



UNIVERSIDAD ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE OBRAS CIVILES

EFICIENCIA HÍDRICA EN LA VIVIENDA SOCIAL:

El Caso de Copiapó

Memoria para optar al Título de Ingeniero Constructor

ANGÉLICA SILVA VERGARA

Profesor Guía: Sr. Andrés Vargas Flores

Santiago – Chile

Junio, 2013.

Agradecimientos

A mi **Familia**, en especial Padres y Hermanos por su apoyo durante toda mi estancia en la Universidad y siempre.

A **Yerko Ravlic**, por ser mi compañía y apoyo incondicional durante toda mi época universitaria.

A mi profesor guía, **Andrés Vargas** por haberme apoyado y guiado en el proceso de elaboración de esta tesis.

A mis **profesores** y **compañeros** de Universidad, por haberme entregado sus conocimientos y haber contribuido en la preparación de mi futuro como profesional.

Resumen

La escasez de agua es una problemática recurrente en las ciudades del norte de Chile, tal es el caso de la ciudad de Copiapó, donde se ha generado un aumento en la demanda de agua por el alto consumo de la población y las dos principales actividades productivas de la región: la minería y la agricultura. A esta escasez de agua presente, se suma el incremento en el consumo de agua potable, como consecuencia de un crecimiento urbano que actualmente experimenta la ciudad, que viene acompañado de un aumento poblacional y que en su mayoría es una población proveniente de estratos sociales más bajos (C y D).

La presente investigación tiene como objetivo principal proponer un set de elementos de eficiencia hídrica en la vivienda social en Copiapó, como forma de mitigar la problemática de escasez de agua, desde la vivienda y sus habitantes. Para ello, se determina un caso de estudio, al cual se le realiza un diagnóstico de la situación actual; a partir de esto se elabora un set de propuestas de eficiencia hídrica y se determinan los costos y los beneficios del proyecto.

Se concluye que el proyecto es factible de realizar, al incorporar elementos de eficiencia hídrica a la vivienda social, donde se obtienen beneficios tanto económicos, sociales como ambientales. Con este proyecto es posible disminuir el consumo de agua potable en la vivienda social, el gasto mensual por familia y la escasez de agua en la ciudad de Copiapó.

Índice de contenidos	Página
1. PRESENTACIÓN.....	1
1.1. Crecimiento urbano de Copiapó y la escasez de agua	2
1.2. La escasez de agua en Copiapó y la eficiencia hídrica.....	5
1.2.1. Eficiencia Hídrica	5
1.2.2. Eficiencia Hídrica en la vivienda Social	8
1.2.3. Eficiencia Hídrica en la Vivienda Social en Copiapó	9
1.3. Objetivos	13
2. EFICIENCIA HÍDRICA DOMICILIARIA Y LA VIVIENDA SOCIAL EN CHILE.....	14
2.1. La Eficiencia Hídrica.....	15
2.1.1. Consumo de agua al interior de la vivienda.....	16
2.1.2. Beneficios de hacer un eficiente de los recursos hídricos en la vivienda.....	17
2.1.3. Reutilización de aguas grises.....	21
2.1.4. Utilización de Paisajismo Xerófito o Nativo	26
2.1.5. Hábitos de Consumo de agua potable.	28
2.2. La Vivienda Social en Chile	32
2.2.1. Tipologías de vivienda social en Chile	32
3. EFICIENCIA HÍDRICA EN LA VIVIENDA SOCIAL DE COPIAPÓ.....	36
3.1. Eficiencia Hídrica en las Viviendas Sociales de Copiapó: Una consecuencia de la escasez de agua en la ciudad.....	37
3.2. Incorporación de Elementos de Eficiencia Hídrica a Proyecto de Vivienda Social Tipo.....	39
3.2.1. Tipología de vivienda social.	39
3.2.2. Elementos de eficiencia hídrica.....	40

	Página
4. DIAGNÓSTICO DEL CONDOMINIO SOCIAL Y PROPUESTA.....	45
4.1. Presentación del Condominio.....	46
4.1.1. Ubicación y descripción del condominio.....	46
4.2. Consumo de agua.	47
4.2.1. Al Interior de la vivienda.....	47
4.2.2. Al Exterior de la vivienda.....	48
4.3. Propuestas de eficiencia hídrica	50
4.3.1. Incorporación de artefactos eficientes.....	50
4.3.2. Reutilización de aguas grises y paisajismo Xerófito	50
4.3.3. Hábitos de Consumo.	51
4.4. Evaluación Costo-Beneficio.....	52
4.4.1. Interior de la vivienda.....	52
4.4.2. Exterior de la vivienda.....	54
4.4.3. Hábitos de consumo.	57
5. CONCLUSIONES	59
6. BIBLIOGRAFÍA.....	63

Índice de tablas	Página
Tabla 1.1. Indicador de disponibilidad de agua.	6
Tabla 1.2. Variación del número de habitantes proyectados al 2020 en Copiapó.....	9
Tabla 1.3. Proyección de consumo de agua potable por crecimiento poblacional.	10
Tabla 2.1: Porcentaje de ahorro por dispositivo- Artefacto.	16
Tabla 2.2 Tabla comparativa de artefactos eficientes y estándar	16
Tabla 2.3. Estándares eficientes hídricamente para Chile -2008	20
Tabla 2.4. Evaluación económica sistemas de reutilización de aguas grises.	24
Tabla 2.5. Evaluación económica sistemas de reutilización de aguas grises	25
Tabla 2.6. Litros aproximados por actividad.	30
Tabla 3.1. Número de artefactos por tipo de vivienda	40
Tabla 3.2. Extracto de la postulación al Concurso Gestión Ambiental Local 2012.....	43
Tabla 4.1: Cuadro de Superficies del Condominio Pedro León Gallo Sur I-	47
Tabla 4.2. Artefactos Sanitarios por condominio social.	48
Tabla 4.3. Artefactos y accesorios eficientes.	50
Tabla 4.4. Sistema de Tratamiento de Reutilización de Aguas Grises.	51
Tabla 4.5. Desglose de presupuesto para taller de eficiencia hídrica	51
Tabla 4.6. Costos y beneficios de la implementación de Artefactos Eficientes.	52
Tabla 4.7. Diferencia de precio entre artefactos eficientes y estándar.....	52
Tabla 4.8. Ahorro anual de gasto económico por familia.....	53
Tabla 4.9. Proyección del precio por m ³ de agua en Copiapó.	53
Tabla 4.10. Evaluación Costo-Beneficio.....	54
Tabla 4.11. Costos y Beneficios de la reutilización de aguas grises.....	54
Tabla 4.12. Evaluación costo-beneficio. Sistema de Reutilización de aguas grises.	55
Tabla 4.13. Costos y Beneficios del sistema de riego por aspersión.	55
Tabla 4.14. Beneficios del riego por aspersión.....	56
Tabla 4.15. Evaluación costo-beneficio. Sistema de riego por aspersión.	57
Tabla 4.16. Cambios en los hábitos de consumo	58
Tabla 4.17. Costos y Beneficios por Cambios en los hábitos de consumo.	58

