ECOSOSTENIBLE..... | 7 |
| 2.2.1. CARACTERÍSTICAS DE APLICACIÓN OBLIGATORIA Y OPCIONALES | 7 |
| 2.2.2. CARACTERÍSTICA OBLIGATORIA DE USO EFICIENTE, APROVECHAMIENTO Y AHORRO DEL AGUA POTABLE | 8 |
| 2.2.3. CARACTERÍSTICA OPCIONALES DE AHORRO DE AGUA POTABLE | 9 |
| 2.2.4. INCENTIVOS DEL REGLAMENTO | 9 |
| 2.3. DEFINICIÓN DE LOS SISTEMAS DE INSTALACIONES SANITARIAS..... | 10 |

| | |
|---|----|
| 2.4. SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA..... | 11 |
| 2.5. AGUA CONDENSADA DE AIRES ACONDICIONADOS | 11 |
| 2.6. SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUA CONDENSADA..... | 13 |
| 2.6.1. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA | 13 |
| 2.6.2. VENTAJAS Y BENEFICIOS DEL USO DE AGUA CONDENSADA..... | 14 |
| 2.7. RED DE DISTRIBUCIÓN | 14 |
| 2.7.1. SISTEMAS DOMICILIARIOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA | 16 |
| 2.7.2. DOTACIÓN DEL AGUA | 18 |
| 2.7.3. TANQUES DE ALMACENAMIENTO | 19 |
| 2.7.4. VELOCIDADES..... | 20 |
| 2.7.5. PRESIONES | 20 |
| 2.7.6. DIMENSIONAMIENTO DE LAS REDES | 21 |
| 2.7.7. SISTEMAS DE BOMBEO..... | 23 |
| 2.7.8. DISEÑO HIDROSANITARIO..... | 24 |
| 2.8. CÓMPUTOS MÉTRICOS..... | 28 |
| 2.9. ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO | 29 |
| 2.10. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA..... | 30 |
| 3. CAPÍTULO III MARCO PRÁCTICO | 31 |
| 3.1. INTRODUCCIÓN | 31 |
| 3.2. DATOS DE LOS PROYECTOS..... | 32 |
| 3.2.1. MODELO 1 | 33 |
| 3.2.2. MODELO 2 | 36 |
| 3.2.3. INDICADOR MÍNIMO DE APLICACIÓN | 40 |
| 3.2.4. DOTACIÓN DIARIA NECESARIA | 42 |
| 3.2.5. AHORRO DE AGUA DIARIO POR USO DE ARTEFACTOS..... | 44 |

| | |
|---|----|
| 3.2.6. ESTIMACIÓN DE GENERACIÓN DE AGUA CONDENSADA | 46 |
| 3.3. MÉTODO DE CÁLCULO SEGÚN EL REGLAMENTO DEL RENISDA | 48 |
| 3.3.1. DISEÑO HIDROSANITARIO | 48 |
| 3.3.2. MODELO 1 | 50 |
| 3.3.3. MODELO 2 | 56 |
| 3.4. CÓMPUTOS MÉTRICOS..... | 61 |
| 3.4.1. MODELO 1 | 61 |
| 3.4.2. MODELO 2 | 63 |
| 3.5. PRECIOS UNITARIOS DEL SISTEMA SEGÚN LA REVISTA “PRESUPUESTO & CONSTRUCCIÓN” | 65 |
| 4. CAPÍTULO IV ANALISIS DE RESULTADOS..... | 70 |
| 4.1. COSTO TOTAL DEL SISTEMA | 70 |
| 4.1.1. MODELO 1 | 70 |
| 4.1.2. MODELO 2 | 72 |
| 4.2. COSTO DE DISTRIBUCIÓN DEL SISTEMA | 74 |
| 4.2.1. MODELO 1 | 74 |
| 4.2.2. MODELO 2 | 75 |
| 4.3. TIEMPO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN | 77 |
| 4.4. ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE INCENTIVO DEL REGLAMENTO ECOSOSTENIBLE..... | 79 |
| 5. CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 80 |
| 5.1. CONCLUSIONES | 80 |
| 5.2. RECOMENDACIONES..... | 82 |
| 6. BIBLIOGRAFÍA | 83 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Tasa de Ocupación de edificios públicos y privados | 18 |
| Tabla 2 Dotaciones per cápita para vivienda urbana. Valores referenciales | 18 |
| Tabla 3 Cuadro de dotaciones comerciales, públicas. Valores referenciales..... | 19 |
| Tabla 4 Velocidades máximas admisibles en tuberías de agua potable..... | 20 |
| Tabla 5 Demanda máxima de consumo por artefacto sanitario | 21 |
| Tabla 6 Caudal máximo probable – Unidades de Gasto | 22 |
| Tabla 7 Unidades de Descarga Hidráulica de artefactos sanitarios. Método de Hunter.. | 24 |
| Tabla 8 Dimensionamiento de ramales sanitarios..... | 26 |
| Tabla 9 Dimensionamiento de bajantes sanitarias | 26 |
| Tabla 10 Dimensionamiento de colectores de alcantarillado sanitario..... | 27 |
| Tabla 11 Datos del proyecto | 32 |
| Tabla 12 Cantidad de Áreas de 3era Categoría del Modelo 1 | 40 |
| Tabla 13 Cantidad de Áreas de 3era Categoría del Modelo 2 | 41 |
| Tabla 14 Dotación diaria del Modelo 1 | 42 |
| Tabla 15 Dotación diaria del Modelo 2 | 43 |
| Tabla 16 Cantidad de Unidades de Aire Acondicionados Modelo 1 | 44 |
| Tabla 17 Cantidad de Unidades de Aire Acondicionados Modelo 2..... | 45 |
| Tabla 18 Recolección de agua condensada Modelo 1 | 46 |
| Tabla 19 Recolección de agua condensada Modelo 2 | 47 |
| Tabla 20 Diámetros según Hazen-Williams | 48 |
| Tabla 21 Unidades de Gastos de los artefactos..... | 50 |
| Tabla 22 Cantidad de Tuberías Modelo 1 | 61 |
| Tabla 23 Cantidad de Accesorios Modelo 1 | 61 |
| Tabla 24 Cantidad de Uniones Modelo 1..... | 62 |

| | |
|---|----|
| Tabla 25 Cantidad de Tuberías Modelo 2..... | 63 |
| Tabla 26 Cantidad de Accesorios Modelo 2 | 63 |
| Tabla 27 Cantidad de Uniones Modelo 2..... | 64 |
| Tabla 28 Precio Unitario de Tubería de Agua Condensada PVC de 1/2" | 65 |
| Tabla 29 Precio Unitario de Tubería de Agua Condensada PVC de 3/4" | 66 |
| Tabla 30 Precio Unitario de Tubería de Agua Condensada PVC de 1"..... | 66 |
| Tabla 31 Precio Unitario de Tubería de Agua Condensada PVC de 1 1/2" | 67 |
| Tabla 32 Precio Unitario de Tubería de Agua Condensada PVC de 2"..... | 67 |
| Tabla 33 Precio Unitario de Tubería de Desagüe PVC de 1 1/2"..... | 68 |
| Tabla 34 Precio Unitario de Tubería de Desagüe PVC de 2" | 68 |
| Tabla 35 Precio Unitario de Tubería de Desagüe PVC de 3" | 69 |
| Tabla 36 Precio Unitario de Tubería de Desagüe PVC de 4" | 69 |
| Tabla 37 Presupuesto de los Elementos Hidrosanitarios del Modelo 1..... | 70 |
| Tabla 38 Presupuesto de los Elementos Hidrosanitarios del Modelo 2..... | 72 |
| Tabla 39 Presupuesto de la Red de Distribución del Modelo 1 | 74 |
| Tabla 40 Presupuesto de la Red de Distribución del Modelo 2..... | 75 |
| Tabla 41 Tiempo De Retorno de Inversión Modelo 1 | 77 |
| Tabla 42 Tiempo De Retorno de Inversión Modelo 2 | 77 |
| Tabla 43 Tiempo de retorno de inversión con costo de agua elevado | 81 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 <i>Sistema Indirecto con bomba hidroneumática</i> | 17 |
| Figura 2 <i>Modelo Isométrico 1</i> | 33 |
| Figura 3 <i>Planta Baja Modelo 1</i> | 33 |
| Figura 4 <i>Planta Tipo 1-4 Modelo 1</i> | 34 |
| Figura 5 <i>Planta 5 Modelo 1</i> | 34 |
| Figura 6 <i>Plantas 6 Modelo 1</i> | 35 |
| Figura 7 <i>Planta Terraza Modelo 1</i> | 35 |
| Figura 8 <i>Modelo Isométrico 1</i> | 36 |
| Figura 9 <i>Planta Baja Modelo 2</i> | 37 |
| Figura 10 <i>Planta Tipo 1-4 Modelo 2</i> | 37 |
| Figura 11 <i>Plantas 5 Modelo 2</i> | 38 |
| Figura 12 <i>Planta 6 Modelo 2</i> | 38 |
| Figura 13 <i>Planta Terraza Modelo 2</i> | 39 |
| Figura 14 <i>Modelo 1 Red de Recolección de Agua Condensada</i> | 51 |
| Figura 15 <i>Red de Recolección de Agua Condensada Planta Baja Modelo 1</i> | 51 |
| Figura 16 <i>Red de Recolección de Agua Condensada Planta Tipo 1-4 Modelo 1</i> | 52 |
| Figura 17 <i>Red de Recolección de Agua Condensada Planta 5 Modelo 1</i> | 52 |
| Figura 18 <i>Red de Recolección de Agua Condensada Planta 6 Modelo 1</i> | 53 |
| Figura 19 <i>Red de Recolección de Agua Condensada Terraza Modelo 1</i> | 53 |
| Figura 20 <i>Modelo 1 Red de Distribución de Agua Condensada</i> | 54 |
| Figura 21 <i>Red de Distribución de Agua Condensada Planta Baja Modelo 1</i> | 54 |
| Figura 22 <i>Red de Distribución de Agua Condensada Planta Tipo 1-4 Modelo 1</i> | 55 |
| Figura 24 <i>Modelo 2 Red de Recolección de Agua Condensada</i> | 56 |
| Figura 25 <i>Red de Recolección de Agua Condensada Planta Baja Modelo 2</i> | 56 |

| | |
|--|----|
| Figura 26 <i>Red de Recolección de Agua Condensada Planta Tipo 1-4 Modelo 2</i> | 57 |
| Figura 27 <i>Red de Recolección de Agua Condensada Planta 5 Modelo 2</i> | 57 |
| Figura 28 <i>Red de Recolección de Agua Condensada Planta 6 Modelo 2</i> | 58 |
| Figura 29 <i>Red de Recolección de Agua Condensada Terraza Modelo 2</i> | 58 |
| Figura 30 <i>Modelo 2 Red de Distribución de Agua Condensada</i> | 59 |
| Figura 31 <i>Red de Distribución de Agua Condensada Planta Baja Modelo 2</i> | 59 |
| Figura 32 <i>Red de Distribución de Agua Condensada Planta Tipo 1-4 Modelo 2</i> | 60 |
| Figura 33 <i>Red de Distribución de Agua Condensada Terraza Modelo 2</i> | 60 |

ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE UN SISTEMA HIDRÁULICO ECOSOSTENIBLE A TRAVÉS DE LA CAPTACIÓN Y REUTILIZACIÓN DEL AGUA CONDENSADA DE LAS UNIDADES DE AIRE ACONDICIONADO EN EDIFICACIONES DE SANTA CRUZ DE LA SIERRA.

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

La reutilización de aguas grises y pluviales en edificaciones ha sido objeto de atención creciente en el ámbito de la sostenibilidad y la gestión eficiente de recursos hídricos. En numerosos proyectos, se ha implementado con éxito la captación y reutilización de estas fuentes de agua con el fin de reducir la dependencia de agua potable y minimizar el impacto ambiental.

En particular, la recolección de aguas grises provenientes de lavabos y duchas, así como la captación de aguas pluviales desde superficies impermeables, se ha convertido en una práctica común para su aplicación en tareas como el riego de áreas verdes o el uso en sistemas no potables.

Sin embargo, a pesar de los avances en la gestión sostenible del agua en edificaciones, existe una notoria falta de documentación específica sobre la recolección y reutilización de aguas provenientes de sistemas de aire acondicionado. Aunque estos sistemas generan consistentemente agua condensada como subproducto, se ha observado un vacío en la investigación y aplicación práctica de soluciones hidráulicas eficientes y adaptadas para la recuperación de este recurso.

Debido a la falta de documentación surge la necesidad de investigar y desarrollar enfoques más específicos para la recolección y reutilización de aguas de aire acondicionado. Dada la relevancia ambiental y la escasez de agua en muchas regiones, explorar esta área ofrece una oportunidad para avanzar en prácticas sostenibles en la gestión del agua en edificaciones.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Necesidad de desarrollar diseños ecosostenibles y económicamente viables

Desde el año 2020, en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, ha entrado en vigor el "Reglamento de Aplicación de Incentivos para Edificaciones que Adopten Medidas de Sustentabilidad Ambiental". Este reglamento tiene como objetivo promover la incorporación de prácticas ecosostenibles en la construcción, ofreciendo incentivos que varían según la zona del proyecto. Estos incentivos, en líneas generales, permiten el aumento de la superficie construida de acuerdo con la zonificación establecida, lo que se traduce en un mejor índice de aprovechamiento y podría representar un estímulo económico para el proyecto.

Por lo tanto, ha surgido la necesidad de desarrollar diseños ecosostenibles y económicamente viables para cumplir con los requisitos del reglamento y lograr obtener sus beneficios.

Ante esta situación se observa un desaprovechamiento considerable del potencial de recolección de aguas provenientes de los sistemas de aire acondicionado. A pesar de que estos sistemas generan un flujo constante de agua condensada, se evidencia la carencia de sistemas hidráulicos eficientes y adaptados para la recolección y reutilización de este recurso.

Probablemente estos sistemas no se utilizan de manera regular en la ciudad debido a la percepción de que la inversión requerida para instalar esta clase de sistemas es elevada o injustificada.

Para incentivar al desarrollo de diseños ecosostenibles que utilicen la recolección y reutilización del agua condensada de los sistemas de aire acondicionado, es necesario determinar el periodo de retorno de la inversión inicial y analizar si realmente son una opción económicamente viable en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra.

1.3. CAUSAS PROBABLES

Existen varias causas probables por las cuales los sistemas de recolección y reutilización de aguas provenientes de sistemas de aire acondicionado no se utilizan de manera común en edificaciones. Algunas de estas causas son:

Falta de Conciencia: Muchos propietarios, desarrolladores y diseñadores de edificaciones pueden no estar plenamente conscientes del potencial de recolección y reutilización del agua condensada de los sistemas de aire acondicionado. La falta de conciencia sobre esta fuente de agua puede llevar a la omisión de su consideración en los planes de diseño y construcción.

Desconocimiento de Tecnologías Eficientes: La falta de conocimiento sobre tecnologías específicas y eficientes para la captación y almacenamiento del agua condensada puede ser una barrera. La falta de información técnica puede desincentivar la adopción de sistemas que maximicen la eficiencia en la recolección y reutilización de este recurso.

Costos Iniciales de Implementación: La inversión inicial requerida para instalar sistemas de recolección y tratamiento del agua condensada puede ser percibida como elevada. La falta de incentivos económicos claros o la percepción de que el retorno de la inversión es poco probable pueden disuadir la adopción de estas tecnologías.

1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál será el periodo de retorno de la inversión inicial para la implementación de un sistema hidráulico ecosostenible mediante la captación y reaprovechamiento del desagüe de aire acondicionado en edificaciones de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra?

1.5. OBJETIVO

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar la factibilidad económica de un sistema hidráulico ecosostenible a través de la recolección y reutilización del desagüe de aire acondicionado en una edificación multifamiliar en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra aplicando el reglamento ecosostenible vigente.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar datos climatológicos mensuales de los años anteriores con el fin de llevar a cabo un análisis detallado del consumo mensual de sistemas de aire acondicionado en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra
- Diseñar un sistema hidrosanitario independiente para la recolección del desagüe generado por los sistemas de aire acondicionado para dos edificaciones modelo
- Diseñar un sistema hidráulico independiente para la reutilización del agua recolectada del desagüe generado por los sistemas de aire acondicionado para dos edificaciones modelo
- Realizar análisis técnico-económico de todas las soluciones propuestas
- Determinar el periodo de retorno de la inversión inicial de los sistemas propuestos

1.6. JUSTIFICACIÓN

Cuando se realice la presente investigación se obtendrá resultados:

- **Análisis de Costos:** El proyecto busca proporcionar un entendimiento detallado de los costos asociados con la implementación de un sistema de recolección y reutilización del agua generada por los aires acondicionados en edificaciones. Este análisis abarcará tanto los costos iniciales de instalación como los costos operativos a lo largo del tiempo.
- **Costo de Inversión del Sistema Hidrosanitario:** Se justifica la investigación del costo de inversión del sistema hidrosanitario propuesto. Esto incluirá la evaluación de los equipos necesarios, la infraestructura requerida y cualquier gasto asociado con la adaptación de las edificaciones a este sistema.
- **Potencial de Ahorro de Agua Potable:** La implementación del sistema hidráulico ecosostenible tiene como objetivo cuantificar el potencial de ahorro de agua potable. Se considera importante conservar un recurso escaso y valioso, especialmente en regiones donde la disponibilidad de agua es limitada.
- **Tiempo de Retorno de la Inversión:** Se justifica la evaluación del tiempo necesario para recuperar la inversión realizada en la instalación del sistema. Este punto es crucial para evaluar la viabilidad financiera a largo plazo del proyecto y proporcionará una comprensión clara de cuándo los beneficios económicos compensarán los costos iniciales.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. SISTEMAS ECOSOSTENIBLES EN EDIFICACIONES

Los sistemas ecosostenibles son aquellos que están diseñados para minimizar su impacto ambiental y promover la conservación de los recursos naturales. Estos sistemas se basan en principios de sostenibilidad ambiental, social y económica, buscando satisfacer las necesidades presentes seleccionando materiales con bajo impacto ambiental, menor emisión, mayor ahorro de energía y de agua potable. (Kibert, 2016)

Algunas características y principios fundamentales de los sistemas ecosostenibles incluyen:

- **Eficiencia Energética:** Los sistemas ecosostenibles están diseñados para maximizar la eficiencia en el uso de la energía, reduciendo el consumo de recursos no renovables y las emisiones de gases de efecto invernadero.
- **Uso de Energías Renovables:** Se promueve el uso de fuentes de energía renovable, como la energía solar, eólica, hidroeléctrica y geotérmica, para reducir la dependencia de combustibles fósiles y mitigar el cambio climático.
- **Minimización de Residuos:** Se busca reducir la generación de residuos y promover el reciclaje, la reutilización y el compostaje para minimizar el impacto ambiental de los desechos.
- **Conservación del Agua:** Los sistemas ecosostenibles incorporan prácticas de conservación y ahorro del agua, como la captación de agua de lluvia, el uso de tecnologías de bajo consumo y la reutilización de aguas grises para reducir el desperdicio y la contaminación del agua.
- **Diseño Integrado y Planificación Urbana Sostenible:** Se promueve un enfoque integrado en el diseño y la planificación urbana, que considere aspectos ambientales, sociales y económicos para crear comunidades más sostenibles y amigables con el ecosistema.
- **Biodiversidad y Conservación del Ecosistema:** Se fomenta la protección y restauración de los ecosistemas naturales, así como la promoción de la biodiversidad y la integración de áreas verdes en entornos urbanos.