Índice de figuras	Página
Figura 1.1: Variación anual en porcentaje de la actividad económica regional 2011.	3
Figura 1.2: Producto interno bruto por clase de actividad económica.....	3
Figura 1.3: Etapas que influyen sobre la escasez de agua	4
Figura 1.4: Disponibilidad de agua en Chile por habitante, 2009.....	6
Figura 1.5: Financiamiento de una vivienda social con el Fondo Solidario de Elección de Vivienda.....	8
Figura 1.6: Distribución N.S.E. en hogares en Copiapó	10
Figura 1.7: Oferta vs Demanda de Agua	11
Figura 1.8: Proyección del precio del agua potable por m3 en el año 2020, Copiapó. ..	12
Figura 2.3: Ahorros Artefactos Eficientes – Promedio	17
Figura 2.4: Reutilización de aguas grises.....	21
Figura 2.5: Sistema A. Reutilización de aguas grises.....	22
Figura 2.6: Sistema B. Reutilización de aguas grises.....	23
Figura 2.7: Sistema C. Reutilización de aguas grises.....	23
Figura 2.8: Sistema D. Reutilización de aguas grises.....	24
Figura 2.9: Paisajismo Xerófito	27
Figura 2.10: Planificación y protección de plantas en un paisajismo Xerófito.	27
Figura 2.11: Sistemas de riego por goteo y por aspersion.	28
Figura 2.12: Consumo diario por habitante Sector Sanitario	29
Figura 2.13: Tipologías de vivienda social.....	33
Figura 2.14: Tipos de Condominios Sociales	34
Figura 3.1: Consecuencia del Crecimiento Urbano en la ciudad de Copiapó	37
Figura 3.2: Efectos de una Vivienda Social con E.H.....	38
Figura 3.3: Línea base para metodología.....	39
Figura 3.4: Diagrama Climático, sector Chamonate. Copiapó	41
Figura 3.5: Vegetación nativa III Región.....	42
Figura 3.6: Vegetación Nativa de la III Región	42
Figura 4.1: Ubicación del Condominio Social Pedro León Gallo Sur I	46
Figura 4.2: Planta de arquitectura, vivienda Pedro León Gallo Sur I.	47
Figura 4.3: Áreas verdes del Condominio.	49

1. PRESENTACIÓN

1.1. Crecimiento urbano de Copiapó y la escasez de agua

El crecimiento urbano de la ciudad de Copiapó ha provocado un aumento drástico en la demanda de agua para el uso de las actividades productivas y para el consumo de la población. “El crecimiento de la minería y la agricultura de exportación, sumado al aumento de la población y la expansión urbana, seguirán ejerciendo una significativa presión sobre las reservas de agua de la región y la ciudad” (PNUMA, 2009). Es por esto que superar o disminuir la escasez de agua, es uno de los principales desafíos para que el desarrollo de la ciudad se lleve a cabo adecuadamente.

La falta de agua en la ciudad implica consecuencias para la salud, el medio ambiente y el crecimiento económico. El no contar con el recurso suficiente para abastecer a toda la demanda, provocará un impedimento para el desarrollo de actividades y con ello un estancamiento del crecimiento urbano. En este contexto la ciudad de Copiapó deberá superar en primera instancia la problemática de escasez de agua para su desarrollo.

El Crecimiento Urbano de Copiapó se debe principalmente al auge de los proyectos mineros en la región, una tendencia que se mantiene desde el comienzo de la explotación de minerales, ya que el sector de la minería ha sido el detonante de los mayores crecimientos observados. “Copiapó ha experimentado a través de la historia, el impacto de los altibajos de la economía local. Aprovechando en determinados momentos el auge minero para traer servicios y equipamiento a la ciudad, logrando los mayores avances de la época y con altas tasas en su edificación” (Cárdenas & Carrasco).

El buen momento de la minería, se ve reflejado en el incremento de la actividad económica de la región. En el año 2011, el Banco Central de Chile elaboró el informe “Cuentas nacionales de Chile”, donde se sitúa a la tercera región de Atacama en el segundo lugar en la variación del PIB, tal como se observa en la figura 1.1.

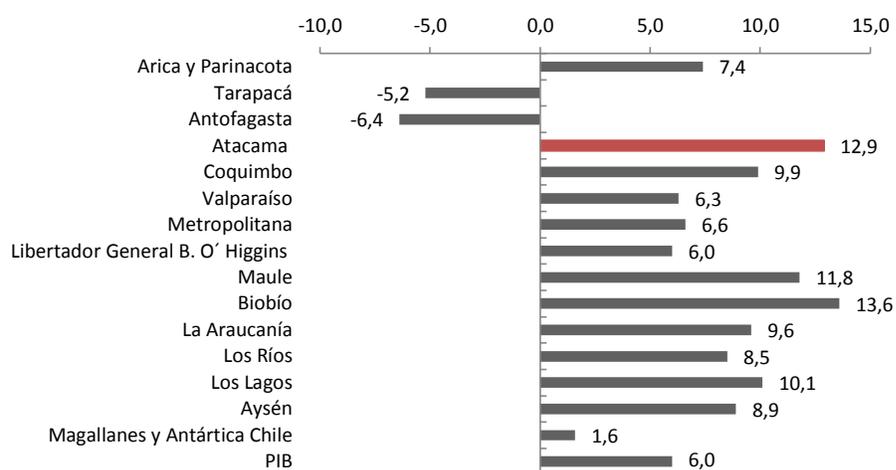


Figura 1.1: Variación anual en porcentaje de la actividad económica regional 2011.

Fuente: Banco Central, 2011.

En la figura 1.1, se puede ver que la región de Atacama aumentó en un 12,9% en el PIB, en el año 2011. Del total del Producto Interno Bruto de la región, el 52% es obtenido por la industria de la minería, un 17% por el sector de construcción y un 31% por las demás actividades económicas, tal como se observa en la figura 1.2.

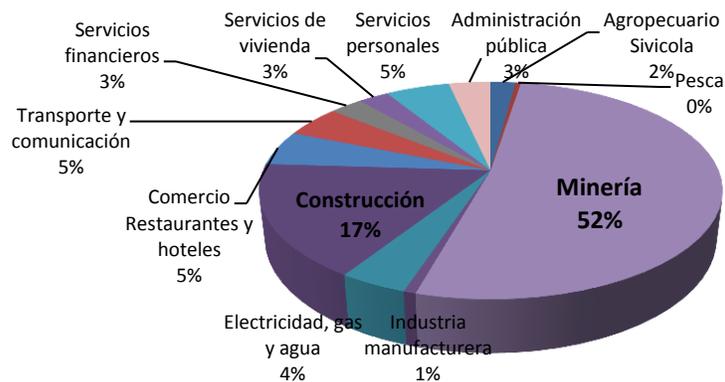


Figura 1.2: Producto interno bruto por clase de actividad económica.

Fuente: Elaboración propia en basa a datos del Banco Central de Chile, 2011.

Que la minería obtenga mayores excedentes influye en gran medida a que la industria de la construcción incida en el total del PIB regional. Esto demuestra el alza de la construcción producido por el crecimiento económico. En el año 2012, se concretaron

diversos proyectos de construcción, destinados a viviendas y equipamiento, los que se vieron reflejados en el índice de la Actividad de la Construcción Regional (INACOR), el cual creció casi en un 20% en comparación con el año 2010¹.

De tal manera que se observa un crecimiento económico, la oferta laboral aumenta, lo que conlleva a un aumento poblacional y con ello la demanda de recursos se intensifica. Según datos preliminares del Censo 2012, la población de la comuna de Copiapó aumentó en un 22,6% entre los periodos 2002 y 2012, cifra no menor si se compara con la media de crecimiento poblacional del país que obtuvo un 10,1%. Si no se toman medidas al respecto, la tendencia de crecimiento demográfico influirá directamente sobre la escasez de recurso hídrico.

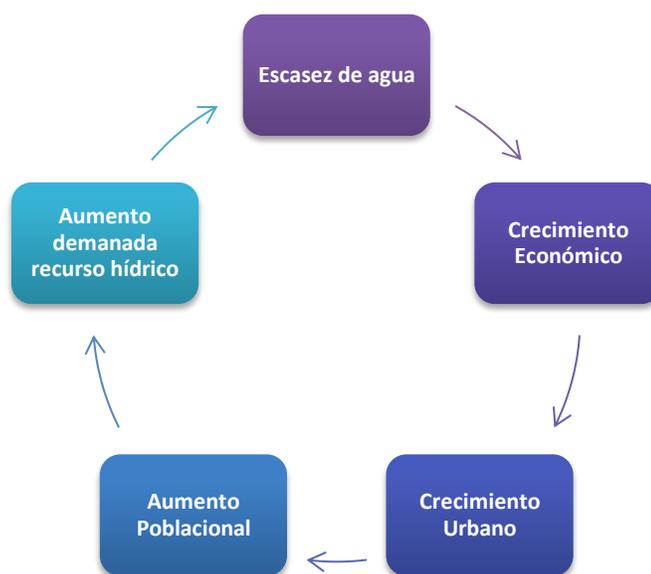


Figura 1.3: Etapas que influyen sobre la escasez de agua

Fuente: Elaboración propia.

¹ El INACOR considera toda la actividad de la construcción como un consolidado y se calcula con tres componentes, permisos de edificación, consumo de cemento y empleo (Portal Inmobiliario, 2012).

1.2. La escasez de agua en Copiapó y la eficiencia hídrica

1.2.1. Eficiencia Hídrica

La escasez de agua se define como el punto en el que, el impacto agregado de todos los usuarios, bajo determinado orden institucional, afecta al suministro o a la calidad del agua, de forma que la demanda de todos los sectores, incluido el medioambiental, no puede ser completamente satisfecha².

La Organización Mundial de la Salud indica que cuatro de cada diez personas en el mundo los afecta la escasez de agua, provocando en casos extremos la utilización de agua contaminada para su consumo. Una de las razones por las cuales se ha llegado a tal punto es la mala gestión de los recursos, con ello el uso y distribución del agua han generado una disminución en la disponibilidad del agua.

En este contexto es importante destacar la implementación de eficiencia hídrica. El concepto de eficiencia hídrica adoptado es aquel que permite el desarrollo o desempeño de cualquier labor, tarea, proceso o resultado utilizando la mínima cantidad de agua sin afectar la calidad de dicha actividad, como una contribución al desarrollo social, cultural, económico y ambientalmente sostenible, traducido en tasas cada vez menores de necesidad y uso del agua (INEH, 2008).