2.2. REGLAMENTO ECOSOSTENIBLE

En 2020, mediante un decreto municipal, se aprobó el "Reglamento de Aplicación de Incentivos para Edificaciones que Adopten Medidas de Sustentabilidad Ambiental en la Ciudad de Santa Cruz de la Sierra". Este reglamento tiene como objetivo promover el desarrollo sostenible en el diseño de edificaciones en la ciudad mediante incentivos que fomenten la adopción de medidas de sustentabilidad ambiental, incentivando así el uso eficiente de recursos naturales y la reducción del impacto ambiental.

El documento está estructurado en 5 títulos con sus respectivos capítulos y consta de 67 artículos. Se fundamenta en diversas leyes y ordenanzas municipales.

En esencia, el Decreto Municipal N° 27/2020 establece un marco regulatorio que promueve la adopción de medidas de sustentabilidad ambiental en las edificaciones de la ciudad. Su propósito es asegurar un desarrollo urbano sostenible y fomentar el uso eficiente de los recursos naturales. Basado en la normativa nacional y municipal, el reglamento establece requisitos y procedimientos de aplicación obligatoria en la jurisdicción territorial del municipio de Santa Cruz de la Sierra.

El documento aborda aspectos técnicos y legales relacionados con la sustentabilidad ambiental en la edificación, buscando impulsar el desarrollo urbano sostenible y la adopción de prácticas respetuosas con el medio ambiente en la construcción de edificaciones en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra.

2.2.1. CARACTERÍSTICAS DE APLICACIÓN OBLIGATORIA Y OPCIONALES

El reglamento establece tres características obligatorias:

- Superficie de terreno no ocupada, proyectada con cobertura vegetal, paisajismo, o pavimentada con materiales que permitan la permeabilidad del suelo
- Inclusión de tecnología que promueva el uso eficiente, aprovechamiento y ahorro de agua potable.
- Infraestructura adecuada para realizar procedimientos y métodos de reciclaje de la basura doméstica, así como otros métodos de reducción de material residual

Además, establece otras aplicaciones opcionales que son las siguientes:

- Ocupación menor al 50% de la superficie del terreno.
- Aplicación de uso eficiente y aprovechamiento de energía eléctrica.
- Almacenaje y reutilización del agua de lluvia

- Almacenaje, tratamiento y reutilización de aguas grises y/o negras para uso de riego, lavado, sanitaria u otros.
- Sistemas constructivos que permitan un mejor aprovechamiento de los materiales disminuyendo el impacto ambiental.
- Adopción de medidas de sustentabilidad ambiental, como el uso de materiales que permitan la permeabilidad del suelo y la implementación de sistemas de reciclaje de residuos.
- Diseño interior de ambientes con una iluminación y ventilación mayor al 80% de la cantidad total de todos los ambientes.

Para que la edificación sea considerada como un edificio Ecosostenible en el proyecto deberán aplicarse como mínimo seis características, de las cuales tres serán las características obligatorias.

Las medidas aplicadas tienen que respaldarse con planos técnicos y una memoria descriptiva para la presentación del anteproyecto y proyecto.

Los detalles técnicos de la memoria descriptiva tienen que ser respaldados de manera textual y gráfica, demostrando el cumplimiento de las características aplicadas con detalles constructivos y técnicos.

2.2.2. CARACTERÍSTICA OBLIGATORIA DE USO EFICIENTE, APROVECHAMIENTO Y AHORRO DEL AGUA POTABLE

El capítulo 3 del reglamento se aplica sobre las instalaciones hidráulicas y los ambientes de la edificación donde se encuentran los puntos de agua potable.

Esta característica busca promover el uso de nuevas tecnologías que promuevan el uso eficiente del agua.

En este capítulo se mencionan cuatro puntos importantes que se tomarán en cuenta

- Tecnologías que promuevan el ahorro en los artefactos
- Aplicaciones que disminuyan el uso de agua de la red pública
- Generadores de agua potable
- Y utilizar las unidades en m³ o litro.

En la misma sección del documento se encuentran los artículos 27, 28, 29 y 30. El artículo 27 establece las características mínimas de aplicación donde se destacan la cantidad mínima de artefactos que deberán tener tecnología aplicada para la disminución de agua potable (80%) y el porcentaje mínimo de ahorro en agua potable (25%), mientras que el artículo 28 especifica los gráficos necesarios en los anteproyectos. Por otro lado, el artículo 29 detalla los gráficos requeridos para el proyecto completo y el artículo 30 desglosa los detalles técnicos que se tienen que mostrar en la memoria descriptiva.

2.2.3. CARACTERÍSTICA OPCIONALES DE AHORRO DE AGUA POTABLE

En los capítulos siete y ocho del reglamento se busca la implementación de la inclusión de medidas que promueven la inclusión de reutilización de agua de lluvia y aguas residuales (negras y grises) para el ahorro de agua potable en las edificaciones.

Estos capítulos desglosan los sistemas en captación, tratamiento, almacenaje, distribución y artefactos. Además, al igual que en el capítulo 3, anteriormente mencionado, se establece a través de nuevos artículos, 45 al 53, las mismas características que se encuentran en los artículos mencionados 28, 29, 30 y 31.

2.2.4. INCENTIVOS DEL REGLAMENTO

En los artículos 66 y 67 del reglamento se establece que los incentivos varían según la ubicación del proyecto y su funcionalidad comercial o habitacional.

Es importante remarcar que no todos los incentivos se aplican a todas las zonas, en algunas zonas solo se aplica un incentivo.

Los incentivos variables son los siguientes:

- Aumento de índices de aprovechamiento entre 20% y 30%.
- Incremento de dos niveles adicionales sobre la altura máxima permitida.
- Incremento de niveles de basamento entre 1 y 2 niveles.
- Incremento de altura máxima hasta 45.50 m dentro del 6to anillo.

2.3. DEFINICIÓN DE LOS SISTEMAS DE INSTALACIONES SANITARIAS

Los sistemas de instalaciones hidrosanitarias se componen de las redes de tuberías, accesorios y dispositivos utilizados para la distribución de agua potable, así como para la recolección, transporte y tratamiento de aguas residuales dentro de edificaciones, como viviendas, oficinas, hospitales, hoteles, entre otros.

Estos elementos se organizan y se instalan de manera que proporcionen un suministro continuo de agua potable a los puntos de uso, como grifos y duchas, y recolecten y transporten las aguas residuales de manera eficiente hacia el sistema de alcantarillado o el sistema de tratamiento de aguas residuales.

Los sistemas son variables y dependen de algunos factores entre los que se encuentran la presión de la red pública, la ubicación y tipo de edificio, los aparatos de consumo, la fuente de abastecimiento, cantidad de habitantes, etc. (Sosa, 2001)

Los componentes principales de un sistema de instalación hidrosanitaria incluyen:

- **Tuberías y Conexiones:** Se utilizan para transportar agua potable desde la fuente de suministro hasta los puntos de uso, así como para recolectar aguas residuales y evacuarlas del edificio hacia el sistema de alcantarillado o tratamiento.
- **Válvulas y Grifos:** Estos dispositivos se instalan en las tuberías para regular el flujo de agua, permitiendo su apertura o cierre según sea necesario. Los grifos se utilizan en los puntos de uso para controlar el flujo de agua.
- **Tanques de Almacenamiento:** Algunos sistemas hidrosanitarios pueden incluir tanques de almacenamiento para garantizar un suministro constante de agua, especialmente en áreas con problemas de suministro intermitente.
- **Bombas:** Se utilizan para aumentar la presión del agua en el sistema, especialmente en edificaciones de varios pisos o en zonas con presión de agua baja.
- **Trampas y Sifones:** Estos dispositivos se instalan en las tuberías de desagüe para evitar la entrada de olores desagradables y gases tóxicos desde el sistema de alcantarillado hacia el interior del edificio.
- **Accesorios de Limpieza y Mantenimiento:** Incluyen dispositivos como trampas de grasa y filtros que ayudan a prevenir obstrucciones en el sistema y a mantenerlo en condiciones óptimas de funcionamiento.

2.4. SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA

Incluye la red de tuberías y accesorios que transportan agua potable desde la fuente de suministro hasta los puntos de consumo dentro de la edificación. Esto puede implicar la conexión a la red municipal de agua o la utilización de sistemas de captación de agua de pozos, pluvial o de agua condensada por unidades de aires acondicionados.

Según Sosa (2001) las aguas suministradas se pueden establecer en tres tipos distintos según su calidad y cantidad:

- Agua de consumo: Agua para artefactos de consumo, riego y uso diario
- Agua de circulación: Agua para refrigeración, calefacción y piscinas
- Agua de reposo: Agua contra incendios

2.5. AGUA CONDENSADA DE AIRES ACONDICIONADOS

El agua condensada se define como el agua que se acumula en una superficie fría debido a que la temperatura de dicha superficie se encuentra por debajo del punto en el cual la humedad del aire se condensa y forma gotas de agua. (Glawe D. D., 2012)

De la misma manera, la condensación ocurre en unidades de refrigeración y sistemas de aires acondicionados, para estos sistemas el agua es recolectada en una bandeja de condensado y drenado fuera del sistema. (Glawe D. D., 2012)

En los últimos años se han realizado distintos estudios para aprovechar y no desperdiciar esta acumulación de agua, y este interés creciente de recolección y reutilización de este recurso puede ser una alternativa sostenible si se presentan las condiciones adecuadas.

Glawe, Wooten, & Lye en el año 2016 realizaron un estudio para determinar la calidad de agua condensada proveniente de las unidades de aire acondicionado y llegaron a la conclusión que el agua condensada tiene una calidad relativamente alta, pero que tiene el potencial de contaminarse a través de las tuberías de distribución. Los datos que obtuvieron en el laboratorio indican que la contaminación fue mínima, los factores principales fueron la bobina de refrigeración y las tuberías. Sin embargo, hay que considerar que la contaminación de microbios aumenta debido a las altas temperaturas, pero se pueden evitar con un debido mantenimiento de las unidades de aire acondicionado y el sistema de distribución.

Finalmente, los autores nos indican que para el consumo del agua producida es necesario tener un debido tratamiento del agua, por lo tanto, podemos concluir que el agua condensada recolectada puede ser usada el uso para inodoros y riego de jardines sin necesidad de utilizar algún tipo de tratamiento especial de potabilización. (Glawe, Wooten, & Lye, 2016)

Asimismo, hay investigaciones que se concentran en la recuperación y aplicación del agua condensada de las unidades de aire acondicionado, sus resultados varían según las condiciones climatológicas de los estudios, como podrán imaginar en lugares de climas más cálidos el potencial es mayor.

Uno de estos estudios ha analizado el sistema integrado de aires acondicionados calculado para un hotel, combinado con la producción de agua. Para el análisis del estudio de caso asumieron las condiciones climáticas de la costa de los Emiratos Árabes. El sistema de aires acondicionado fue diseñado para optimizar la producción de agua y para utilizar aire enfriado para las necesidades de aire acondicionado del hotel. (Magrini , Cattani , Cartesegna, & Magnani , 2017)

Los resultados de su estudio muestran que este tipo de sistema, en las condiciones climáticas consideradas, puede producir una cantidad significativa de agua que puede usarse para cubrir una cantidad significativa de las necesidades de agua del hotel, por lo que podemos resaltar nuevamente la importancia del clima para el aprovechamiento de este tipo de instalaciones.

Es importante mencionar que la recolección de agua condensada se ha utilizado mucho antes de la existencia de las unidades de aires acondicionados, hay evidencia que en los desiertos del Oriente medio se han utilizados técnicas de recolección de niebla para recolectar el agua húmeda desde el siglo 13.

Este método también lo podemos encontrar en la actualidad en el oriente boliviano, donde utilizan mallas metálicas que atrapan la humedad de la niebla y acumulan el agua condensada en tanques.

Esta iniciativa fue impulsada por el instituto de Captación del Oriente (ICO) en colaboración con las organizaciones no gubernamentales Zabalketa, Wasserstiftung y Munich Re Foundation; y beneficia a varias poblaciones de los departamentos de Santa Cruz y Beni.

2.6. SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUA CONDENSADA

Un sistema de recolección de agua condensada es un conjunto de dispositivos y estructuras diseñados para capturar, recolectar y almacenar el agua condensada generada por equipos de aire acondicionado, sistemas de refrigeración y otros procesos que producen condensación de vapor de agua. Este sistema está compuesto por varios componentes, incluyendo:

- **Unidad de Captación:** Esta unidad puede ser una bandeja de condensado ubicada en la parte inferior de la unidad de aire acondicionado o un sistema de tuberías y canaletas diseñadas específicamente para recoger el agua condensada.
- **Conductos y Tuberías:** Se utilizan para transportar el agua condensada desde la unidad de captación hasta el sistema de almacenamiento.
- **Filtros y Trampas:** Se instalan para eliminar impurezas y partículas presentes en el agua condensada, asegurando su calidad y potabilidad.
- **Tanques de Almacenamiento:** Estos recipientes se utilizan para almacenar el agua condensada recolectada hasta que sea necesaria su utilización.
- **Sistema de Bombeo:** En algunos casos, se puede requerir una bomba para elevar el agua condensada desde la unidad de captación hasta el tanque de almacenamiento, especialmente en edificaciones de múltiples pisos.
- **Sistema de Tratamiento:** Dependiendo del uso previsto del agua condensada, puede ser necesario un sistema de tratamiento adicional para garantizar su calidad y seguridad para el consumo humano o para otros usos específicos, como el riego de jardines.

2.6.1. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

El agua condensada generada por las unidades de aire acondicionado en las edificaciones generalmente es tratada como agua residual y evacuada al sistema de drenaje. (Ali, Saifur, & Ali, 2018)

Un sistema de recolección de agua condensada se basa en la captura del agua generada por el proceso de condensación en los equipos de refrigeración y climatización. El agua condensada se recoge en la unidad de captación y luego se transporta a través de conductos y tuberías hasta un tanque de almacenamiento. Una vez almacenada, el agua condensada puede ser utilizada como el riego de jardines, la limpieza de superficies, el llenado de sistemas de agua no potable, entre otros.

2.6.2. VENTAJAS Y BENEFICIOS DEL USO DE AGUA CONDENSADA

Las características y beneficios principales de un sistema de recolección de agua condensada pueden variar dependiendo de la aplicación y el contexto específico de cada instalación.

- **Ahorro de Agua Potable:** La recolección y reutilización del agua condensada reduce la dependencia de fuentes de agua potable para usos no potables, contribuyendo al ahorro de recursos hídricos.
- **Ahorro de Tratamiento:** El agua condensada puede ser utilizada para lavar autos, riego, dotar inodoros y otro tipo de aplicaciones que no necesitan agua potable, por este motivo no es necesario utilizar un tratamiento potabilizador. (Glawe, Wooten, & Lye, 2016)
- **Sostenibilidad Ambiental:** Al aprovechar un recurso previamente desaprovechado, los sistemas de recolección de agua condensada promueven la sostenibilidad ambiental al reducir la demanda de agua potable y minimizar el impacto sobre los recursos naturales.
- **Reducción de Costos:** Al disminuir la necesidad de agua potable para ciertos usos, los sistemas de recolección de agua condensada pueden generar ahorros significativos en las facturas de agua y alcantarillado.

2.7. RED DE DISTRIBUCIÓN

La red de distribución de agua de un edificio hemos de diseñarla para que todos los aparatos sanitarios funcionen correctamente, Hay que tener en cuenta que la cantidad de agua fría y caliente que se consume varía dependiendo del tipo de edificio, uso para que se le destine la hora del día.

El objetivo del diseñador de redes de distribución de agua en edificios es garantizar el suministro adecuado, en gasto y energía, a todos los muebles y equipos durante el tiempo de operación, con los diámetros más económicos de tubería. (Sosa, 2001, p. 49)

El sistema debe llenar los requisitos de capacidad suficiente en todas las partes: tuberías, bombas, tanques de almacenamiento, equipos de calentamiento, etc, para satisfacer las demandas máximas, pero sin olvidarnos de la economía de las instalaciones (Blasco, 1995, p. 111)

De acuerdo con la bibliografía consultada se puede definir que la red de distribución de agua interna en un edificio es un sistema crucial que asegura el suministro adecuado de agua potable a los diferentes puntos de uso dentro de la estructura.

Para diseñar una red de distribución eficiente que satisfaga las necesidades específicas del edificio y sus ocupantes se necesita tomar en cuenta los siguientes factores:

- **Diseño hidráulico:** Es fundamental realizar un diseño hidráulico detallado. Esto implica calcular las demandas de agua de los distintos puntos de uso del edificio, considerar la presión necesaria en cada punto y determinar la disposición óptima de las tuberías.
- **Selección de materiales:** Se deben seleccionar los materiales adecuados para las tuberías y accesorios, esto dependerá de factores como la presión del agua, la temperatura, el tamaño del edificio y el presupuesto disponible. Los materiales comunes incluyen PVC, CPVC, PPR, cobre y acero inoxidable.
- **Instalación de tuberías:** Esto implica la colocación de tuberías principales que transportarán el agua desde el sistema de suministro principal hasta los puntos de uso dentro del edificio, así como la instalación de tuberías secundarias que distribuirán el agua a los diferentes pisos, departamentos o áreas específicas.
- **Válvulas y dispositivos de control:** Se instalan válvulas de corte y dispositivos de control en puntos estratégicos de la red de distribución de agua para regular el flujo de agua, presión y permitir el mantenimiento y las reparaciones de manera más adecuada.
- **Medidores de agua:** Para monitorear el consumo de agua y detectar posibles fugas. Además, permite a los propietarios del edificio controlar el uso de agua y tomar medidas para reducir el desperdicio.
- **Pruebas y mantenimiento:** Es importante realizar pruebas para asegurar su correcto funcionamiento y detectar cualquier problema o fuga. Además, se debe establecer un programa de mantenimiento regular para inspeccionar y mantener la red en buenas condiciones de funcionamiento.