En Chile, la escasez de agua se encuentra presente en algunas regiones del país. En el año 2011, El Banco Mundial presentó el documento “Chile Diagnóstico de la gestión de los recursos hídricos”, en él se establece la disponibilidad de agua superficial y agua subterránea, donde se menciona que la escorrentía media del país es de 53.000 m³/per/año “valor bastante más alto que la media mundial de 6.600 m³/per/año y muy superior al valor de 2.000 m³/per/año considerado internacionalmente como umbral para el desarrollo sostenible” (Banco Mundial, 2011). Sin embargo en el documento también se menciona que esta realidad es muy distinta en el centro y en el norte del país. En el siguiente gráfico se presenta la disponibilidad de agua del país, por regiones.

² Fuente: Agua y ciudades | Decenio Internacional para la Acción " El agua fuente de vida" 2005-2015 (DAES-ONU)

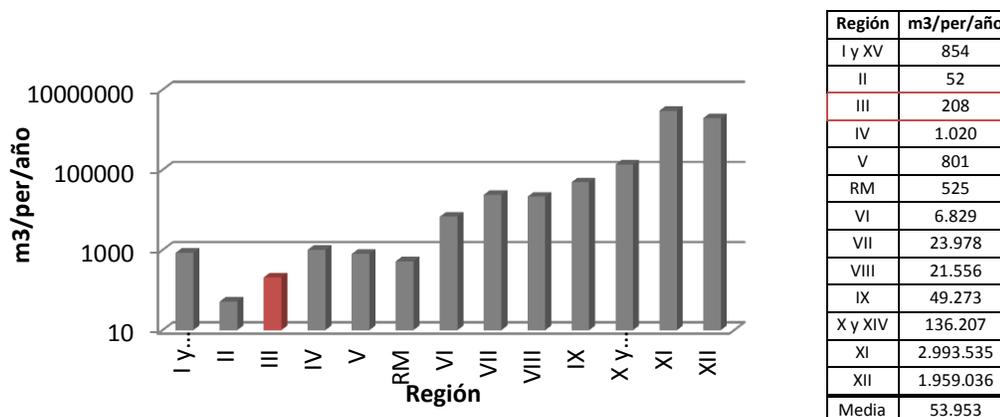


Figura 1.4: Disponibilidad de agua en Chile por habitante, 2009.

Fuente: Banco Mundial, 2011.

En la figura 1.4, se puede ver que la Región de Antofagasta presenta 52 m³/per/año y la Región de Atacama 208 m³/per/año, valores que están muy por debajo del promedio del país. Al analizar la situación de Antofagasta y Atacama, de acuerdo a los valores críticos establecidos por Falkenmark (1999), la situación en la que se presentan estas regiones, es de extrema escasez. En la siguiente tabla se presentan los indicadores de disponibilidad de agua.

Tabla 1.1. Indicador de disponibilidad de agua.

Grado de disponibilidad	Disponibilidad (m ³ /hab/año)
Escasez extrema	Menor que 1000
Escasez crítica	1000 < D < 1700
Disponibilidad baja	1700 < D < 5000
Disponibilidad media	5000 < D < 10000
Disponibilidad alta	D > 10000

Fuente: Falkenmark, 1999.

Como se puede observar en la tabla 1.1, para encontrarse en una escasez extrema, la disponibilidad de agua debe ser menor a los 1.000 m³/per/año, tal como se indica de las regiones de Antofagasta y Atacama. En particular, la región de Atacama se encuentra en un proceso de crecimiento urbano, con ello el incremento de la economía y la población, se traducen en un consumo mayor de agua. El aumento de la población, que conlleva a la creación de nuevas áreas verdes, focos importantes de riego y el

mayor consumo de agua por los habitantes hacen que la eficiencia hídrica domiciliar sea una solución factible para enfrentar la escasez de agua.

Para enfrentar la problemática de la escasez de agua en Chile, el autor Ricardo Truffello elaboró la propuesta “Sello de Eficiencia Hídrica”, en ella se establece la aplicación de requerimientos mínimos de eficiencia hídrica para artefactos, construcciones y/o urbanizaciones. Entre las medidas que se aplican para hacer un uso eficiente del agua se encuentran:

- Disminución en el consumo al interior de la vivienda (utilización de artefactos eficientes).
- Reutilización de Aguas (Grises o Pluviales).
- Eficiencia Hídrica en jardines residenciales (utilización de Paisajismo Xerófito o Nativo, sistemas de riego eficientes, entre otros).
- Hábitos de consumo de agua potable.

1.2.2. Eficiencia Hídrica en la vivienda Social

En Chile gran parte de la población proviene de los estratos socioeconómicos D y E, cuyos proyectos de edificación de viviendas sociales no cuentan con elementos de eficiencia hídrica. Problemática que se agrava en zonas en vías de desarrollo, que se ven afectados por la escasez de agua, como el caso de la ciudad de Copiapó.

Uno de los puntos importantes de incluir eficiencia hídrica en la vivienda social es la gran demanda de ellas, entre los periodos 2004 y 2008 se construyeron más de 150.000 viviendas sociales cada año³. Por lo que la implementación de elementos de eficiencia hídrica podría reducir en gran medida el impacto sobre el medio ambiente.

Dentro de las conclusiones expuestas en el informe ejecutivo “Formulación Sello de Eficiencia Hídrica” se plantea que sería beneficioso tener la posibilidad de integrar artefactos eficientes en proyectos concretos como una forma de mejorar la eficiencia de dichos proyectos. En tal sentido un sector estratégico de acción es la vivienda social (Observatorio Urbano UC, 2009).

Las personas del estrato social “E” acceden a una vivienda, postulando al programa habitacional “Fondo Solidario de Elección de Vivienda” y optando por la vivienda más económica, es decir de 390 UF, la que se financia con 380 UF de subsidio habitacional más 10 UF de ahorro (mínimo requerido). La solución consiste en una vivienda social nueva, con terminaciones básicas, con dos dormitorios, estar-comedor- cocina y un baño en una superficie construida de 42 m² (mínimo establecido), emplazada en un terreno de 140 m² como mínimo. Lo que significa que la vivienda sólo cumple con las necesidades básicas y no están contemplados elementos de mayor costo.