PARÁMETROS DE DISEÑO SEGÚN RENISDA

En el capítulo I “Instalaciones Domiciliarias de Agua Potable” se definen los aspectos técnicos que hay que realizar para el correcto diseño de las instalaciones desde el abastecimiento hasta su distribución.

En el reglamento se establecen las siguientes directrices que todo proyecto deberá considerar:

- Medidas de adaptación y mitigación de impacto ambiental
- Gestión de riesgo por desastres naturales
- Materiales que cumplan con la calidad y durabilidad de las normas del IBNORCA
- Artefactos y equipos de bajo consumo de agua cumpliendo las especificaciones técnicas del IBNORCA Y RENISDA.

Por otra parte, en el capítulo II se establece las condiciones técnicas deben ser diseñadas y ejecutadas las instalaciones domiciliarias de evacuación de aguas residuales.

2.7.1. SISTEMAS DOMICILIARIOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

Los sistemas domiciliarios comprenden un sistema que incluye la conexión domiciliaria, alimentación domiciliaria, almacenamiento y red de distribución

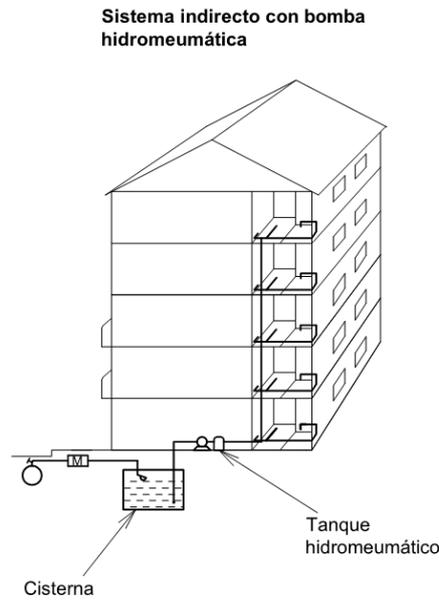
El sistema domiciliario de abastecimiento de agua potable puede ser directo, indirecto o mixto, el sistema elegido lo define el proyectista de acuerdo con los parámetros del proyecto cumpliendo con las especificaciones del reglamento.

Sistema Directo: Red de distribución alimentada directamente por la red pública

Sistema indirecto: Los artefactos sanitarios son alimentados por un sistema de abastecimiento interno con almacenamiento de agua y/o sistemas hidroneumáticos.

Figura 1

Sistema Indirecto con bomba hidroneumática



Nota. El gráfico representa un sistema que utiliza tanques hidroneumáticos para controlar la presión de un sistema de agua potable. Tomada del RENISDA (p.161), 2011

Sistema mixto: Es un sistema que utiliza la alimentación directa en algunos puntos de consumo y en el resto se utiliza un sistema indirecto.

2.7.2. DOTACIÓN DEL AGUA

La dotación depende de varios factores como el uso del edificio (comercial, vivienda), también depende del área de la edificación, el sistema de distribución del agua y las necesidades de los ocupantes. (Blasco, p. 67)

Para el cálculo del consumo diario en viviendas o edificios multifamiliares primero es necesario determinar la tasa ocupacional de la edificación y la dotación per cápita, para lograr determinar estos parámetros el reglamento se utilizan tablas como referencia.

La **Tabla 1**

Tasa de Ocupación de edificios públicos y privados detalla valores de referencia de los locales comerciales y de oficinas más corrientes, para esta investigación solo se tomó en cuenta los locales comerciales en planta baja.

Tabla 1

Tasa de Ocupación de edificios públicos y privados

| Local | Tasa de ocupación |
|----------------------------------|-------------------------------|
| Locales comerciales. Planta Baja | 1 persona /2,5 m ² |

Nota: Esta tabla muestra la tasa de ocupación de edificios públicos y privados recomendados por el RENISDA

Es importante definir que la dotación per cápita neta es el consumo medio diario que se le asigna al usuario del inmueble que se necesita para satisfacer las necesidades básicas.

En la **Tabla 2**

Dotaciones per cápita para vivienda urbana. Valores referenciales, podemos tomar los valores referenciales definidos para cada región o zona ecológica del país.

Tabla 2

Dotaciones per cápita para vivienda urbana. Valores referenciales

| Región | Temp. Media (°) | Metropolitana |
|-----------|-----------------|---------------|
| Altiplano | 11 | 80 - 120 |
| Valles | 16 | 80 - 120 |
| Llanos | 27.5 | 100 - 150 |

Nota: Esta tabla fue modificada a partir de la referencia del RENISDA para mostrar solo los datos de la zona de investigación

Tabla 3

Cuadro de dotaciones comerciales, públicas. Valores referenciales

| Tipo de inmueble/ Utilización | Dotación |
|--|-----------------------|
| Parqueos sin lavado de automóviles | 2 L/m2. día |
| Locales comerciales, mercados, supermercados, empleados | 50 L/empleado. día |
| Locales comerciales, uso general | 5 L/m2. día |
| Riego de jardines | 2 L / m2. día |

Nota: Esta tabla fue modificada a partir del RENISDA para mostrar un cuadro de dotación referencial

Como se puede observar en las tablas el área de la construcción y las personas por área son relevante a la hora de determinar la dotación diaria necesaria para el consumo de la edificación.

2.7.3. TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Para dimensionar el volumen total del tanque que se necesita para almacenar la dotación diaria se utilizará la siguiente fórmula:

Se Considera:

$$V_T = N_D * C_D + V_{CI} + V_{OU} = l$$

Donde:

V_T = Volumen útil del tanque (l)

C_D = Volumen de consumo diario (l)

N_D = Número de días sin servicio público no mayor a dos días

V_{CI} = Volumen contra incendios (l) (7500 l mínimo)

V_{OU} = Volumen de otros usos (l), enfriamiento de aire acondicionado, etc.

2.7.4. VELOCIDADES

El reglamento establece la velocidad mínima de 0,60 m/s. y las velocidades máximas recomendadas en la **Tabla 4**

Velocidades máximas admisibles en tuberías de agua potable.

Tabla 4

Velocidades máximas admisibles en tuberías de agua potable

| Diámetro nominal | Velocidad | Caudal |
|------------------|-----------|--------|
| DN | máxima | máximo |
| mm | m/s | L/s |
| 15 | 1,6 | 0,2 |
| 20 | 2,0 | 0,6 |
| 25 | 2,3 | 1,2 |
| 40 | 2,5 | 4,0 |
| 50 | 2,5 | 5,7 |
| 60 | 2,5 | 8,9 |
| 75 | 2,5 | 12,0 |
| 100 | 2,5 | 18,0 |

2.7.5. PRESIONES

Se define que la presión de diseño no deberá ser menor a los 2 mca (20 kPa) para todos los puntos de utilización, salvo lo recomendado por los proveedores.

Por otra parte, la presión estática máxima aceptable no será mayor a los 40 mca (400 kPa). En caso de superarse esta presión se deberá considerar la instalación de equipos reductores de presión.

2.7.6. DIMENSIONAMIENTO DE LAS REDES

Las redes de distribución de agua deberán ser diseñadas para satisfacer la demanda máxima probable de los diferentes puntos de consumo o utilización.

Tabla 5

Demanda máxima de consumo por artefacto sanitario

| Artefacto | L / min |
|---|---------|
| Bebedero (Chorro) | 2,84 |
| Inodoro c/tanque de gravedad | 11,36 |
| Inodoro c/válvula de descarga de 15 mm , 11 mca de presión (0,11 Mpa) | 56,78 |
| Inodoro c/válvula de descarga de 25 mm , 11 mca de presión (0,11 MPa) | 102,20 |
| Inodoro c/válvula de descarga de 25 mm , 18 mca de presión (0,18 MPa) | 132,48 |
| Grifo de riego de 15 mm | 18,93 |

Nota: Esta tabla fue modificada a partir del RENISDA para mostrar la demanda máxima de los artefactos que se utilizarán en la investigación

El reglamento recomienda diseñar las redes de agua potable a través de la demanda máxima probable aplicando el método probabilístico de Hunter.

Este método asigna un peso específico, unidades de gasto, a cada artefacto sanitario con un funcionamiento intermitente.

La determinación del caudal máximo probable (QMP) en l/s, correspondiente a un determinado número de Unidades de Gasto (UG), el Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias (RENISDA) nos proporciona una tabla en la cual los valores han sido ordenado en términos de UG Vs. Caudal (l/s), dependiendo del tipo de artefacto empleado, con tanque o válvula de descarga.

Tabla 6*Caudal máximo probable – Unidades de Gasto*

| U. GASTO | TANQUE | VALVULA | U. GASTO | TANQUE | VALVULA |
|----------|--------|---------|----------|--------|---------|
| 43,00 | 0,90 | 1,66 | 61,00 | 1,15 | 1,94 |
| 44,00 | 0,91 | 1,68 | 62,00 | 1,16 | 1,95 |
| 45,00 | 0,93 | 1,69 | 63,00 | 1,17 | 1,97 |
| 46,00 | 0,94 | 1,71 | 64,00 | 1,18 | 1,98 |
| 47,00 | 0,96 | 1,73 | 65,00 | 1,20 | 1,99 |

Nota: Esta tabla fue modificada a partir del RENISDA para mostrar los caudales máximos probables

La tabla ha sido calculada tomando en cuenta las siguientes fórmulas (desarrolladas por los Ings. Alfonso Pomarino y Sergio Rodriguez), tomando en cuenta la experiencia desarrollada en Bolivia.

Para instalaciones que cuentan con tanques cisterna de descarga:

$$0,00 < UG < 100 \quad QMP \text{ (l/s)} = 0,083373 + 0,022533 * UG - 8.31E-5 * UG^2$$

$$100 \leq UG \leq 500 \quad QMP \text{ (l/s)} = 0,814228 + 0,007263 * UG - 5,55E-7 * UG^2$$

$$500 \leq UG \leq 1\ 000 \quad QMP \text{ (l/s)} = 1,501666 + 0,005683 * UG$$

2.7.7. SISTEMAS DE BOMBEO

Una vez calculada la cantidad de agua que se necesita para el consumo de los artefactos se podrá determinar el caudal de bombeo.

2.7.7.1. Caudal de bombeo

Todo sistema Hidroneumático deberá contar con un tanque cisterna con una capacidad igual o mayor al consumo diario. El caudal de bombeo en los sistemas indirectos que cuentan con un tanque cisterna se calculará tomando en cuenta el número de horas de bombeo/día y el consumo diario (C_D). Para el cálculo se podrá emplear la siguiente expresión de cálculo:

$$Q_b = \frac{CD}{86400} * \frac{24}{N}$$

Donde:

Q_b : Caudal de bombeo (l/s)

CD : Consumo diario (l)

N : Número total de horas de bombeo por día no mayor a 6.

El número de horas de bombeo no deberá superar el total de 6 horas al día, considerando dos a tres periodos de arranque por día. Tomando en cuenta estos factores, los niveles de agua en los tanques, para la parada y/o arranque de los equipos de bombeo

2.7.7.2. Tubería de impulsión

Para el cálculo económico de la tubería de impulsión se podrá emplear la fórmula de Bresse:

$$D_b = 1,30 \times 1/4 \sqrt{Q_b}$$

Donde:

D_b : Diámetro de la tubería de bombeo (m) Q_b : Caudal de bombeo (m³/s)

Q_b : Caudal de bombeo (m³/s)

$$x = \frac{\text{Numero de horas de bombeo}}{24}$$

2.7.7.3. Tubería de succión

La Tubería de succión deberá tener un diámetro comercial igual o superior al diámetro calculado para la tubería de impulsión:

$$D_s \geq D_b$$

2.7.7.4. Selección del equipo de bombeo

La selección del conjunto motor – bomba y la determinación de la potencia de la bomba, se la realiza a partir de los catálogos de proveedores y/o fabricantes partiendo de los datos de caudal y la altura manométrica calculados anteriormente.

Para la determinación de la potencia de la bomba se deberá contar con las curvas características correspondientes al tipo de bomba a emplearse, tomando en cuenta el número de rotaciones por minuto (n) a ser adoptado y el rendimiento deseado.

La potencia teórica del equipo de bombeo se podrá determinar por la siguiente expresión:

$$P_b = \frac{g * Q_b * H_b}{1000 * \eta}$$

Donde:

P_b: Potencia de la bomba en (kW)

H_b: Altura manométrica de bombeo (m)

Q_b: Caudal de bombeo (l/s)

η: Eficiencia del equipo varía entre = 0.6 - 0.8

g: Coeficiente gravitacional, 9,81 (m/s²)

2.7.8. DISEÑO HIDROSANITARIO

El diámetro de las tuberías sanitarias se determinará con el método de Hunter y las unidades de descarga hidráulicas (UD).

Tabla 7

Unidades de Descarga Hidráulica de artefactos sanitarios. Método de Hunter

| Artefacto sanitario | Unidades de Descarga | Ramal de descarga. |
|---------------------|----------------------|-----------------------|
| | Hidráulica | Diámetro nominal (mm) |
| | UD | DN |

| | | |
|----------|-----|----|
| Bebedero | 0,5 | 40 |
|----------|-----|----|

El reglamento establece las unidades de descargas máximas para los diámetros comerciales en la

Tabla 8

Dimensionamiento de ramales sanitarios.

Tabla 8

Dimensionamiento de ramales sanitarios

| Diámetro nominal (mm)DN | Número máximo de UD |
|--------------------------------|----------------------------|
| 40 | 3 |
| 50 | 6 |
| 75 | 20 |
| 100 | 160 |

Y para determinar los diámetros de las bajantes se utiliza la **Tabla 9**

Dimensionamiento de bajantes sanitarias

Tabla 9

Dimensionamiento de bajantes sanitarias

| Diámetro nominal de la tubería (mm) | No. máximo de Unidades de Descarga HidráulicaUD | |
|--|--|--|
| | Edificios hasta 3 pisos | Edificios con más de tres pisos |
| DN | | |
| 40 | 4 | 8 |
| 50 | 10 | 24 |
| 75 | 30 | 70 |
| 100 | 240 | 500 |
| 150 | 960 | 1 900 |
| 200 | 2 200 | 3 600 |
| 250 | 3 800 | 5 600 |
| 300 | 6 000 | 8 400 |

Y finalmente para dimensionar los colectores se utiliza la **Tabla 10**

Dimensionamiento de colectores de alcantarillado sanitario

Tabla 10

Dimensionamiento de colectores de alcantarillado sanitario

| Diámetro nominal de la tubería (mm) | No. máximo de Unidades de Descarga Hidráulica | | | |
|-------------------------------------|---|-----|--------|--------|
| | Pendientes mínimas % | | | |
| DN | 0,5 | 1 | 2 | 4 |
| 100 | | 180 | 216 | 250 |
| 150 | | 700 | 840 | 1 000 |
| 200 | 1 | 1 | 1 920 | 2 300 |
| | 400 | 600 | | |
| 250 | 2 | 2 | 3 500 | 4 200 |
| | 500 | 900 | | |
| 300 | 3 | 4 | 5 600 | 6 700 |
| | 900 | 600 | | |
| 400 | 7 | 8 | 10 000 | 12 000 |
| | 000 | 300 | | |

2.8. CÓMPUTOS MÉTRICOS

Se definen como la determinación de las cantidades de los distintos elementos que componen una instalación u obra. (Macchia, 2009)

Los cómputos métricos en sistemas hidrosanitarios se refieren al proceso de cuantificar y especificar los materiales y componentes necesarios para la instalación de sistemas de agua potable y desagüe en una edificación o proyecto de construcción. Estos cómputos son una parte fundamental del proceso de diseño y planificación, ya que proporcionan información detallada sobre los materiales requeridos, las cantidades necesarias y las especificaciones técnicas para llevar a cabo la instalación de los sistemas hidrosanitarios de manera eficiente y efectiva.

Los cómputos métricos en sistemas hidrosanitarios suelen incluir:

- **Materiales:** Se enumeran todos los materiales necesarios para la instalación del sistema hidrosanitario, como tuberías, accesorios, válvulas, conexiones, equipos de bombeo, tanques de almacenamiento, entre otros.
- **Cantidad de materiales:** Se especifica la cantidad exacta de cada material necesario, basándose en el diseño del sistema hidrosanitario y las dimensiones de la edificación o proyecto de construcción.
- **Especificaciones técnicas:** Se detallan las características técnicas de los materiales, como el tipo de material, el diámetro, la resistencia a la presión, la clasificación de la tubería, la normativa aplicable, entre otros aspectos relevantes.
- **Cálculo de costos:** Se estima el costo total de los materiales necesarios para la instalación del sistema hidrosanitario, teniendo en cuenta los precios unitarios de los materiales y las cantidades requeridas.

2.9. ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO

Cuando se necesita realizar un presupuesto para poder estimar el precio de una instalación el método por análisis de precios es el único con valor científico. (Macchia, 2009)

El análisis de precio unitario es una técnica utilizada en la ingeniería civil, la construcción y otros campos relacionados para estimar el costo de un proyecto basado en los precios unitarios de los diferentes elementos que lo componen. Este análisis desglosa los costos en unidades individuales de trabajo o materiales, lo que permite una estimación detallada y precisa del costo total del proyecto.

Para realizar un análisis de precio unitario se necesitan determinar los siguientes elementos:

- **Identificación de ítems:** El primer paso es identificar y enumerar todos los elementos que componen el proyecto, como excavación, cimentación, estructuras, acabados, instalaciones hidrosanitarias, eléctricas, etc.
- **Desglose de cada ítem:** Cada elemento identificado se descompone en sus componentes más pequeños y mensurables. Por ejemplo, en el caso de instalaciones hidrosanitarias, se pueden desglosar en tuberías, conexiones, accesorios, mano de obra de instalación, entre otros.
- **Estimación de cantidades:** Se determina la cantidad necesaria de cada componente para completar el proyecto. Esto se puede hacer mediante cálculos basados en planos, especificaciones técnicas u otras referencias.
- **Determinación de precios unitarios:** Se asigna un precio unitario a cada componente basado en los precios de mercado actuales. Estos precios pueden obtenerse a partir de cotizaciones de proveedores, bases de datos de costos de construcción, históricos de proyectos anteriores, entre otros recursos.
- **Cálculo de costos:** Se multiplican las cantidades estimadas de cada componente por sus respectivos precios unitarios para obtener el costo total de cada ítem. Luego, se suman todos los costos individuales para obtener el costo total del proyecto.
- El análisis de precio unitario es una herramienta importante para elaborar presupuestos precisos y realistas, así como para realizar comparaciones entre diferentes opciones de diseño o métodos de construcción.