Figura 1.5: Financiamiento de una vivienda social con el Fondo Solidario de Elección de Vivienda.

Fuente: Elaboración propia en base a datos de www.subsidio.cl

³ Fuente: <http://www.viviendasocial.org>

1.2.3. Eficiencia Hídrica en la Vivienda Social en Copiapó

La ciudad de Copiapó presenta un sostenido crecimiento poblacional, un intenso consumo de las aguas subterráneas y la expansión urbana sobre suelos anteriormente forestados, ya sea con vegetación natural o cultivos agrícolas. La Secretaría de Planificación Regional de Atacama ha asociado el crecimiento poblacional al dinamismo de la economía, ya que éste favorece procesos migratorios que no sólo atraen mano de obra especializada, sino también grupos de trabajadores de muy baja calificación en busca de oportunidades (PNUMA, 2009)⁴.

De acuerdo a los resultados preliminares del censo 2012, la región de Atacama cuenta con 290.581 habitantes, aumentando su población en un 14,8%, con respecto al Censo del año 2002, es decir en 37.376 habitantes. Atacama se ubica en el tercer lugar de las regiones que más aumentaron su población, después de las regiones de Tarapacá y Coquimbo. Por su parte la ciudad de Copiapó aumentó su población por sobre la media de la región, en un 22,6% (29.159 habitantes) en diez años, sumando una cifra de 158.438 habitantes al año 2012.

Según proyecciones entregadas por el INE, Copiapó contaría con 189.273 habitantes al año 2020, lo que significa que aumentaría su población en un 19,2% (30.835 habitantes), con respecto al año 2012. En la tabla 1.1, se muestra la variación absoluta de habitantes que se obtiene entre los años 2012 y 2020.

Tabla 1.2. Variación del número de habitantes proyectados al 2020 en Copiapó.

	Población 2012	Población proyectada 2020 (hab.)	Variación absoluta habitantes 2012-2020 (hab.)
Total	158.438	189.273	30.835
Urbana	155.269	185.488	30.218
Rural	3.169	3.785	617

Fuente: Elaboración propia en base a resultados preliminares Censo 2012 y Proyección de Población 2020 (INE).

Si se analiza el Nivel Socioeconómico (N.S.E) de la población urbana, el 51,9% de los habitantes pertenecen a los estratos sociales D y E, de acuerdo al modelo de estimación de Niveles Socioeconómicos (N.S.E) de Adimark del año 2006, como se puede observar en el siguiente gráfico.

⁴ En el informe: Perspectivas del Medio Ambiente Urbano: Geo Copiapó.

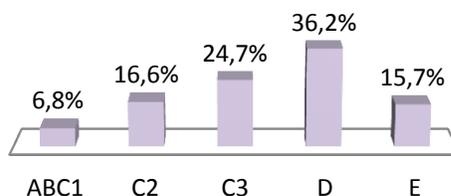


Figura 1.6: Distribución N.S.E. en hogares en Copiapó

Fuente: Elaboración propia en base a datos de ADIMARK.

Las variaciones porcentuales indican que poco más de la mitad de la población pertenece a los N.S.E más bajos, lo que presenta una directa relación con el tipo de vivienda que se construye en la ciudad. La densidad promedio de la ciudad de Copiapó es de 89 hab/Há (Censo 2002), lo cual es alto para una ciudad que no posee edificación en altura. Esta densidad se explica en la predominancia de viviendas de carácter social, ya que los 18.745 hogares de estratos socioeconómicos D y E representan casi el 53% de las viviendas de la ciudad (Dirección de planeamiento , 2005). Si se continúa con esta tendencia, la situación se vería reflejada en el aumento poblacional, es decir que de los 30.218 habitantes nuevos, 15.683 habitantes corresponderían a los estratos sociales D y E, lo que requiere un aumento en la construcción de viviendas sociales.

La construcción de nuevas viviendas sociales por el aumento poblacional, no es la única consecuencia que se produce en Copiapó, la problemática se suma a la escasez de agua en la ciudad que aumentará por una demanda mayor de nuevos habitantes. El aumento poblacional de los sectores bajos en más de 15.000 personas, produce que la demanda de agua crezca en un 13% al año 2020, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1.3. Proyección de consumo de agua potable por crecimiento poblacional.

	Consumo Actual A. Potable (l/año)	Consumo Proyectado A. Potable 2020 (l/día)
Total de la población	38.414.357	43.098.147
Población D y E	19.207.179	21.638.044

Fuente: Elaboración propia en base a datos entregados por el SISS y proyecciones del INE.

Se estima que para el año 2020 la demanda de agua aumente en más de 13.000.000 de litros por día⁵, sólo por la población de estratos socioeconómicos D y E. Este valor es preocupante considerando el déficit de agua que presenta el acuífero de Copiapó y más aún porque la ciudad se sustenta mayoritariamente de aguas subterráneas, por la baja escorrentía de aguas superficiales, lo que ha producido la excavación de pozos cada vez más profundos⁶. Por esta razón la Dirección General de Aguas (DGA) determinó una estimación de la oferta y la demanda, según los principales usos⁷, para establecer el estado de la cantidad de agua en el acuífero. En la figura 1.7 se puede observar que, entre los años 1975 y 2007 la variabilidad de la escorrentía no ha sido constante, más bien en la mayoría de los años la demanda es mayor que la oferta.

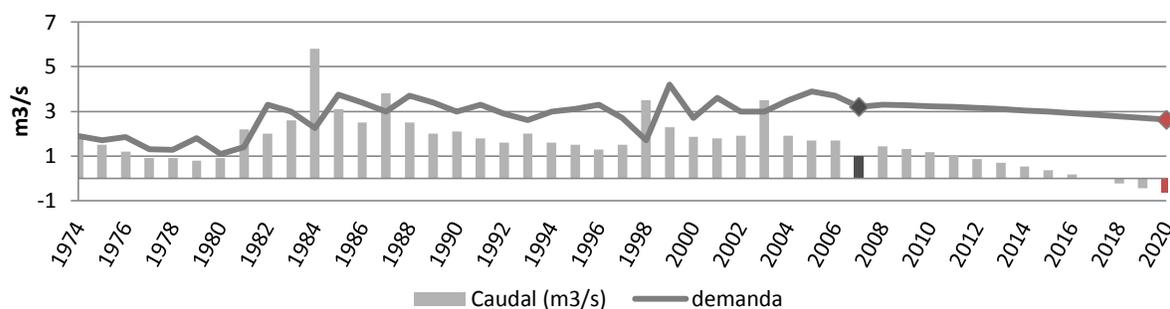


Figura 1.7: Oferta vs Demanda de Agua

Fuente: Elaboración propia en base a datos entregados por la DGA.

La diferencia entre la oferta y la demanda en el año 2007 (gráfico 1.7), provocan un déficit de agua potable de un 2,2 m³/s. Si las tendencias de consumo de agua se mantienen sin tomar medidas al respecto, seguirán de tal manera que se producirá un agotamiento del acuífero de Copiapó, provocando que para el año 2020, el déficit aumente a 3,3 m³/s. Esta deficiencia de recurso hídrico, implica un encarecimiento del agua. La empresa abastecedora de agua de la región de Atacama, Aguas Chañar, ha incrementado el precio del agua para toda la población, por la utilización de nuevas tecnologías para la purificación de ésta⁸. En noviembre del año 2012, el precio por

⁵ La Súper Intendencia de Servicios Sanitarios (SISS) establece que el consumo de agua promedio, por persona en la región de Atacama es de 108 l/día.

⁶ En el año 2006 la profundidad de los pozos era de 53 m, en el 2012 la profundidad de los pozos asciende a 73 m.

⁷ Actividades productivas tales como Agricultura, Minería e Industria y además Agua Potable.

⁸ Planta de Osmosis Inversa en funcionamiento desde Noviembre del año 2012.

metro cúbico de agua aumentó su valor en \$150, llegando a un valor de \$581 por metro cúbico a ese año, tal como se muestra en la figura 1.8.

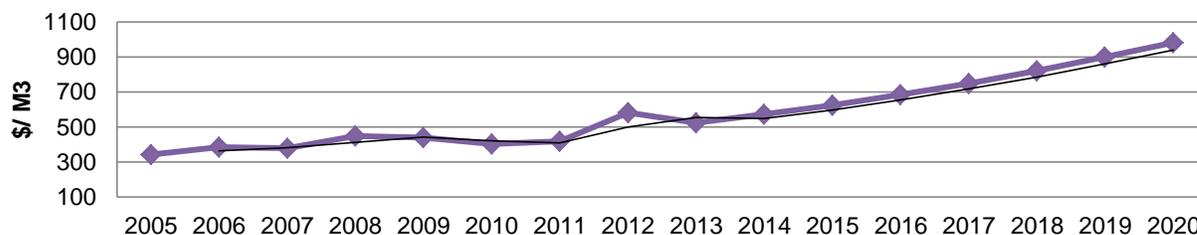


Figura 1.8: Proyección del precio del agua potable por m3 en el año 2020, Copiapó.

Fuente: Elaboración propia.

La proyección al año 2020, con respecto a las consecuencias del crecimiento urbano en Copiapó, incluyen un crecimiento poblacional en más de 15.000 personas de estratos socioeconómico D y E, que contribuyen en el aumento del déficit de agua en 0,002 [m3/s], donde ya existe un déficit de al menos 2 m3/s de caudal y se percibe un aumento en el precio que proyectado a ese año, alcanza los \$956 por metro cúbico (gráfico 1.8), precio bastante alto para personas de escasos recursos. Por esta razón la escasez de recurso hídrico en la ciudad, más al aumento poblacional de un grupo de personas pertenecientes a los estratos sociales más bajos, hacen urgente la necesidad de implementación de elementos de eficiencia hídrica en la vivienda social para el caso de Copiapó.

1.3. Objetivos

Objetivo general

Proponer un set de elementos de eficiencia hídrica en la vivienda social en Copiapó, para disminuir el consumo de agua potable.

Objetivos específicos

- Diagnosticar la factibilidad de un territorio para satisfacer el aumento en la demanda de viviendas sociales.
- Determinar qué elementos de eficiencia hídrica se pueden incorporar a la vivienda social considerando las condiciones climáticas de la ciudad.
- Evaluar el Costo-Beneficio de la incorporación de elementos de eficiencia hídrica en las viviendas y su mecanismo de gestión.

2. EFICIENCIA HÍDRICA DOMICILIARIA Y LA VIVIENDA SOCIAL EN CHILE.

2.1. La Eficiencia Hídrica

La cantidad de agua es escasa en todo el mundo; la población aumenta y su consumo es cada vez mayor. La solución ante este problema es disponer de nuevas tecnologías para hacer un uso eficiente del agua.

En el Manual de capacitación y Guía para Moderadores “Aspectos económicos en la gestión del Agua Sostenible”, se establece que las razones para que el agua sea un problema a tratar, son las siguientes:

- El crecimiento económico, que conduce a una demanda cada vez mayor de agua y a una mayor contaminación de los recursos existentes;
- El crecimiento de la población y la creciente urbanización, que conducen a un mayor consumo y contaminación;
- Las preocupaciones acerca de la salud de las personas y del medioambiente.
- Las fuerzas para incrementar la escala de producción e ir en búsqueda de mayores utilidades y tecnología;
- Las fallas del gobierno para tratar adecuadamente el problema.
- Las fallas del mercado (en una cantidad de casos relacionados con el agua, el sector privado tampoco ha podido solucionar los problemas);
- La creciente crítica sobre la gestión deficiente de las utilidades y las organizaciones de la cuenca del río.
- La búsqueda de la sostenibilidad económica, medioambiental y social; y
- Los cambios climáticos

Estudios realizados por el Observatorio Urbano de Ciudades UC establecen que el mayor uso del agua a nivel mundial lo presenta la agricultura, con un 75%, seguido por el uso doméstico con un 13% y por último la Industria y la Minería que suman un 12% del total. Tal como se muestra a continuación.