2.10. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA

El análisis de factibilidad económica es una evaluación sistemática de los costos y beneficios de un proyecto o iniciativa con el fin de determinar su viabilidad financiera. Este análisis se realiza con el objetivo de evaluar de manera técnica y económica y determinar su factibilidad. (Macchia, 2009)

Para realizar un análisis objetivo es necesario tomar en cuenta los siguientes puntos:

- **Identificación del problema o la oportunidad:** Se define claramente el problema que el proyecto busca resolver o la oportunidad que busca aprovechar. Esto puede incluir identificar necesidades insatisfechas en el mercado, problemas operativos internos, demandas sociales, entre otros.
- **Definición de los objetivos del proyecto:** Se establecen los objetivos específicos que se espera alcanzar con el proyecto, así como los criterios de éxito que se utilizarán para evaluar su desempeño.
- **Estimación de costos:** Se identifican y cuantifican todos los costos asociados con la ejecución del proyecto, incluyendo costos de inversión inicial, costos operativos recurrentes, costos de mantenimiento, costos de financiamiento, entre otros.
- **Estimación de ingresos y beneficios:** Se identifican y cuantifican todos los ingresos y beneficios esperados como resultado del proyecto. Esto puede incluir ingresos por ventas, ahorros en costos operativos, incrementos en la productividad, entre otros.
- **Análisis de sensibilidad:** Se realizan análisis de sensibilidad para evaluar cómo cambios en ciertos parámetros, como costos, ingresos o supuestos clave, podrían afectar la viabilidad económica del proyecto.
- **Evaluación de indicadores financieros:** Se calculan y evalúan diversos indicadores financieros, como el período de recuperación de la inversión (PRI), entre otros, para determinar la viabilidad financiera del proyecto.
- **Toma de decisiones:** Con base en los resultados del análisis de factibilidad económica, se toma una decisión informada sobre si proceder con el proyecto, modificar su alcance o estructura, o descartarlo por completo.

CAPÍTULO III MARCO PRÁCTICO

3.1. INTRODUCCIÓN

Para lograr el objetivo de cumplir con la investigación en este capítulo se desglosarán los pasos utilizados para obtener los resultados propuestos anteriormente.

Para comenzar con la parte práctica lo primero que necesitamos es presentar los datos de las edificaciones modelo que serán utilizadas para este análisis de factibilidad económica.

El siguiente paso será calcular la cantidad de puntos necesarios para cumplir con el Reglamento que promueve las medidas de sustentabilidad ambiental de acuerdo a sus indicadores mínimos de aplicación.

Luego podremos definir la cantidad de artefactos que serán dotados por el agua condensada recolectada, esta decisión será tomada en base a los parámetros mínimos y los artefactos propuestos por arquitectura.

Una vez definida la cantidad de artefactos podremos estimar la cantidad de agua que necesitarán estos puntos diariamente, de esta manera podremos estimar el ahorro diario, mensual y anual de agua.

Entonces podremos realizar el diseño hidrosanitario de ambos sistemas para los modelos propuestos, para ello utilizaremos el reglamento nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias RENISDA.

La investigación se concentrará primero en diseñar el sistema de recolección, computar sus componentes y determinar sus costos totales.

Luego se proseguirá con el segundo sistema que es el de distribución y se realizarán los mismos pasos.

Una vez finalizado la investigación definiremos el tiempo de retorno de la inversión que se necesita al instalar un sistema de recolección y distribución del agua condensada de los aires acondicionados de las edificaciones propuestas.

3.2. DATOS DE LOS PROYECTOS

Para este análisis de factibilidad utilizaremos dos edificaciones modelos, las cuales presentaremos a continuación.

Ambos proyectos son edificaciones multifamiliares ubicados en la ciudad de Santa Cruz de La Sierra y están compuesto de la siguiente manera:

Tabla 11

Datos del proyecto

| Datos del proyecto | |
|--------------------|--|
| Subsuelo | Parqueo |
| Planta Baja | Parqueo, tiendas/ oficinas comerciales y recepción |
| Planta 1-4 | Departamentos tipo vivienda |
| Planta 5 | Departamentos tipo vivienda |
| Planta 6 | Departamentos tipo vivienda |
| Planta 7 | Terraza, oficinas y zonas sociales |

3.2.1. MODELO 1

Figura 2

Modelo Isométrico 1



Nota: El gráfico muestra la figura isométrica del modelo 1 de investigación

Figura 3

Planta Baja Modelo 1

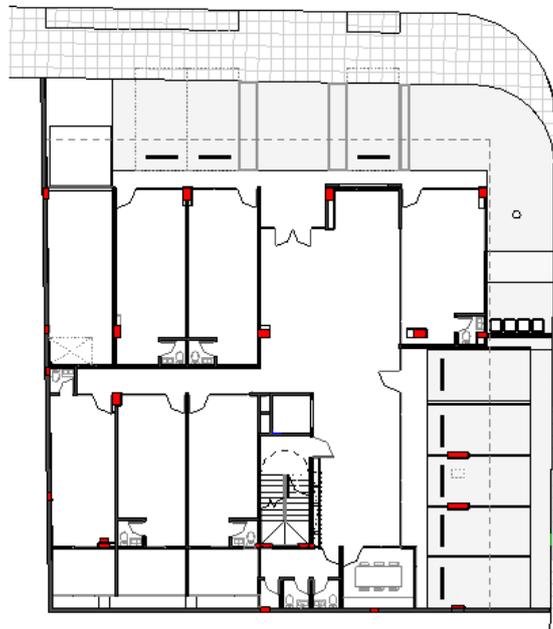


Figura 4

Planta Tipo 1-4 Modelo 1

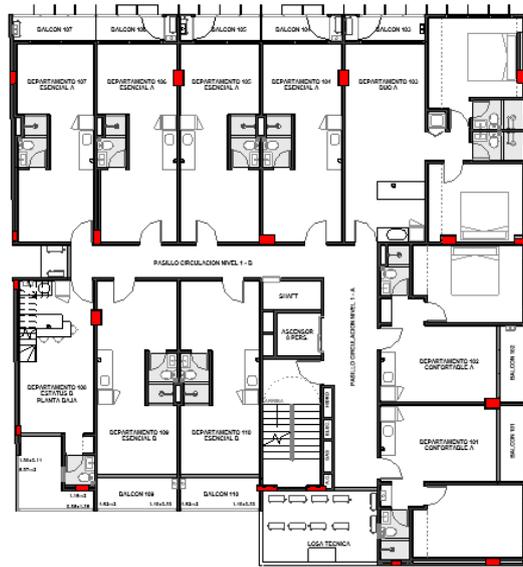


Figura 5

Planta 5 Modelo 1



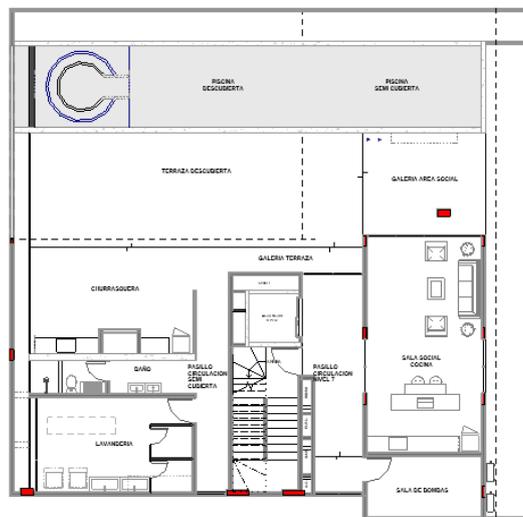
Figura 6

Plantas 6 Modelo 1



Figura 7

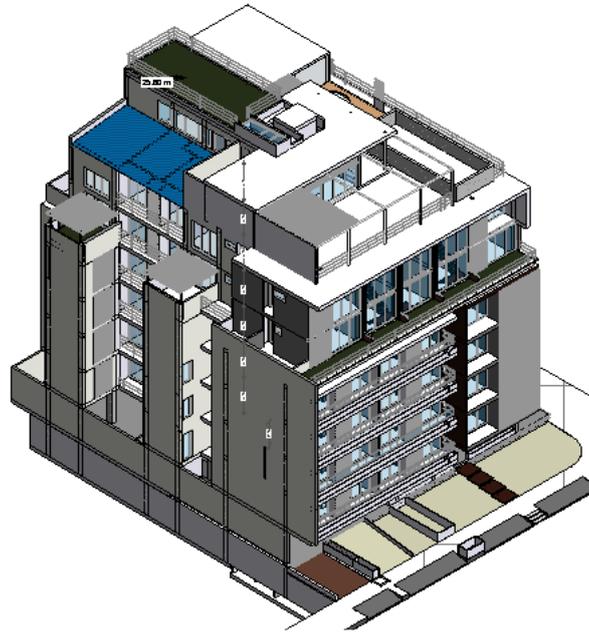
Planta Terraza Modelo 1



3.2.2. MODELO 2

Figura 8

Modelo Isométrico 1



Nota: El gráfico muestra la figura isométrica del modelo 2 de investigación

Figura 9

Planta Baja Modelo 2

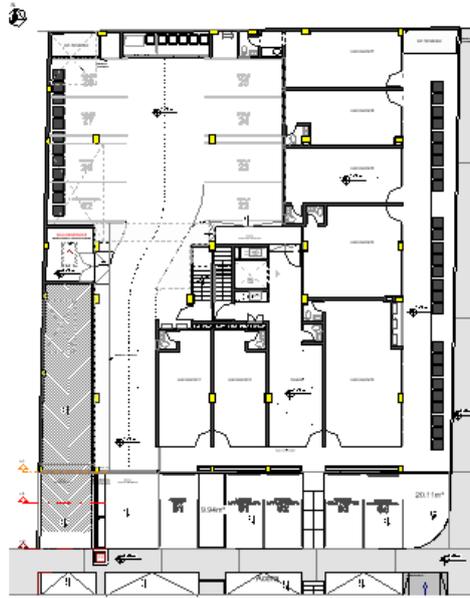


Figura 10

Planta Tipo 1-4 Modelo 2

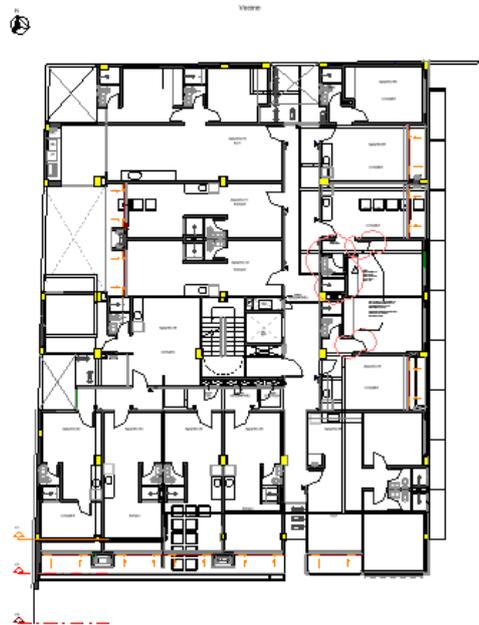


Figura 11

Plantas 5 Modelo 2

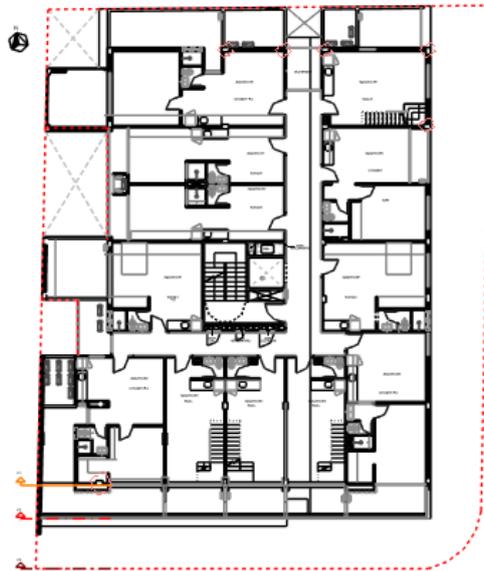


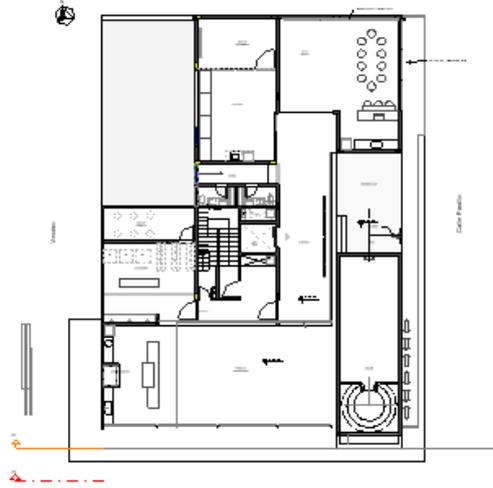
Figura 12

Planta 6 Modelo 2



Figura 13

Planta Terraza Modelo 2



3.2.3. INDICADOR MÍNIMO DE APLICACIÓN

Para poder cumplir con el Reglamento Ecosostenible necesitamos calcular la cantidad mínima de ambientes que utilizarán agua reciclada, para lograrlo primero necesitamos considerar la cantidad total de ambientes y sus categorías.

Como se observa en la **Tabla 12**

Cantidad de Áreas de 3era Categoría para cumplir con el 15% de artefactos que utilizan agua reciclada, el primer edificio modelo necesita contar con al menos 11 puntos que cuenten con la dotación del agua recolectada.

Tabla 12

Cantidad de Áreas de 3era Categoría del Modelo 1

| Sector | Piso | Dep | Baño compartido | Baño Suite | Baño Visita | Area de servicio | Grifo de jardín | |
|-----------------------------------|--|-------|-----------------|------------|-------------|------------------|-----------------|-------|
| Planta | 7 | TOTAL | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | |
| Planta | 6 | TOTAL | 3 | 5 | 0 | 0 | 0 | |
| Planta | 5 | TOTAL | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Planta | 4 | TOTAL | 10 | 1 | 0 | 0 | 0 | |
| Planta | 3 | TOTAL | 10 | 1 | 0 | 0 | 0 | |
| Planta | 2 | TOTAL | 11 | 1 | 0 | 0 | 0 | |
| Planta | 1 | TOTAL | 10 | 1 | 0 | 0 | 0 | |
| Planta Baja | 0 | TOTAL | 2 | 0 | 6 | 0 | 0 | |
| Subsuelo | -1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | |
| Total ambientes de 3ra Categoría: | | | | | | Total = | 69 | |
| 15% | Cantidad mínima de ambientes a abastecer con agua de lluvia: | | | | | | | 10.35 |
| | | | | | | Inodoros | 20 | |
| | | | | | | Grifos | 6 | |
| | | | | | | Total | 26 | |

Por otra parte, el segundo edificio modelo, como se puede observar en la **Tabla 13** Cantidad de Áreas de 3era Categoría del Modelo 2, necesitará al menos 14 puntos para cumplir con este requisito.

Tabla 13

Cantidad de Áreas de 3era Categoría del Modelo 2

| Sector | Piso | Dep | Baño compartido | Baño Suite | Baño Visita | Area de servicio | Grifo de jardín |
|-------------|--|-------|-----------------|------------|-------------|------------------|-----------------|
| Planta | 7 | TOTAL | 0 | 0 | 2 | 1 | 2 |
| Planta | 6 | TOTAL | 9 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| Planta | 5 | TOTAL | 8 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| Planta | 4 | TOTAL | 12 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| Planta | 3 | TOTAL | 12 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| Planta | 2 | TOTAL | 12 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| Planta | 1 | TOTAL | 12 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| Planta Baja | 0 | TOTAL | 0 | 0 | 8 | 0 | 2 |
| Subsuelo | -1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| Total = | | | | | | | 90 |
| 15% | Cantidad mínima de ambientes a abastecer con agua de lluvia: | | | | | | 13.5 |
| Inodoros | | | | | | | 10 |
| Grifos | | | | | | | 4 |
| Total | | | | | | | 14 |

Una vez definida la cantidad mínima de puntos a cubrir, se decidió utilizar 20 puntos para el primer caso y 14 para el segundo modelo, la decisión se realizó en base a la cantidad de grifos e inodoros disponibles en ambas edificaciones.

3.2.4. DOTACIÓN DIARIA NECESARIA

Para definir la dotación diaria necesaria se realizaron los pasos recomendados para el cálculo de dotación de agua que podemos encontrar en el RENISDA.

Ambas edificaciones se encuentran en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, por lo tanto se utilizará la demanda diaria de 150 l/hab.día como se indica en **Tabla 2**

Dotaciones per cápita para vivienda urbana. Valores referenciales de este documento.

Además, se utilizaron las dotaciones unitarias recomendadas por el reglamento que se encuentran en la Tabla 1

Tasa de Ocupación de edificios públicos y privados Tabla 3

Cuadro de dotaciones comerciales, públicas. Valores referenciales.

Tabla 14

Dotación diaria del Modelo 1

| Ambiente | Unidad | Cantidad | Dot. Unitaria | Dot. Total |
|-----------------------------------|----------------|----------|---------------------------|------------|
| Subsuelo | | | | |
| Parqueo Sin lavado de Automoviles | m ² | 200 | 2,0L/m ² . dia | 400 l |
| Planta Baja | | | | |
| Parqueo Sin lavado de Automoviles | m ² | 100 | 2,0L/m ² . dia | 200 l |
| Locales Comerciales (Tiendas) | m ² | 165 | 5,0 L/m ² | 825 l |
| Personal de oficinas, visitas | pers | 8 | 20 L/persona. día | 160 l |
| P1 - P4 | | | | |
| Viviendas | pers | 22 | 160 L/persona. día | 13200 l |
| P5 | | | | |
| Viviendas | pers | 8 | 160 L/persona. día | 1200 l |
| P6 | | | | |

| | | | | |
|---|----------------|-----|---------------------------|---------|
| Viviendas | pers | 22 | 160 L/persona. día | 3300 l |
| | | P7 | | |
| Personal de oficinas, visitas | pers | 12 | 20 L/persona. día | 240 l |
| | | P8 | | |
| Jardines | m ² | 101 | 2,0L/m ² . día | 202 l |
| Dotación Diaria Total | | | | 19727 l |
| Dotación Diaria artefactos con agua reciclada | | | | 1512 l |

Y para el segundo modelo la dotación total es la que se muestra a continuación:

Tabla 15

Dotación diaria del Modelo 2

| Ambiente | Unidad | Cantidad | Dot. Unitaria | Dot. Total |
|---|----------------|----------|---------------------------|------------|
| Subsuelo | | | | |
| Parqueo Sin lavado de Automoviles | m ² | 241.5 | 2,0L/m ² . día | 483 l |
| Planta Baja | | | | |
| Parqueo Sin lavado de Automoviles | m ² | 92 | 2,0L/m ² . día | 184 l |
| Locales Comerciales (Tiendas) | m ² | 265.4 | 5,0 L/m ² | 1327 l |
| P1 - P4 | | | | |
| Viviendas | pers | 28 | 160 L/persona. día | 16800 l |
| | | P5 | | |
| Viviendas | pers | 16 | 160 L/persona. día | 2400 l |
| | | P6 | | |
| Viviendas | pers | 24 | 160 L/persona. día | 3600 l |
| | | P7 | | |
| Personal de oficinas, visitas | pers | 23 | 20 L/persona. día | 460 l |
| | | P8 | | |
| Jardines | m ² | 101 | 2,0L/m ² . día | 202 l |
| Dotación Diaria | | | | 25456 l |
| Dotación Diaria artefactos con agua reciclada | | | | 2060 l |

3.2.5. AHORRO DE AGUA DIARIO POR USO DE ARTEFACTOS

Para lograr estimar el cálculo primero se determinó la cantidad de aires acondicionados en ambos modelos de investigación.

La cantidad de aires acondicionados es un factor fundamental para la recolección de agua y significa una gran diferencia entre la capacidad de recolección de ambos modelos propuestos.

Para el primer caso la cantidad de artefactos sería la siguiente:

Tabla 16

Cantidad de Unidades de Aire Acondicionados Modelo 1

| Cantidad de A/A | | |
|-----------------|------|------|
| | Hab. | Sala |
| Planta 7 | 0 | 1 |
| Planta 6 | 11 | 2 |
| Planta 5 | 4 | 7 |
| Planta 4 | 11 | 3 |
| Planta 3 | 11 | 3 |
| Planta 2 | 11 | 3 |
| Planta 1 | 11 | 3 |
| Planta PB | 6 | 1 |
| Subsuelo | 0 | 0 |
| Total | 65 | 23 |

Y para el segundo modelo la cantidad de aires acondicionados se observa en la Tabla 17

Cantidad de Unidades de Aire Acondicionados Modelo 2:

Tabla 17

Cantidad de Unidades de Aire Acondicionados Modelo 2

| Cantidad de A/A | | |
|-----------------|------|------|
| | Hab. | Sala |
| Planta 7 | 0 | 3 |
| Planta 6 | 12 | 4 |
| Planta 5 | 8 | 8 |
| Planta 4 | 14 | 7 |
| Planta 3 | 14 | 7 |
| Planta 2 | 14 | 7 |
| Planta 1 | 14 | 7 |
| Planta PB | 8 | 0 |
| Subsuelo | 0 | 0 |
| Total | 84 | 43 |
| | 127 | |

3.2.6. ESTIMACIÓN DE GENERACIÓN DE AGUA CONDENSADA

Una vez determinada la cantidad de artefactos que utilizaremos para recolectar el agua condensada podemos determinar la cantidad de agua que podemos ahorrar utilizando este sistema para ambos modelos.

Los aires acondicionados tienen un caudal de 2 l/h en promedio y la utilización del mismo, varía según las temperaturas.

Se recopilaron datos climatológicos mensuales de los últimos años con el fin de llevar a cabo un análisis detallado del consumo mensual de sistemas de aire acondicionado en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra.

Tabla 18

Recolección de agua condensada Modelo 1

| RECOLECCIÓN DE AIRES ACONDICIONADOS | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| Meses | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| C° Promedio | 26.5 | 26.5 | 26 | 24.5 | 22 | 21 | 20.5 | 22.5 | 24.5 | 26 | 26 | 26.5 |
| Uso diario por artefacto (h) | 4 h | 4 h | 4 h | 3 h | 1 h | 1 h | 1 h | 2 h | 3 h | 4 h | 4 h | 4 h |
| Uso diario edificio (h) | 422 h | 422 h | 422 h | 317 h | 106 h | 106 h | 106 h | 211 h | 317 h | 422 h | 422 h | 422 h |
| Litros diarios | 844 l | 844 l | 844 l | 633 l | 211 l | 211 l | 211 l | 422 l | 633 l | 844 l | 844 l | 844 l |
| % de ahorro diario | 41% | 41% | 41% | 31% | 10% | 10% | 10% | 20% | 31% | 41% | 41% | 41% |
| Litros mensuales | 2616 4 | 23632 | 26164 | 18990 | 6541 | 6330 | 6541 | 13082 | 18990 | 26164 | 25320 | 2616 4 |
| % de ahorro mes | 42% | 38% | 42% | 31% | 11% | 10% | 11% | 21% | 31% | 42% | 41% | 42% |

Como podemos observar en la tabla del primer modelo, se dividió el consumo de acuerdo con el promedio mensual de temperatura de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra. Se tomaron en cuenta los datos de los últimos 3 años del “SENAMHI”.

Se tomó un promedio de horas de uso de los aires acondicionados según la temperatura del mes, para el caso de los meses de invierno el uso promedio es de 1 hora al día lo cual significaría un ahorro de agua mensual de apenas el 10% para los artefactos que consumen el agua condensada recolectada, lo cual sería alrededor de 6300 litros en el primer caso de estudio y de 4500 litros en el segundo caso.

Por otra parte, en los meses de mayor consumo se puede recolectar al menos un 40% de ahorro de agua mensual si el uso de los aires acondicionados es de al menos 4 horas diarias.

Tabla 19
Recolección de agua condensada Modelo 2

| RECOLECCIÓN DE AIRES ACONDICIONADOS | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|-----------|-------|-----------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Meses | ENE | FEB | MAR | ABR | MA Y | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| C° Promedio | 26.5 | 26.5 | 26 | 24.5 | 22 | 21 | 20.5 | 22.5 | 24.5 | 26 | 26 | 26.5 |
| Uso diario por artefacto (h) | 4 h | 4 h | 4 h | 3 h | 1 h | 1 h | 1 h | 2 h | 3 h | 4 h | 4 h | 4 h |
| Uso diario edificio (h) | 306 h | 306 h | 306 h | 230 h | 77 h | 77 h | 77 h | 153 h | 230 h | 306 h | 306 h | 306 h |
| Litros diarios | 612 l | 612 l | 612 l | 459 l | 153 l | 153 l | 153 l | 306 l | 459 l | 612 l | 612 l | 612 l |
| % de ahorro diario | 40% | 40% | 40% | 30% | 10% | 10% | 10% | 20% | 30% | 40% | 40% | 40% |
| Litros mensuales | 1897 2 | 17136 | 1897 2 | 13770 | 4743 | 4590 | 4743 | 9486 | 13770 | 18972 | 18360 | 18972 |
| % de ahorro mes | 42% | 38% | 42% | 30% | 10% | 10% | 10% | 21% | 30% | 42% | 40% | 42% |

3.3. MÉTODO DE CÁLCULO SEGÚN EL REGLAMENTO DEL RENISDA

Para el diseño hidrosanitario se empleó el método de Hunter utilizado en el Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias (RENISDA), además se consultaron las normas vigentes NB-688 y la NB-689; verificando todos los sistemas por los métodos establecidos. Para llevar a cabo dichas comprobaciones se utilizaron planillas de elaboración propia.

3.3.1. DISEÑO HIDROSANITARIO

Las redes de distribución y captación de agua condensada se diseñaron para la demanda máxima probable aplicando el método probabilístico de Hunter, el cual es recomendado por el RENISDA.

Como en el método no se toma en cuenta el artefacto de aire acondicionado se decidió utilizar las unidades de gasto del bebedero porque este artefacto utiliza un caudal similar al de un aire acondicionado (2 l/h).

De esta manera las unidades de gasto que se utilizó en el diseño hidráulico son de 0.5, así mismo, las unidades de descarga son de 0.5 por artefacto.

Como se puede ver en Tabla 20

Diámetros según Hazen-Williams para determinar el diámetro de las tuberías de distribución se utilizó la fórmula de Hazen-Williams, la cual determina el tamaño de la tubería de acuerdo con el caudal y la velocidad máxima permitida:

Tabla 20

Diámetros según Hazen-Williams

| CÁLCULOS HIDRÁULICOS | | | | | |
|----------------------|--------------------|-----------|----------------|-----------------|------------------|
| U.G. | Caudal lts/seg. | C.F. C | Diam. (Plg) | Veloc. (m/s) | Perdida (m/m) |
| 5 | 0.19 | 140 | 0.50 | 1.52 | 0.2552 |
| 6 | 0.22 | 140 | 0.50 | 1.76 | 0.3347 |
| 10 | 0.30 | 140 | 0.75 | 1.07 | 0.0825 |
| 15 | 0.40 | 140 | 0.75 | 1.42 | 0.1404 |
| 22 | 0.54 | 140 | 0.75 | 1.92 | 0.2447 |

| | | | | | |
|------|-------|-----|------|------|--------|
| 10 | 0.30 | 140 | 1.00 | 0.60 | 0.0203 |
| 20 | 0.50 | 140 | 1.00 | 1.00 | 0.0523 |
| 28 | 0.65 | 140 | 1.00 | 1.30 | 0.0849 |
| 35 | 0.77 | 140 | 1.00 | 1.54 | 0.1162 |
| 50 | 1.00 | 140 | 1.00 | 2.00 | 0.1884 |
| 31 | 0.70 | 140 | 1.50 | 0.62 | 0.0135 |
| 90 | 1.44 | 140 | 1.50 | 1.28 | 0.0514 |
| 140 | 1.82 | 140 | 1.50 | 1.61 | 0.0792 |
| 200 | 2.24 | 140 | 1.50 | 1.98 | 0.1163 |
| 70 | 1.25 | 140 | 2.00 | 0.62 | 0.0097 |
| 240 | 1.53 | 140 | 2.00 | 0.76 | 0.0142 |
| 310 | 3.01 | 140 | 2.00 | 1.50 | 0.0495 |
| 450 | 3.97 | 140 | 2.00 | 1.98 | 0.0826 |
| 170 | 2.03 | 140 | 2.50 | 0.65 | 0.0081 |
| 400 | 3.63 | 140 | 2.50 | 1.16 | 0.0236 |
| 610 | 4.90 | 140 | 2.50 | 1.56 | 0.0411 |
| 810 | 6.11 | 140 | 2.50 | 1.95 | 0.0619 |
| 300 | 2.94 | 140 | 3.00 | 0.65 | 0.0066 |
| 680 | 5.37 | 140 | 3.00 | 1.19 | 0.0200 |
| 980 | 7.07 | 140 | 3.00 | 1.56 | 0.0333 |
| 1225 | 9.07 | 140 | 3.00 | 2.01 | 0.0529 |
| 620 | 5.03 | 140 | 4.00 | 0.63 | 0.0044 |
| 1000 | 7.18 | 140 | 4.00 | 0.89 | 0.0085 |
| 2500 | 13.06 | 140 | 4.00 | 1.62 | 0.0256 |
| 3500 | 16.91 | 140 | 4.00 | 2.10 | 0.0412 |

En la tabla anterior se puede observar los parámetros de los diámetros que se utilizaron para el diseño de distribución, por ejemplo, si utilizamos una tubería de 1” podríamos acumular hasta 35 UG sin superar la velocidad de 1.55 m/s.

Finalmente se fue acumulando artefacto por artefacto la cantidad de UG necesarias para el correcto funcionamiento del sistema.

Los únicos artefactos que se alimentarán con el agua condensada recolectada serán los grifos de jardinería y los inodoros, como se definieron en pasos previos (paso 3.3. Indicador Mínimo de Aplicación)

En la siguiente tabla podemos observar las unidades de gastos por artefacto.

Tabla 21

Unidades de Gastos de los artefactos

| PROYECTO (UG) | | | |
|-------------------------|-------|------|----------|
| Artefacto | Total | Fría | Caliente |
| Grifo de riego | 2.5 | 2.5 | - |
| Inodoro con Tanque 6lts | 2.5 | 2.5 | - |

En cambio, para el diseño del desagüe de recolección utilizamos la Tabla 2.3, Tabla 2.4 y la tabla 2.5 del RENISDA, las cuales nos permiten diseñar los ramales, bajantes y colectores sanitarios respectivamente de acuerdo con las unidades de descargas acumuladas por artefacto.

3.3.2. MODELO 1

El cálculo fue realizado a través de planillas Excel de elaboración propia, de esta manera se pudo registrar de manera sencilla la cantidad de UG y UD acumuladas a lo largo de los ramales de distribución y recolección.

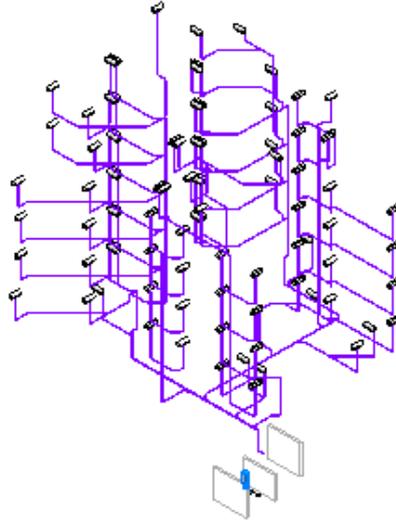
A continuación, podemos observar el diseño final de ambos sistemas para los modelos propuestos.

Como se puede observar ambos sistemas fueron modelados en el software “Revit”, el cual a través de tablas personalizadas nos permitirá realizar los cálculos métricos de una manera más sencilla y eficiente.

3.3.2.1. TUBERÍAS DE CAPTACIÓN

Figura 14

Modelo 1 Red de Recolección de Agua Condensada



La ubicación de las bajantes del desagüe fue dada por arquitectura, se utilizaron los shafts disponibles en el modelo arquitectónico.

Figura 15

Red de Recolección de Agua Condensada Planta Baja Modelo 1

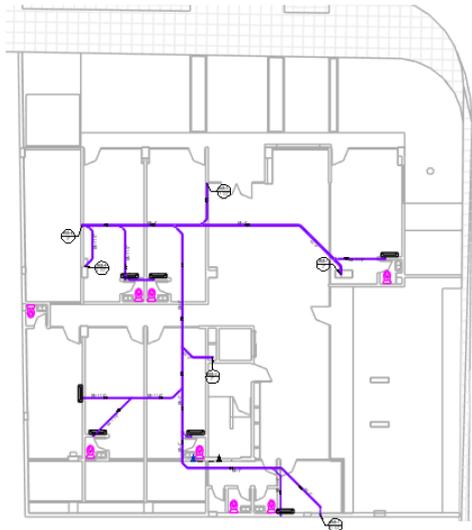


Figura 16

Red de Recolección de Agua Condensada Planta Tipo 1-4 Modelo 1

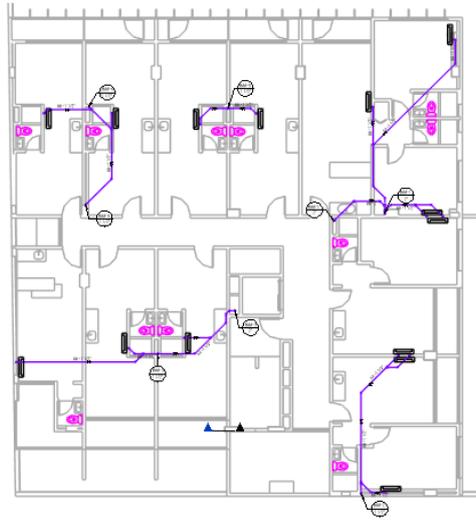


Figura 17

Red de Recolección de Agua Condensada Planta 5 Modelo 1

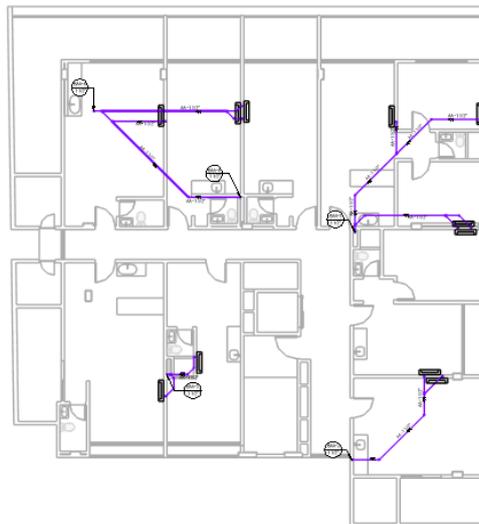


Figura 18

Red de Recolección de Agua Condensada Planta 6 Modelo 1

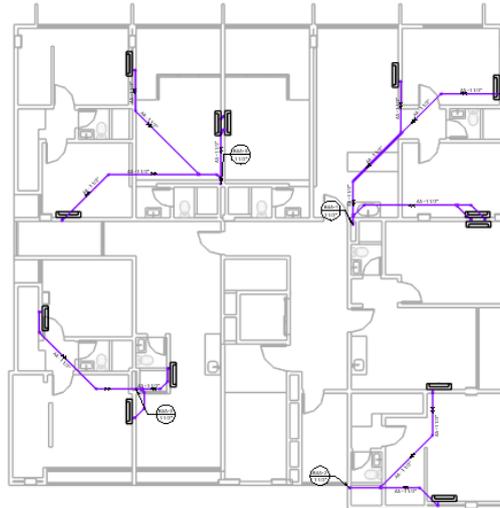
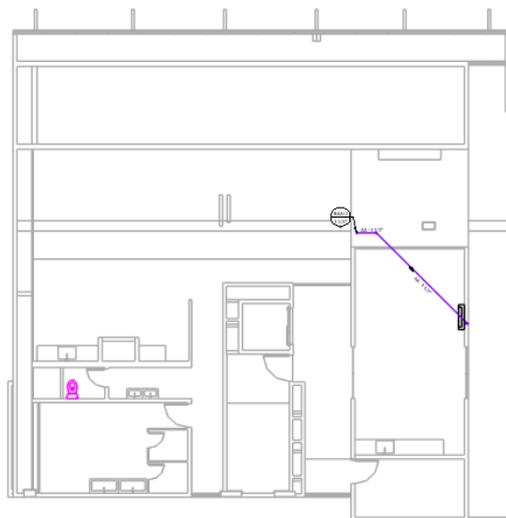