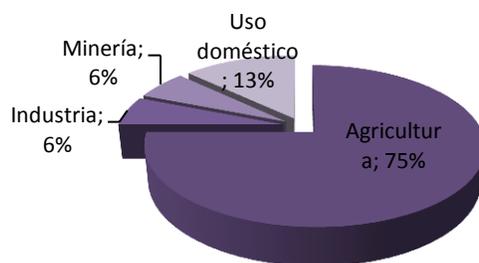


Figura 2.1: Distribución del consumo de agua mundial.

Fuente: elaboración propia en base a datos del Observatorio Urbano de Ciudades UC

2.1.1. Consumo de agua al interior de la vivienda.

En general el consumo de agua en el interior de la vivienda es el resultado del agua potable ocupada por el número de habitantes y la cantidad de veces que se utiliza. El uso doméstico representa un 13% del consumo total de agua en el mundo (Observatorio Urbano UC, 2009), lo que corresponde al funcionamiento de actividades diarias del ser humano que se desarrollan en el baño, la cocina, el jardín y la lavandería. La distribución del consumo de agua al interior de la vivienda se presenta en la figura 2.2.

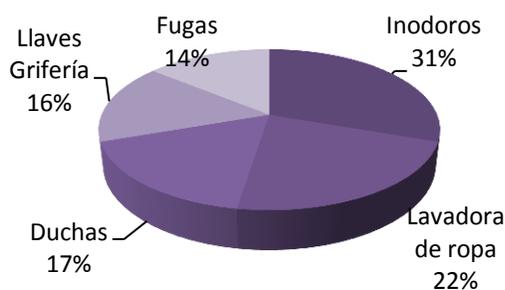


Figura 2.2 Consumo al interior de la vivienda.

Fuente: (Carrasco S. , 2010)

Como se puede ver en la imagen, a través de la descarga de los inodoros más se consume agua (7 a 10 litros), seguido por la lavadora de ropa, donde se consume alrededor de 285 litros⁹ por uso. Los porcentajes de consumo de cada artefacto son una estimación a partir de los litros requeridos para cada función. En el caso de las fugas, son producidas por la falta de mantenimiento; el desgaste por uso de los grifos o llaves

⁹ Fuente: Manual para el consumo responsable de agua potable (SISS, 2011).

que provocan una pérdida¹⁰ de agua de aproximadamente 136 L/mes (1 gota por segundo); el desencajado de las piezas de las duchas el aproximadamente 158 L/mes (1 gota por minuto) y el desgaste de las piezas del inodoro aproximadamente 760 L/día.

Los porcentajes de consumo de agua potable que se necesitan para las actividades que realiza el ser humano, se pueden disminuir a través de la eficiencia hídrica domiciliar, que se traduce en la obtención de artefactos eficientes, técnicas de eficiencia hídrica y hábitos de consumo responsable de agua potable. Todas estas medidas implicarán una disminución en el consumo de agua en el interior de la vivienda.

2.1.2. Beneficios de hacer un uso eficiente de los recursos hídricos en la vivienda.

2.1.2.1. Disminución en el consumo de agua.

La implementación de medidas para lograr una reducción en la cantidad de agua, evitará en gran medida el agotamiento de las fuentes naturales. Con la utilización de artefactos y dispositivos eficientes se podrá disminuir el consumo en baños y cocinas, en promedio un 43% y un 30%, respectivamente. En la propuesta de Ricardo Truffello “Propuesta Sello de Eficiencia Hídrica” se establece el ahorro promedio de baños y cocinas de la siguiente manera:

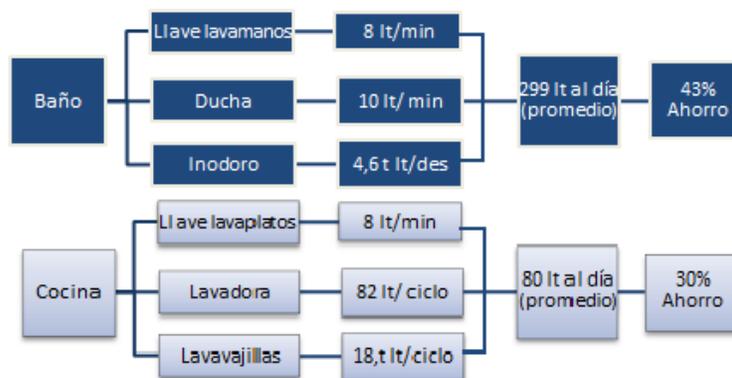


Figura 2.3: Ahorros Artefactos Eficientes – Promedio

Fuente: Sello de Eficiencia Hídrica (Truffello, R).

¹⁰ Fuente: Eficiencia hídrica en la vivienda (Carrasco S. , 2010).

El ahorro de artefactos eficientes son un promedio de las presiones máximas comerciales. En el baño se consideraron duchas eficientes, aireadores y limitadores de caudal e inodoros eficientes y en la cocina se consideran lavadoras eficientes y lavavajillas. En la tabla siguiente se puede ver en detalle el porcentaje de ahorro de cada uno de los dispositivos y artefactos eficientes.

Tabla 2.1. Porcentaje de ahorro por dispositivo- Artefacto.