Figura 19

Red de Recolección de Agua Condensada Terraza Modelo 1



3.3.2.2. TUBERÍAS DE DISTRIBUCIÓN

Figura 20

Modelo 1 Red de Distribución de Agua Condensada

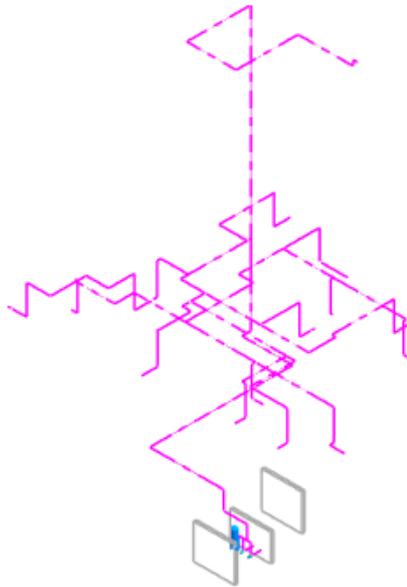


Figura 21

Red de Distribución de Agua Condensada Planta Baja Modelo 1

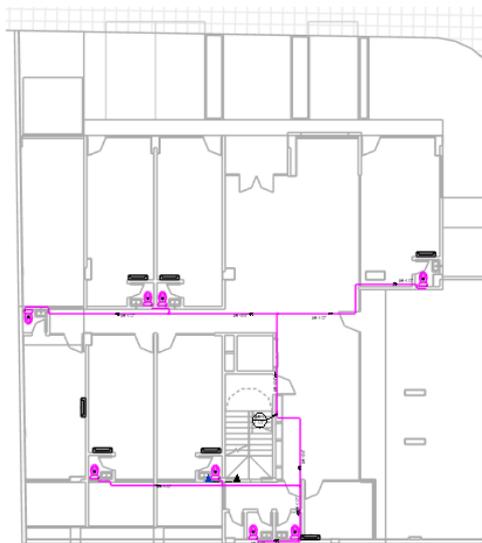


Figura 22

Red de Distribución de Agua Condensada Planta Tipo 1-4 Modelo 1

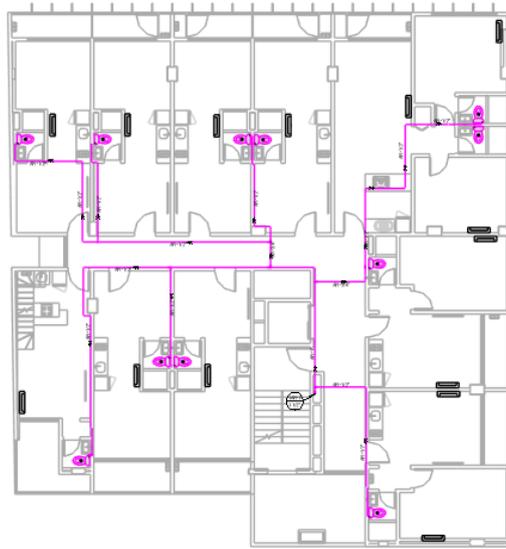
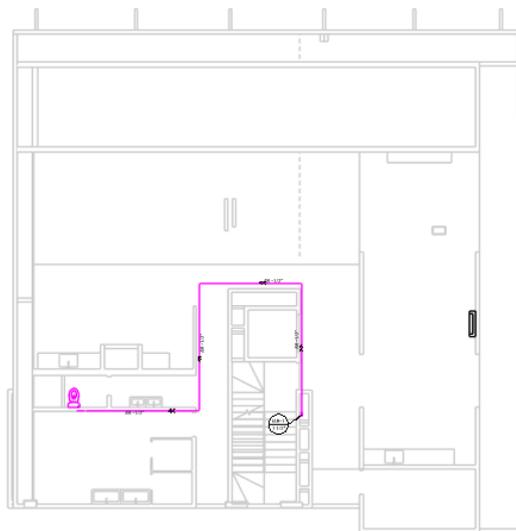


Figura 23

Red de Distribución de Agua Condensada Terraza Modelo 1



3.3.3. MODELO 2

3.3.3.1. TUBERÍAS DE CAPTACIÓN

Figura 24

Modelo 2 Red de Recolección de Agua Condensada

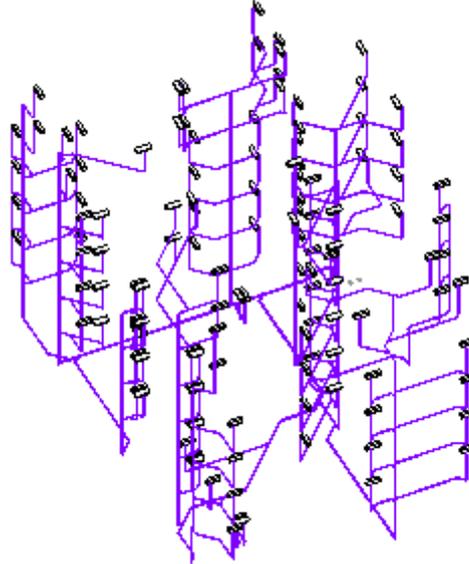


Figura 25

Red de Recolección de Agua Condensada Planta Baja Modelo 2

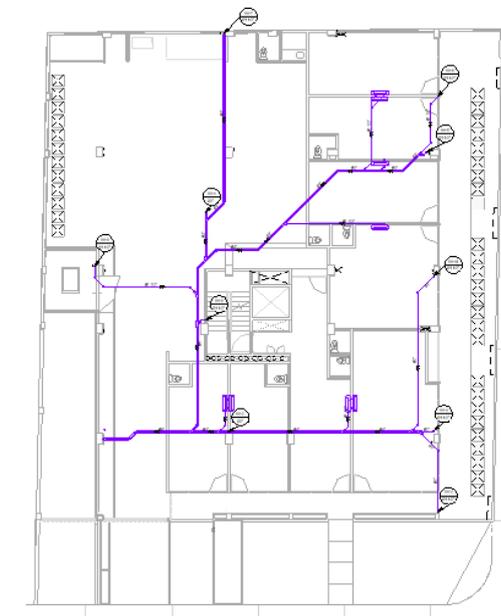


Figura 26

Red de Recolección de Agua Condensada Planta Tipo 1-4 Modelo 2

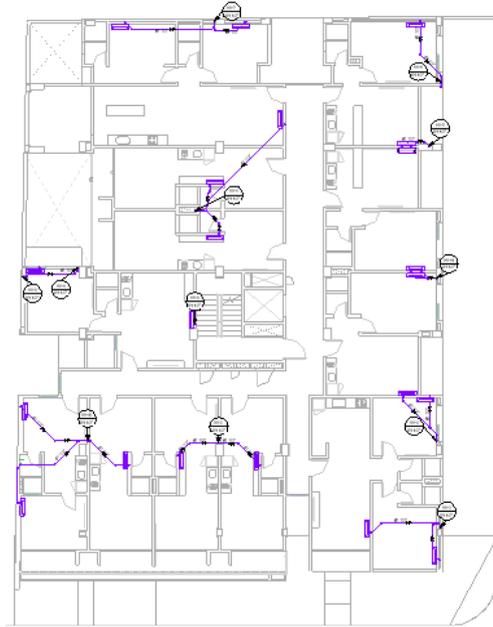


Figura 27

Red de Recolección de Agua Condensada Planta 5 Modelo 2

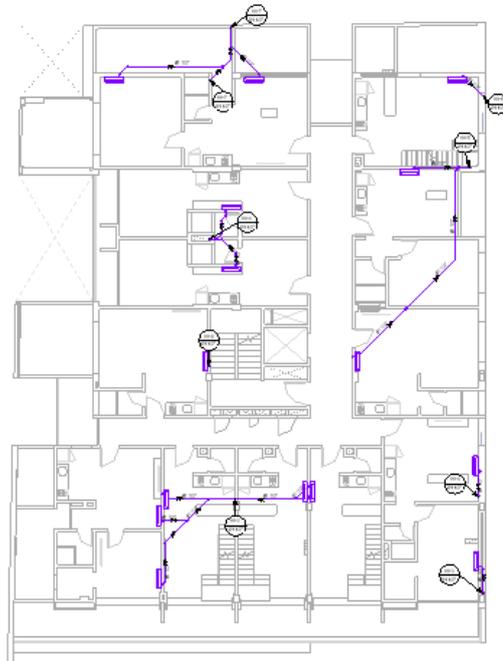


Figura 28

Red de Recolección de Agua Condensada Planta 6 Modelo 2

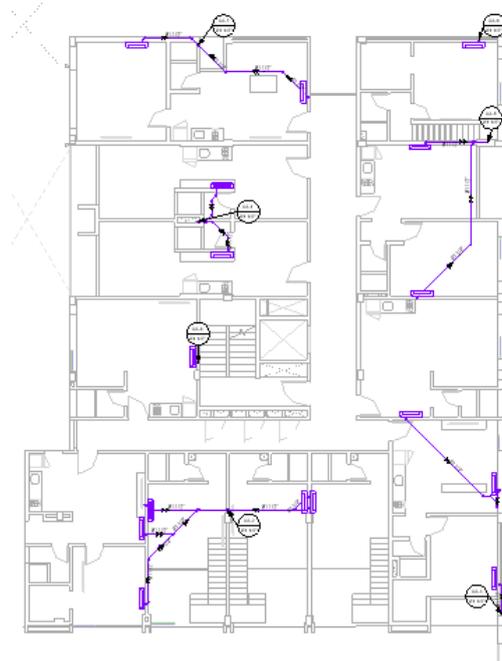
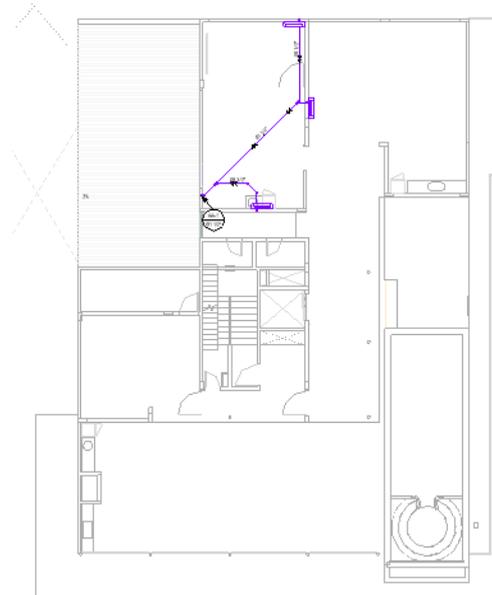


Figura 29

Red de Recolección de Agua Condensada Terraza Modelo 2



3.3.3.2. TUBERÍAS DE DISTRIBUCIÓN

Figura 30

Modelo 2 Red de Distribución de Agua Condensada

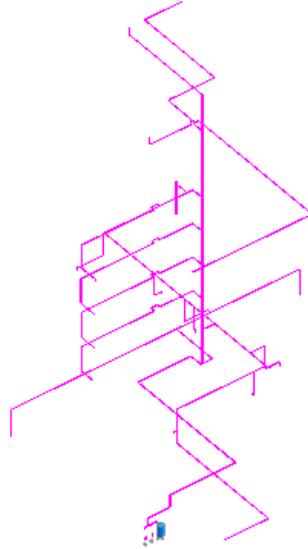


Figura 31

Red de Distribución de Agua Condensada Planta Baja Modelo 2

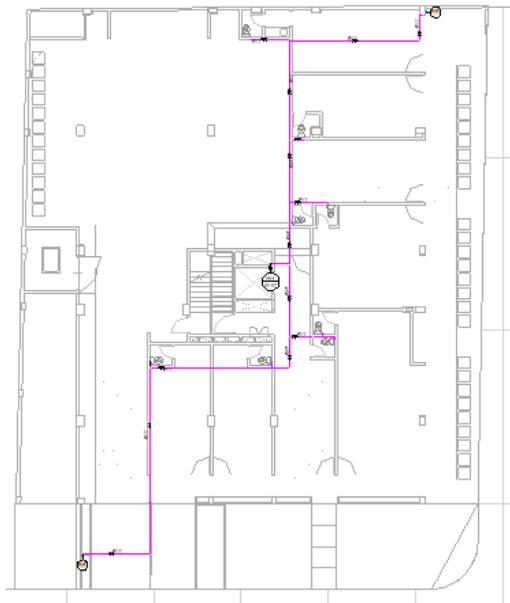


Figura 32

Red de Distribución de Agua Condensada Planta Tipo 1-4 Modelo 2

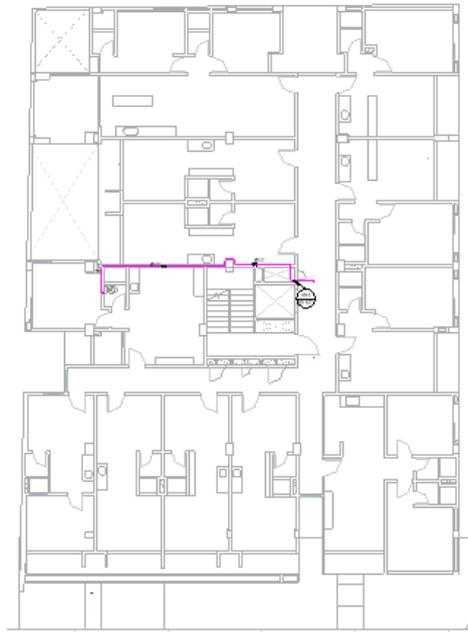
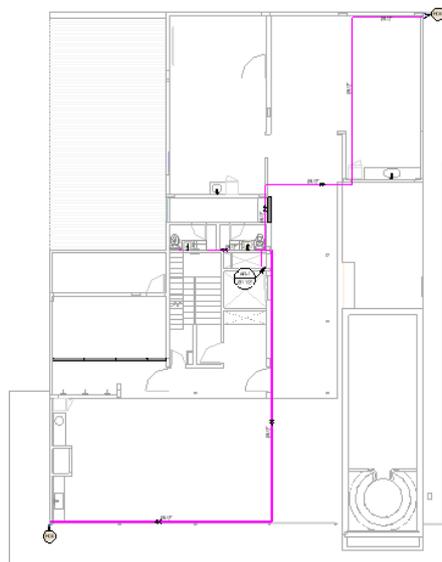


Figura 33

Red de Distribución de Agua Condensada Terraza Modelo 2



3.4. CÓMPUTOS MÉTRICOS

El siguiente paso para lograr el objetivo principal de esta investigación es realizar el cómputo métrico de los elementos que conforman el sistema completo de recolección y distribución de agua condensada, estos datos los obtuvimos de las tablas realizadas con el programa “Revit”, el mismo que utilizamos para el modelado del sistema.

3.4.1. MODELO 1

Tabla 22

Cantidad de Tuberías Modelo 1

| Tipo | Tipo de sistema | Diámetro | Longitud |
|-----------------|---------------------|----------|----------|
| Tubería PVC | IS - Agua Reciclada | 1/2" | 142.92m |
| Tubería PVC | IS - Agua Reciclada | 3/4" | 24.87m |
| Tubería PVC | IS - Agua Reciclada | 1" | 6.95m |
| Tubería PVC | IS - Agua Reciclada | 1 1/2" | 50.07m |
| Tubería PVC | IS - Agua Reciclada | 2" | 1.07m |
| Tubería PVC - D | IS - Desague A/A | 1 1/2" | 560.03m |
| Tubería PVC - D | IS - Desague A/A | 2" | 37.42m |
| Tubería PVC - D | IS - Desague A/A | 3" | 16.01m |

Tabla 23

Cantidad de Accesorios Modelo 1

| Tipo de sistema | Familia | Tamaño | Recuento |
|---------------------|---------------------------------|--------|----------|
| IS - Agua Reciclada | HI.Llave de Paso | 1/2" | 20 |
| IS - Agua Reciclada | HI.Valvula de Retención (Check) | 2" | 1 |
| IS - Agua Reciclada | HI.Valvula de Succion (Pie) | 3" | 2 |

Tabla 24*Cantidad de Uniones Modelo 1*

| Tipo de sistema | Unión | Tamaño | Recuento |
|---------------------|---------------|-------------|----------|
| IS - Agua Reciclada | Codo PVC | 1/2" | 81 |
| IS - Agua Reciclada | Codo PVC | 3/4" | 5 |
| IS - Agua Reciclada | Codo PVC | 1" | 1 |
| IS - Agua Reciclada | Codo PVC | 1 1/2" | 10 |
| IS - Agua Reciclada | Cruz PVC | 1 1/2" | 1 |
| IS - Agua Reciclada | Reduccion PVC | 3/4"-1/2" | 11 |
| IS - Agua Reciclada | Reduccion PVC | 1"-1/2" | 1 |
| IS - Agua Reciclada | Reduccion PVC | 1"-3/4" | 3 |
| IS - Agua Reciclada | Reduccion PVC | 1 1/2"-1/2" | 1 |
| IS - Agua Reciclada | Reduccion PVC | 1 1/2"-3/4" | 4 |
| IS - Agua Reciclada | Reduccion PVC | 1 1/2"-1" | 1 |
| IS - Agua Reciclada | Reduccion PVC | 2"-1 1/2" | 2 |
| IS - Agua Reciclada | Reduccion PVC | 2 1/2"-2" | 2 |
| IS - Agua Reciclada | Tee PVC | 1/2" | 7 |
| IS - Agua Reciclada | Tee PVC | 3/4" | 6 |
| IS - Agua Reciclada | Tee PVC | 1" | 3 |
| IS - Agua Reciclada | Tee PVC | 1 1/2" | 3 |
| IS - Desague A/A | Codo PVC D | 1 1/2" | 292 |
| IS - Desague A/A | Codo PVC D | 2" | 13 |
| IS - Desague A/A | Codo PVC D | 3" | 5 |
| IS - Desague A/A | Ramal Doble | 1 1/2" | 9 |
| IS - Desague A/A | Tee PVC D | 1 1/2" | 11 |
| IS - Desague A/A | Tee PVC D | 2" | 4 |
| IS - Desague A/A | Tee PVC D | 3" | 2 |
| IS - Desague A/A | Yee PVC D | 1 1/2" | 45 |
| IS - Desague A/A | Yee PVC D | 2" | 4 |
| IS - Desague A/A | Yee PVC D | 3" | 3 |

3.4.2. MODELO 2

Tabla 25

Cantidad de Tuberías Modelo 2

| Tipo | Tipo de sistema | Diámetro | Longitud |
|-----------------|---------------------|----------|----------|
| Tubería PVC | IS - Agua Reciclada | 1/2" | 218.89m |
| Tubería PVC | IS - Agua Reciclada | 3/4" | 14.60m |
| Tubería PVC | IS - Agua Reciclada | 1" | 0.98m |
| Tubería PVC | IS - Agua Reciclada | 1 1/2" | 56.0m |
| Tubería PVC | IS - Agua Reciclada | 2" | 1.1m |
| Tubería PVC - D | IS - Desague A/A | 1 1/2" | 784.96 |
| Tubería PVC - D | IS - Desague A/A | 2" | 21.3m |
| Tubería PVC - D | IS - Desague A/A | 3" | 38.05 |
| Tubería PVC - D | IS - Desague A/A | 4" | 15.62 |

Tabla 26

Cantidad de Accesorios Modelo 2

| Tipo de sistema | Familia | Tamaño | Recuento |
|---------------------|---------------------------------|--------|----------|
| IS - Agua Reciclada | HI.Llave de Paso | 1/2" | 15 |
| IS - Agua Reciclada | HI.Valvula de Retención (Check) | 2" | 1 |
| IS - Agua Reciclada | HI.Valvula de Succion (Pie) | 2" | 2 |

Tabla 27*Cantidad de Uniones Modelo 2*

| Tipo de sistema | Unión | Tamaño | Recuento |
|---------------------|---------------|-------------|----------|
| IS - Agua Reciclada | Codo PVC | 1/2" | 92 |
| IS - Agua Reciclada | Codo PVC | 3/4" | 2 |
| IS - Agua Reciclada | Codo PVC | 1" | 0 |
| IS - Agua Reciclada | Codo PVC | 1 1/2" | 11 |
| IS - Agua Reciclada | Cruz PVC | 1 1/2" | 1 |
| IS - Agua Reciclada | Reduccion PVC | 3/4"-1/2" | 8 |
| IS - Agua Reciclada | Reduccion PVC | 1"-1/2" | 28 |
| IS - Agua Reciclada | Reduccion PVC | 1"-3/4" | 2 |
| IS - Agua Reciclada | Reduccion PVC | 1 1/2"-1/2" | 7 |
| IS - Agua Reciclada | Reduccion PVC | 1 1/2"-3/4" | 1 |
| IS - Agua Reciclada | Reduccion PVC | 1 1/2"-1" | 2 |
| IS - Agua Reciclada | Reduccion PVC | 2"-1 1/2" | 0 |
| IS - Agua Reciclada | Reduccion PVC | 2 1/2"-2" | 0 |
| IS - Agua Reciclada | Tee PVC | 1/2" | 15 |
| IS - Agua Reciclada | Tee PVC | 3/4" | 5 |
| IS - Agua Reciclada | Tee PVC | 1" | 1 |
| IS - Agua Reciclada | Tee PVC | 1 1/2" | 11 |
| IS - Desague A/A | Codo PVC D | 1 1/2" | 3 |
| IS - Desague A/A | Codo PVC D | 2" | 1 |
| IS - Desague A/A | Codo PVC D | 3" | 0 |
| IS - Desague A/A | Ramal Doble | 1 1/2" | 8 |
| IS - Desague A/A | Tee PVC D | 1 1/2" | 81 |
| IS - Desague A/A | Tee PVC D | 2" | 4 |
| IS - Desague A/A | Tee PVC D | 3" | 2 |
| IS - Desague A/A | Yee PVC D | 1 1/2" | 51 |
| IS - Desague A/A | Yee PVC D | 2" | 5 |
| IS - Desague A/A | Yee PVC D | 3" | 4 |

3.5. PRECIOS UNITARIOS DEL SISTEMA SEGÚN LA REVISTA “PRESUPUESTO & CONSTRUCCIÓN”

Para poder realizar de manera adecuada un análisis económico de los sistemas propuesto primero es necesario realizar el análisis unitario de los elementos que se necesitan para el sistema de captación y reutilización de agua condensada.

Para ello, se ingresaron los datos sugeridos en la revista de “Presupuestos y Construcción” que se oferta en el mercado boliviano.

Tabla 28

Precio Unitario de Tubería de Agua Condensada PVC de 1/2"

| Descripción | Unidad | Cantidad | Precio productivo | Costo total |
|---|--------|----------|-------------------|-------------|
| Tubería Rosca de PVC 1/2" | ml | 1.05 | 6.5 | 6.83 |
| Accesorios Galv. Tupy D= 1/2" | Pza | 0.5 | 5.5 | 2.75 |
| Teflón | Pza | 0.3 | 3.5 | 1.05 |
| Total materiales | | | | 10.63 |
| 2. MANO DE OBRA | | | | |
| Descripción | Unidad | Cantidad | Precio productivo | Costo total |
| Especialista | hr | 0.33 | 21 | 6.93 |
| Ayudante | hr | 0.33 | 15 | 4.95 |
| Total mano de obra | | | | 11.88 |
| 3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS | | | | |
| Descripción | Unidad | Cantidad | Precio productivo | Costo total |
| Herramientas menores % M.O. | | | 6.00% | 0.71 |
| Total equipo, maquinaria y herramientas | | | | 0.71 |
| Total Precio Unitario de Tubería de Agua Condensada PVC de 1/2" | | | | 23.22 |

Tabla 29*Precio Unitario de Tubería de Agua Condensada PVC de 3/4"*

| Descripción | Unidad | Cantidad | Precio productivo | Costo total |
|---|--------|----------|-------------------|-------------|
| Tubería Rosca de PVC 3/4" | ml | 1.05 | 8.9 | 9.35 |
| Accesorios Galv. Tupy D= 3/4" | Pza | 0.5 | 6 | 3.00 |
| Teflón | Pza | 0.3 | 3.5 | 1.05 |
| Total materiales | | | | 13.40 |
| 2. MANO DE OBRA | | | | |
| Descripción | Unidad | Cantidad | Precio productivo | Costo total |
| Especialista | hr | 0.34 | 21 | 7.14 |
| Ayudante | hr | 0.34 | 15 | 5.10 |
| Total mano de obra | | | | 12.24 |
| 3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS | | | | |
| Descripción | Unidad | Cantidad | Precio productivo | Costo total |
| Herramientas menores % M.O. | | | 6.00% | 0.73 |
| Total equipo, maquinaria y herramientas | | | | 0.73 |
| Total Precio Unitario de Tubería de Agua Condensada PVC de 3/4" | | | | 26.37 |

Tabla 30*Precio Unitario de Tubería de Agua Condensada PVC de 1"*

| Descripción | Unidad | Cantidad | Precio productivo | Costo total |
|---|--------|----------|-------------------|-------------|
| Tubería Rosca de PVC 1 " | ml | 1.05 | 13 | 13.65 |
| Accesorios Galv. Tupy D= 1" | Pza | 0.5 | 9 | 4.50 |
| Teflón | Pza | 0.3 | 3.5 | 1.05 |
| Limpiador | l | 0.04 | 45 | 1.80 |
| Total materiales | | | | 21.00 |
| 2. MANO DE OBRA | | | | |
| Descripción | Unidad | Cantidad | Precio productivo | Costo total |
| Especialista | hr | 0.2 | 21 | 4.20 |
| Ayudante | hr | 0.2 | 15 | 3.00 |
| Total mano de obra | | | | 7.20 |
| 3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS | | | | |
| Descripción | Unidad | Cantidad | Precio productivo | Costo total |
| Herramientas menores % M.O. | | | 6.00% | 0.43 |
| Total equipo, maquinaria y herramientas | | | | 0.43 |
| Total Precio Unitario de Tubería de Agua Condensada PVC de 1" | | | | 28.63 |

Tabla 31*Precio Unitario de Tubería de Agua Condensada PVC de 1 1/2"*

| Descripción | Unidad | Cantidad | Precio productivo | Costo total |
|---|--------|----------|-------------------|-------------|
| Tubería Rosca de PVC 1 1/2 " | ml | 1.05 | 20 | 21.00 |
| Accesorios Galv. Tupy D= 1 1/2" | Pza | 0.5 | 9 | 4.50 |
| Teflón | Pza | 0.3 | 3.5 | 1.05 |
| Limpiador | l | 0.04 | 45 | 1.80 |
| Total materiales | | | | 28.35 |
| 2. MANO DE OBRA | | | | |
| Descripción | Unidad | Cantidad | Precio productivo | Costo total |
| Especialista | hr | 0.2 | 21 | 4.20 |
| Ayudante | hr | 0.2 | 15 | 3.00 |
| Total mano de obra | | | | 7.20 |
| 3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS | | | | |
| Descripción | Unidad | Cantidad | Precio productivo | Costo total |
| Herramientas menores % M.O. | | | 6.00% | 0.43 |
| Total equipo, maquinaria y herramientas | | | | 0.43 |
| Total Precio Unitario de Tubería de Agua Condensada PVC de 1 1/2" | | | | 35.98 |

Tabla 32*Precio Unitario de Tubería de Agua Condensada PVC de 2"*

| Descripción | Unidad | Cantidad | Precio productivo | Costo total |
|---|--------|----------|-------------------|-------------|
| Tubería Rosca de PVC 2 " | ml | 1.05 | 42 | 44.10 |
| Accesorios Galv. Tupy D= 2" | Pza | 0.5 | 9 | 4.50 |
| Teflón | Pza | 0.3 | 3.5 | 1.05 |
| Limpiador | l | 0.04 | 45 | 1.80 |
| Total materiales | | | | 51.45 |
| 2. MANO DE OBRA | | | | |
| Descripción | Unidad | Cantidad | Precio productivo | Costo total |
| Especialista | hr | 0.2 | 21 | 4.20 |
| Ayudante | hr | 0.2 | 15 | 3.00 |
| Total mano de obra | | | | 7.20 |
| 3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS | | | | |
| Descripción | Unidad | Cantidad | Precio productivo | Costo total |
| Herramientas menores % M.O. | | | 6.00% | 0.43 |
| Total equipo, maquinaria y herramientas | | | | 0.43 |
| Total Precio Unitario de Tubería de Agua Condensada PVC de 2" | | | | 59.08 |

Tabla 33*Precio Unitario de Tubería de Desagüe PVC de 1 1/2"*

| Descripción | Unidad | Cantidad | Precio productivo | Costo total |
|--|--------|----------|-------------------|--------------|
| Tubería Pvc Desagüe 1 1/2" | ml | 1.05 | 8 | 8.40 |
| Limpiador | l | 0.03 | 45 | 1.35 |
| Total materiales | | | | 9.75 |
| 2. MANO DE OBRA | | | | |
| Descripción | Unidad | Cantidad | Precio productivo | Costo total |
| Especialista | hr | 0.2 | 21 | 4.20 |
| Ayudante | hr | 0.2 | 15 | 3.00 |
| Total mano de obra | | | | 7.20 |
| 3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS | | | | |
| Descripción | Unidad | Cantidad | Precio productivo | Costo total |
| Herramientas menores % M.O. | | | 6.00% | 0.43 |
| Total equipo, maquinaria y herramientas | | | | 0.43 |
| Total Precio Unitario de Tubería de Desagüe PVC de 1 1/2" | | | | 17.38 |

Tabla 34*Precio Unitario de Tubería de Desagüe PVC de 2"*

| Descripción | Unidad | Cantidad | Precio productivo | Costo total |
|--|--------|----------|-------------------|--------------|
| Tubería Pvc Desagüe 2" | ml | 1.05 | 9.5 | 9.98 |
| Limpiador | l | 0.03 | 45 | 1.35 |
| Total materiales | | | | 11.33 |
| 2. MANO DE OBRA | | | | |
| Descripción | Unidad | Cantidad | Precio productivo | Costo total |
| Especialista | hr | 0.2 | 21 | 4.20 |
| Ayudante | hr | 0.2 | 15 | 3.00 |
| Total mano de obra | | | | 7.20 |
| 3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS | | | | |
| Descripción | Unidad | Cantidad | Precio productivo | Costo total |
| Herramientas menores % M.O. | | | 6.00% | 0.43 |
| Total equipo, maquinaria y herramientas | | | | 0.43 |
| Total Precio Unitario de Tubería de Desagüe PVC de 2" | | | | 18.96 |

Tabla 35*Precio Unitario de Tubería de Desagüe PVC de 3"*

| 1. MATERIALES | | | | |
|---|--------|----------|-------------------|-------------|
| Descripción | Unidad | Cantidad | Precio productivo | Costo total |
| Tubería Pvc Desagüe 3" | ml | 1.05 | 17 | 17.85 |
| Limpiador | l | 0.03 | 45 | 1.35 |
| Total materiales | | | | 19.20 |
| 2. MANO DE OBRA | | | | |
| Descripción | Unidad | Cantidad | Precio productivo | Costo total |
| Especialista | hr | 0.25 | 21 | 5.25 |
| Ayudante | hr | 0.25 | 15 | 3.75 |
| Total mano de obra | | | | 9.00 |
| 3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS | | | | |
| Descripción | Unidad | Cantidad | Precio productivo | Costo total |
| Herramientas menores % M.O. | | | 6.00% | 0.54 |
| Total equipo, maquinaria y herramientas | | | | 0.54 |
| Total Precio Unitario de Tubería de Desagüe PVC de 3" | | | | 28.74 |

Tabla 36*Precio Unitario de Tubería de Desagüe PVC de 4"*

| 1. MATERIALES | | | | |
|---|--------|----------|-------------------|-------------|
| Descripción | Unidad | Cantidad | Precio productivo | Costo total |
| Tubería Pvc Desagüe 5" | ml | 1.05 | 20.75 | 21.79 |
| Limpiador | l | 0.03 | 45 | 1.35 |
| Total materiales | | | | 23.14 |
| 2. MANO DE OBRA | | | | |
| Descripción | Unidad | Cantidad | Precio productivo | Costo total |
| Especialista | hr | 0.25 | 21 | 5.25 |
| Ayudante | hr | 0.25 | 15 | 3.75 |
| Total mano de obra | | | | 9.00 |
| 3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS | | | | |
| Descripción | Unidad | Cantidad | Precio productivo | Costo total |
| Herramientas menores % M.O. | | | 6.00% | 0.54 |
| Total equipo, maquinaria y herramientas | | | | 0.54 |
| Total Precio Unitario de Tubería de Desagüe PVC de 4" | | | | 32.68 |

CAPÍTULO IV ANALISIS DE RESULTADOS

4.1. COSTO TOTAL DEL SISTEMA

Para este análisis se necesitó calcular el precio total de todos los elementos (tuberías, uniones y accesorios) que se necesitaron para realizar el diseño hidrosanitario completo (captación y distribución) de ambos modelos.

El primer modelo tiene un costo total de 32,386.66 y el costo total del segundo modelo es de 38,018.68 Bs.

4.1.1. MODELO 1

Tabla 37

Presupuesto de los Elementos Hidrosanitarios del Modelo 1

| No | Elemento Hidrosanitario | Unidad | Cantidad | Precio Unitario (Bs) | Precio Total (Bs) |
|----|-------------------------------|--------|----------|----------------------|-------------------|
| 1 | Tubería PVC 1/2" | ML | 142.92 | 23.22 | 3,318.29 |
| 2 | Tubería PVC 3/4" | ML | 24.87 | 26.37 | 655.81 |
| 3 | Tubería PVC 1" | ML | 6.95 | 28.63 | 198.99 |
| 4 | Tubería PVC 1 1/2" | ML | 50.07 | 35.98 | 1,801.62 |
| 5 | Tubería PVC 2" | ML | 1.07 | 59.08 | 63.22 |
| 6 | Tubería de desagüe PVC 1 1/2" | ML | 560.03 | 17.38 | 9,734.44 |
| 7 | Tubería de desagüe PVC 2" | ML | 37.42 | 18.96 | 709.37 |
| 8 | Tubería de desagüe PVC 3" | ML | 16.01 | 28.74 | 460.13 |
| 9 | Tubería de desagüe PVC 4" | ML | 0.00 | 32.68 | 0.00 |
| 10 | Codo PVC 1/2" | PZA | 81.00 | 2.50 | 202.50 |
| 11 | Codo PVC 3/4" | PZA | 5.00 | 3.50 | 17.50 |
| 12 | Codo PVC 1" | PZA | 1.00 | 6.00 | 6.00 |
| 13 | Codo PVC 1 1/2" | PZA | 10.00 | 12.00 | 120.00 |
| 14 | Cruz 1 1/2" | PZA | 1.00 | 30.00 | 30.00 |
| 15 | Reducción 3/4" a 1/2" | PZA | 11.00 | 5.10 | 56.10 |
| 16 | Reducción 1" a 1/2" | PZA | 1.00 | 6.50 | 6.50 |

| | | | | | |
|-------------------------------------|----------------------------|-----|-----------|----------|----------|
| 17 | Reducción 1" a 3/4" | PZA | 3.00 | 9.30 | 27.90 |
| 18 | Reducción 1 1/2" a 1/2" | PZA | 1.00 | 11.30 | 11.30 |
| 19 | Reducción 1 1/2" a 3/4" | PZA | 2.00 | 13.20 | 26.40 |
| 20 | Reducción 1 1/2" a 1" | PZA | 2.00 | 15.00 | 30.00 |
| 21 | Tee 1/2" | PZA | 7.00 | 3.50 | 24.50 |
| 22 | Tee 3/4" | PZA | 6.00 | 8.00 | 48.00 |
| 23 | Tee 1" | PZA | 3.00 | 13.00 | 39.00 |
| 24 | Tee 1 1/2" | PZA | 3.00 | 33.00 | 99.00 |
| 25 | Codo desagüe 1 1/2" | PZA | 292.00 | 3.50 | 1,022.00 |
| 26 | Codo desagüe 2" | PZA | 13.00 | 4.50 | 58.50 |
| 27 | Codo desagüe 3" | PZA | 5.00 | 10.00 | 50.00 |
| 28 | Ramal doble desagüe 1 1/2" | PZA | 9.00 | 57.00 | 513.00 |
| 29 | Tee desagüe 1 1/2" | PZA | 11.00 | 3.60 | 39.60 |
| 30 | Tee desagüe 2" | PZA | 4.00 | 5.50 | 22.00 |
| 31 | Tee desagüe 3" | PZA | 2.00 | 12.00 | 24.00 |
| 32 | Yee desagüe 1 1/2" | PZA | 45.00 | 3.80 | 171.00 |
| 33 | Yee desagüe 2" | PZA | 4.00 | 6.50 | 26.00 |
| 34 | Yee desagüe 3" | PZA | 3.00 | 12.00 | 36.00 |
| 35 | Llave de paso 1/2" | PZA | 20.00 | 50.00 | 1,000.00 |
| 36 | Válvulas check 1 1/2" | PZA | 2.00 | 2,769.00 | 5,538.00 |
| 37 | Válvulas de succión 2" | PZA | 2.00 | 1,100.00 | 2,200.00 |
| 38 | Bomba de 1 hp | PZA | 2.00 | 1,500.00 | 3,000.00 |
| 39 | Tanque hidroneumático 200l | PZA | 1.00 | 1,000.00 | 1,000.00 |
| Presupuesto Total Del Proyecto (Bs) | | | 32,386.66 | | |

4.1.2. MODELO 2

Tabla 38

Presupuesto de los Elementos Hidrosanitarios del Modelo 2

| No | Elementos Hidrosanitarios | Unidad | Cantidad | Precio Unitario (BS) | Precio Total (BS) |
|----|-------------------------------|--------|----------|----------------------|-------------------|
| 1 | Tubería PVC 1/2" | ML | 218.89 | 23.22 | 5,082.14 |
| 2 | Tubería PVC 3/4" | ML | 14.60 | 26.37 | 384.99 |
| 3 | Tubería PVC 1" | ML | 1.00 | 28.63 | 28.63 |
| 4 | Tubería PVC 1 1/2" | ML | 55.96 | 35.98 | 2,013.55 |
| 5 | Tubería PVC 2" | ML | 1.10 | 59.08 | 64.99 |
| 6 | Tubería de desagüe PVC 1 1/2" | ML | 784.96 | 17.38 | 13,644.17 |
| 7 | Tubería de desagüe PVC 2" | ML | 20.79 | 18.96 | 394.12 |
| 8 | Tubería de desagüe PVC 3" | ML | 38.05 | 28.74 | 1,093.56 |
| 9 | Tubería de desagüe PVC 4" | ML | 15.62 | 32.68 | 510.42 |
| 10 | Codo PVC 1/2" | PZA | 92.00 | 2.50 | 230.00 |
| 11 | Codo PVC 3/4" | PZA | 2.00 | 3.50 | 7.00 |
| 12 | Codo PVC 1" | PZA | 0.00 | 6.00 | 0.00 |
| 13 | Codo PVC 1 1/2" | PZA | 11.00 | 12.00 | 132.00 |
| 14 | Cruz 1 1/2" | PZA | 1.00 | 30.00 | 30.00 |
| 15 | Reducción 3/4" a 1/2" | PZA | 8.00 | 5.10 | 40.80 |
| 16 | Reducción 1" a 1/2" | PZA | 28.00 | 6.50 | 182.00 |
| 17 | Reducción 1" a 3/4" | PZA | 2.00 | 9.30 | 18.60 |
| 18 | Reducción 1 1/2" a 1/2" | PZA | 7.00 | 11.30 | 79.10 |
| 19 | Reducción 1 1/2" a 3/4" | PZA | 1.00 | 13.20 | 13.20 |
| 20 | Reducción 1 1/2" a 1" | PZA | 2.00 | 15.00 | 30.00 |
| 21 | Tee 1/2" | PZA | 15.00 | 3.50 | 52.50 |
| 22 | Tee 3/4" | PZA | 5.00 | 8.00 | 40.00 |
| 23 | Tee 1" | PZA | 1.00 | 13.00 | 13.00 |
| 24 | Tee 1 1/2" | PZA | 11.00 | 33.00 | 363.00 |

| | | | | | |
|-------------------------------------|----------------------------|-----|-----------|----------|----------|
| 25 | Codo desagüe 1 1/2" | PZA | 3.00 | 3.50 | 10.50 |
| 26 | Codo desagüe 2" | PZA | 1.00 | 4.50 | 4.50 |
| 27 | Codo desagüe 3" | PZA | 0.00 | 10.00 | 0.00 |
| 28 | Ramal doble desagüe 1 1/2" | PZA | 8.00 | 57.00 | 456.00 |
| 29 | Tee desagüe 1 1/2" | PZA | 81.00 | 3.60 | 291.60 |
| 30 | Tee desagüe 2" | PZA | 4.00 | 5.50 | 22.00 |
| 31 | Tee desagüe 3" | PZA | 2.00 | 12.00 | 24.00 |
| 32 | Yee desagüe 1 1/2" | PZA | 51.00 | 3.80 | 193.80 |
| 33 | Yee desagüe 2" | PZA | 5.00 | 6.50 | 32.50 |
| 34 | Yee desagüe 3" | PZA | 4.00 | 12.00 | 48.00 |
| 35 | Llave de paso 1/2" | PZA | 15.00 | 50.00 | 750.00 |
| 36 | Válvulas check 1 1/2" | PZA | 2.00 | 2,769.00 | 5,538.00 |
| 37 | Válvulas de succión 2" | PZA | 2.00 | 1,100.00 | 2,200.00 |
| 38 | Bomba de 1 hp | PZA | 2.00 | 1,500.00 | 3,000.00 |
| 39 | Tanque hidroneumático 200l | PZA | 1.00 | 1,000.00 | 1,000.00 |
| Presupuesto Total Del Proyecto (Bs) | | | 38,018.68 | | |

4.2. COSTO DE DISTRIBUCIÓN DEL SISTEMA

En todo proyecto hidrosanitario se requiere un sistema de captación de agua condensada para realizar su evacuación, incluso si no se planea reutilizarla. Es por esta razón que se ha optado por analizar de manera independiente el costo de distribución, el cual puede considerarse como la variable principal de este sistema hidrosanitario especial.

Como se puede observar en la Tabla 39

Presupuesto de la Red de Distribución del Modelo 1 el primer modelo tiene un costo total de 19,520.62 Bs y el costo total del segundo modelo que se observa en Tabla 40

Presupuesto de la Red de Distribución del Modelo 2 es de 21,293.51 Bs.

4.2.1. MODELO 1

Tabla 39

Presupuesto de la Red de Distribución del Modelo 1

| No | Elementos Hidrosanitarios | Unidad | Cantidad | Precio Unitario (BS) | Precio Total (BS) |
|----|---------------------------|--------|----------|----------------------|-------------------|
| 1 | Tubería PVC 1/2" | ML | 142.92 | 23.22 | 3,318.29 |
| 2 | Tubería PVC 3/4" | ML | 24.87 | 26.37 | 655.81 |
| 3 | Tubería PVC 1" | ML | 6.95 | 28.63 | 198.99 |
| 4 | Tubería PVC 1 1/2" | ML | 50.07 | 35.98 | 1,801.62 |
| 5 | Tubería PVC 2" | ML | 1.07 | 59.08 | 63.22 |
| 6 | Codo PVC 1/2" | PZA | 81.00 | 2.50 | 202.50 |
| 7 | Codo PVC 3/4" | PZA | 5.00 | 3.50 | 17.50 |
| 8 | Codo PVC 1" | PZA | 1.00 | 6.00 | 6.00 |
| 9 | Codo PVC 1 1/2" | PZA | 10.00 | 12.00 | 120.00 |
| 10 | Cruz 1 1/2" | PZA | 1.00 | 30.00 | 30.00 |
| 11 | Reducción 3/4" a 1/2" | PZA | 11.00 | 5.10 | 56.10 |
| 12 | Reducción 1" a 1/2" | PZA | 1.00 | 6.50 | 6.50 |
| 13 | Reducción 1" a 3/4" | PZA | 3.00 | 9.30 | 27.90 |
| 14 | Reducción 1 1/2" a 1/2" | PZA | 1.00 | 11.30 | 11.30 |

| | | | | | |
|-------------------------------------|----------------------------|-----|-------|-----------|----------|
| 15 | Reducción 1 1/2" a 3/4" | PZA | 2.00 | 13.20 | 26.40 |
| 16 | Reducción 1 1/2" a 1" | PZA | 2.00 | 15.00 | 30.00 |
| 17 | Tee 1/2" | PZA | 7.00 | 3.50 | 24.50 |
| 18 | Tee 3/4" | PZA | 6.00 | 8.00 | 48.00 |
| 19 | Tee 1" | PZA | 3.00 | 13.00 | 39.00 |
| 20 | Tee 1 1/2" | PZA | 3.00 | 33.00 | 99.00 |
| 21 | Llave de paso 1/2" | PZA | 20.00 | 50.00 | 1,000.00 |
| 22 | Válvulas check 1 1/2" | PZA | 2.00 | 2,769.00 | 5,538.00 |
| 23 | Válvulas de succión 2" | PZA | 2.00 | 1,100.00 | 2,200.00 |
| 24 | Bomba de 1 hp | PZA | 2.00 | 1,500.00 | 3,000.00 |
| 25 | Tanque hidroneumático 200l | PZA | 1.00 | 1,000.00 | 1,000.00 |
| Presupuesto Total Del Proyecto (Bs) | | | | 19,520.62 | |

4.2.2. MODELO 2

Tabla 40

Presupuesto de la Red de Distribución del Modelo 2

| No | Elementos Hidrosanitarios | Unidad | Cantidad | Precio Unitario (Bs) | Precio Total (Bs) |
|----|---------------------------|--------|----------|----------------------|-------------------|
| 1 | Tubería PVC 1/2" | ML | 218.89 | 23.22 | 5,082.14 |
| 2 | Tubería PVC 3/4" | ML | 14.60 | 26.37 | 384.99 |
| 3 | Tubería PVC 1" | ML | 1.00 | 28.63 | 28.63 |
| 4 | Tubería PVC 1 1/2" | ML | 55.96 | 35.98 | 2,013.55 |
| 5 | Tubería PVC 2" | ML | 1.10 | 59.08 | 64.99 |
| 6 | Codo PVC 1/2" | PZA | 92.00 | 2.50 | 230.00 |
| 7 | Codo PVC 3/4" | PZA | 2.00 | 3.50 | 7.00 |
| 8 | Codo PVC 1" | PZA | 0.00 | 6.00 | 0.00 |
| 9 | Codo PVC 1 1/2" | PZA | 11.00 | 12.00 | 132.00 |
| 10 | Cruz 1 1/2" | PZA | 1.00 | 30.00 | 30.00 |

| | | | | | |
|-------------------------------------|----------------------------|-----|-----------|----------|----------|
| 11 | Reducción 3/4" a 1/2" | PZA | 8.00 | 5.10 | 40.80 |
| 12 | Reducción 1" a 1/2" | PZA | 28.00 | 6.50 | 182.00 |
| 13 | Reducción 1" a 3/4" | PZA | 2.00 | 9.30 | 18.60 |
| 14 | Reducción 1 1/2" a 1/2" | PZA | 7.00 | 11.30 | 79.10 |
| 15 | Reducción 1 1/2" a 3/4" | PZA | 1.00 | 13.20 | 13.20 |
| 16 | Reducción 1 1/2" a 1" | PZA | 2.00 | 15.00 | 30.00 |
| 17 | Tee 1/2" | PZA | 15.00 | 3.50 | 52.50 |
| 18 | Tee 3/4" | PZA | 5.00 | 8.00 | 40.00 |
| 19 | Tee 1" | PZA | 1.00 | 13.00 | 13.00 |
| 20 | Tee 1 1/2" | PZA | 11.00 | 33.00 | 363.00 |
| 21 | Llave de paso 1/2" | PZA | 15.00 | 50.00 | 750.00 |
| 22 | Válvulas check 1 1/2" | PZA | 2.00 | 2,769.00 | 5,538.00 |
| 23 | Válvulas de succión 2" | PZA | 2.00 | 1,100.00 | 2,200.00 |
| 24 | Bomba de 1 hp | PZA | 2.00 | 1,500.00 | 3,000.00 |
| 25 | Tanque hidroneumático 200l | PZA | 1.00 | 1,000.00 | 1,000.00 |
| Presupuesto Total Del Proyecto (Bs) | | | 21,293.51 | | |

4.3. TIEMPO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN

Como se puede observar en las tablas Tabla 41

Tiempo De Retorno de Inversión Modelo 1 Tabla 42

Tiempo De Retorno de Inversión Modelo 2 el tiempo de retorno de inversión varía entre 47 a 55 años si tomamos en cuenta el costo total de ambos sistemas (recolección y distribución del agua condensada).

Por otra parte, es importante aclarar que el sistema de recolección es necesario para realizar el desagüe del agua condensada de los aires condicionados, por lo tanto, por motivo de esta investigación el tiempo de retorno de inversión real es el tiempo que se necesitará para recuperar el costo total del sistema de distribución.

En el primer caso este retorno de inversión será de 33 años y en el segundo modelo será de 26 años; estos resultados muestran periodos de retorno muy elevados y como se puede observar esto se debe en gran parte por el bajo costo del agua en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra.

El precio unitario del servicio de la cooperativa Saguapac es solamente de 3.60 Bs por m3.

Tabla 41

Tiempo De Retorno de Inversión Modelo 1

| Ahorro Anual (M3) | PU Del Agua De Saguapac (Bs) | Ahorro (Bs) | Costo Total Del Sistema | Tiempo De Retorno De Inversión | Costo Sistema De Distribución | Tiempo De Retorno De Inversión |
|-------------------|------------------------------|-------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 162 m3 | Bs3.60 | Bs584.95 | Bs32,386.00 | 55 años | Bs19,521.00 | 33 años |

Tabla 42

Tiempo De Retorno de Inversión Modelo 2

| Ahorro Anual (M3) | PU Del Agua De Saguapac (Bs) | Ahorro (Bs) | Costo Total Del Sistema | Tiempo De Retorno De Inversión | Costo Sistema De Distribución | Tiempo De Retorno De Inversión |
|-------------------|------------------------------|-------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| | | | | | | |

| | | | | | | |
|--------|--------|----------|-------------|---------|-------------|---------|
| 224 m3 | Bs3.60 | Bs806.70 | Bs38,018.00 | 47 años | Bs21,294.00 | 26 años |
|--------|--------|----------|-------------|---------|-------------|---------|

4.4. ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE INCENTIVO DEL REGLAMENTO

ECOSOSTENIBLE

Los modelos presentados en este estudio se encuentran ubicados en la zona habitacional Z4, lo que ha permitido que ambas edificaciones obtengan un incremento de dos niveles adicionales sobre el basamento, gracias al cumplimiento del reglamento. Estos dos niveles adicionales, obtenidos mediante el incentivo proporcionado, se traducen en un aumento de 10 departamentos para el modelo 1 y de 19 departamentos para el modelo 2.

Es importante destacar que, para ser elegible para estos incentivos, es necesario cumplir con tres características obligatorias establecidas en el reglamento, como se indica en el punto 2.2.1 de este documento. A pesar de que el uso de agua condensada cumple con un requisito obligatorio en el punto 2.2.2 y uno opcional mencionado en el punto 2.2.3, esto no es suficiente para obtener los incentivos.

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

En conclusión, los resultados de este estudio resaltan la complejidad de establecer una red de distribución especializada para suministrar agua condensada, dadas las condiciones económicas y de demanda de agua en la ciudad analizada. Aunque el costo inicial de la inversión no represente una proporción significativa del proyecto, los periodos de retorno de inversión prolongados, superiores a los 25 años, sugieren que la viabilidad económica de este enfoque es cuestionable.

Los resultados revelan que la razón principal de estos periodos de retorno se atribuye al bajo costo del agua en la ciudad donde se realizó el estudio, donde el valor es inferior a 4 bs por metro cúbico.

Para poder definir la viabilidad de este sistema es relevante resaltar el impacto positivo del reglamento de incentivos ecosostenibles, el cual nos permite aumentar la cantidad de departamentos por edificación, lo que sugiere una oportunidad económica adicional para obtener mayores utilidades del terreno. Gracias a este incremento, ambos modelos experimentaron un aumento de 2 niveles, lo que se tradujo en un aumento notable en la cantidad de departamentos para cada modelo. En el caso del modelo 1, se logró un aumento de 10 departamentos, mientras que para el modelo 2, este aumento fue de 19 departamentos, una cantidad considerable en términos económicos.

Además, se logró identificar que la edificación del modelo 2, al contar con más unidades de aire acondicionado que el modelo 1, experimenta una reducción significativa en el tiempo de retorno de inversión, lo que indica que una mayor cantidad de unidades de aire acondicionado conlleva a una mayor recolección del recurso. Lo que sugiere que para edificaciones de mayor envergadura obtendremos periodos de retornos inferiores a los analizados en esta investigación.

Por último, considerando que los recursos naturales son limitados y ante la posibilidad de una futura escasez de estos, no resulta descabellado pensar que los costos asociados a la captación y distribución de este recurso vital aumentarán con el tiempo. En vista de esta eventualidad, y basándonos en los datos obtenidos en este estudio, podríamos analizar el precio unitario mínimo necesario para lograr un período de retorno de inversión de al menos 3 años.

Como se puede observar en la Tabla 43, a partir de 30Bs/m³ y manteniendo la misma inversión se necesitarían 3 años para ser un sistema sustentable.

Tabla 43

Tiempo de retorno de inversión con costo de agua elevado

| Ahorro anual (m ³) | PU del agua de Saguapac (Bs) | Ahorro (bs) | Costo Total del Sistema | Tiempo de retorno de inversión | Costo Sistema de distribución | Tiempo de retorno de inversión |
|--------------------------------|------------------------------|-------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 224 m ³ | Bs30.00 | Bs6,722.46 | Bs38,018.00 | 6 años | Bs21,294.00 | 3 años |

5.2. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones derivadas de los resultados obtenidos en esta investigación son diversas. Aunque los resultados no reflejen un tiempo de retorno de la inversión muy alentador, es importante reconocer que el recurso hídrico es limitado. Por ende, es crucial continuar realizando investigaciones similares para evaluar con mayor precisión las mejores opciones disponibles en cada ciudad. Como hemos observado en las conclusiones, el contexto local desempeña un papel crucial en la consecución de diseños ecosostenibles tanto a corto como a largo plazo.

En situaciones donde se requiera implementar medidas ecosostenibles para acceder a los incentivos propuestos en el "Reglamento de Aplicación de Incentivos para Edificaciones que Adopten Medidas de Sustentabilidad Ambiental en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra", se recomienda la adopción de múltiples sistemas de captación de agua para alcanzar periodos de retorno más cortos.

Es importante destacar que, a pesar de no haberse obtenido periodos de retorno a corto plazo, es fundamental considerar los incentivos propuestos. Sin embargo, para ello, se requiere un análisis económico detallado que tenga en cuenta las ganancias derivadas de los metros cuadrados adicionales obtenidos al aplicar el reglamento, así como los costos de inversión mínimos de otras especialidades.

Por último, basándonos en los puntos anteriormente mencionados y los hallazgos obtenidos, recomendamos encarecidamente la implementación de sistemas de recolección y distribución de agua proveniente de unidades de aire acondicionado. Esta sugerencia se apoya en el hecho de que el costo de inversión es relativamente bajo en comparación con el gasto total de la obra. Además, se destaca la importancia de preservar y utilizar de manera responsable los recursos naturales disponibles en aras de promover prácticas más sostenibles en el ámbito de la construcción.

BIBLIOGRAFÍA

- Ali, M., Saifur, S., & Ali, M. A. (2018). Quantification of Condensate Water Generated from Air Conditioning System. *Global Science and Technology Journal*, 44-56.
- Blasco, E. J. (1995). *Instalaciones Sanitarias en Edificaciones*. Lima: Colegio de Ingenieros del Perú.
- Glawe, D. D. (2012). *San Antonio Condensate Collection and Use Manual for Commercial Buildings*. San Antonio: San Antonio Water System.
- Glawe, D., Wooten, M., & Lye, B. (2016). Quality of condensate from air-handling units. *ASHRAE Journal*, 14-23.
- Khan, S. A., Wang, F., & Al-Zubaidy, S. N. (2014). Energy Recovery Trough Air Conditioning Machine's Condensate. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 1165-1175.
- Kibert, C. J. (2016). *Sustainable Construction Green Building Design and Delivery*. Hoboken: Wiley.
- Macchia, J. L. (2009). *Cómputos, Costos y Presupuestos*. Buenos Aires: Nobuko.
- Magrini, A., Cattani, L., Cartesegna, M., & Magnani, L. (27 de Julio de 2017). *Water Production from Air Conditioning Systems: Some Evaluations about a Sustainable Use of Resources*. Obtenido de <https://www.mdpi.com/>: <https://www.mdpi.com/2071-1050/9/8/1309>
- Sosa, J. G. (2001). *Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificios*. Mérida: Fundación ICA, A.C.