Dispositivos- Artefactos	Ahorro
Grifería llaves	
Aireadores	50-60%
Reguladores de flujos	
Temporizadores	
Duchas	
Reductor de Caudal	40%
Aireadores	50%
Reguladores de flujos	40%
Duchas eficientes	70%
Inodoros	
Doble descarga	60%
Presurizados	30%
De vacío	80%
Dispositivos en estanque	20%
Fluxómetros	60%

Fuente: Elaboración propia en base a "Eficiencia Hídrica en la vivienda" (Carrasco S. , 2010)

Como se puede ver en la tabla 2.2, los artefactos que más ahorran agua en el baño son los inodoros de vacío en un 80%, las duchas eficientes en un 70% y los inodoros de doble descarga en un 60%; y los dispositivos para llaves de baños o cocina como los aireadores, los reguladores de flujos y los temporizadores, entre un 50 a un 60%.

2.1.2.2. Disminución de gastos.

Los aspectos ambientales y económicos están directamente relacionados, ya que los beneficios de la reducción del impacto ambiental representados por el ahorro hídrico se traducen en una reducción de costos. Por otra parte, hacer un uso racional de agua implicará hacer una inversión por la compra de implementación eficiente. La

disminución de los gastos se verá reflejada en los gastos mensuales de agua, pero el retorno de la inversión tendrá que ser visto para un plazo determinado.

Para la Formulación del Sello de Eficiencia Hídrica de Truffello, se realizó un estudio sobre artefactos estándar y eficientes, de modo de estimar el consumo de diferentes artefactos, de acuerdo al mercado chileno. En la investigación se elaboró una lista para realizar proyecciones de factibilidad, beneficios y costos, la que se presenta a continuación.

Tabla 2.2. Tabla comparativa de artefactos eficientes y estándar

Artefacto	Estándar		Eficiente		Diferencia Precio	Ahorro Agua	Gasto Estándar Diario	Gasto Eficiente Diario
	l/min l/des	\$	l/min l/des	\$	Delta \$	l/min l /des	l/min l /des	l/min l /des
Sanitarios y Grifería								
Llave Lavamanos (Aireador)	12	9.000	5,7	69.760	60.760	6,3	67	26
Llave Lavamanos (limitador de caudal)	12	9.000	8	88.143	79.143	4	67	39
Llave Lavaplatos (Aireador)	12	10.990	8,36	26.809	15.819	3,6	77	58,76
W.C	6	27.000	4	70.000	43.000	2	104	57,6
Ducha	22	24.000	15	41.990	17.990	7	348	216
Accesorios Grifería								
Aireadores	12	0	10	3.000	3.000	2	144	122,64
Limitadores de Caudal	12	0	8	5.000	5.000	4	67	38,86
Cabezal Ducha	22	0	15	10.000	10.000	7	348	216

Fuente: Formulación Sello de eficiencia hídrico (Observatorio Urbano de ciudades, 2009).

En la tabla 2.2 se puede observar que, las soluciones que más presentan un ahorro son: la llave lavamanos con aireador (ahorro 6,3 l/min/des), la ducha (ahorro 7 l/min/des) y el cabezal de ducha (7 ahorro l/min/des). Estas soluciones corresponden a las de mayor costo, la llave con aireador tiene una diferencia de precio entre la grifería estándar y una eficiente de \$60.760, la ducha una diferencia de precio de \$17.990 y el cabezal de ducha una diferencia de precio de \$10.000. La alta diferencia de precios entre los artefactos eficientes y estándar, genera que estos artefactos eficientes, no sean accesibles a todos los N.S.E., sino que estas soluciones sólo son factibles para los grupos socioeconómicos más altos.

Para realizar una comparación entre los artefactos estándares y eficientes, el Observatorio de las Ciudades UC¹¹, realizó una recopilación de los caudales máximos de los artefactos estándar, que corresponden a una estimación promedio del catastro de Artefactos y Criterios de Diseño, para las llaves de lavaplatos- lavamanos y duchas, en el caso de los inodoros la descarga se estimó según la norma NCh00407-2005. Por otra parte, para la elección de los artefactos eficientes nacionales que se consideraron en la comparación, se contemplaron criterios de ahorro de agua y de precio, de modo que sea más accesible entre los N.S.E., siempre y cuando los artefactos cumplan con los estándares de calidad y tengan la certificación de ser productos eficientes (CESMEC o certificaciones extranjeras). En la tabla 2.3 se muestra dicha comparación.

Tabla 2.3. Estándares eficientes hídricamente para Chile -2008

Artefacto	Estándar Máximo Promedio	Eficientes en el Mercado Chileno
Llave Lavaplatos	12 lt/ min	10 lt/min
Llave Lavamanos	12 lt/ min	8-10 lt/ min
Ducha	20 lt/ min	15 lt/min
Inodoros	7 lt/ min	3-6 lt/descarga

Fuente: Formulación Sello de eficiencia hídrico (Observatorio Urbano de ciudades, 2009).

Como se puede ver en la tabla, la diferencia de caudal entre un artefacto eficiente y uno estándar puede ser hasta de 5 lt/min en la ducha, de 4 a 2 lt/min en llaves de lavamanos, de 2 lt/min en llaves de lavaplatos y en el inodoro la diferencia puede ser de 4 a 1 lt/descarga. Estas diferencias son más notables anualmente, el ahorro que producen entre 5 a 2 litros por artefacto, cada vez que se utilizan durante un año, generan una disminución tanto en los gastos anuales como en el consumo de agua anual, variables que disminuyen considerablemente¹².

¹¹ En el documento Formulación Sello de eficiencia hídrico (Observatorio Urbano de Ciudades, 2009).

¹² Alrededor de 48.000 pesos anuales y 96.000 litros anuales (SISS, 2011).

2.1.3. Reutilización de aguas grises

El “agua gris”, es aquella resultante de la ducha, tina, lavamanos, lavadoras y bebederos. El agua gris se distingue del “agua negra” contaminada con desechos humanos, en que no contiene bacterias patógenas. Las aguas grises son de vital importancia, porque pueden ser de mucha utilidad en el campo del regadío (López, 2009)¹³. Las aguas grises son reutilizadas principalmente para el riego de áreas verdes, pero también pueden ser utilizadas en la descarga de excusados y para el lavado de ropa. En la figura 2.4 se presenta un ejemplo de sistema de reutilización de aguas grises.

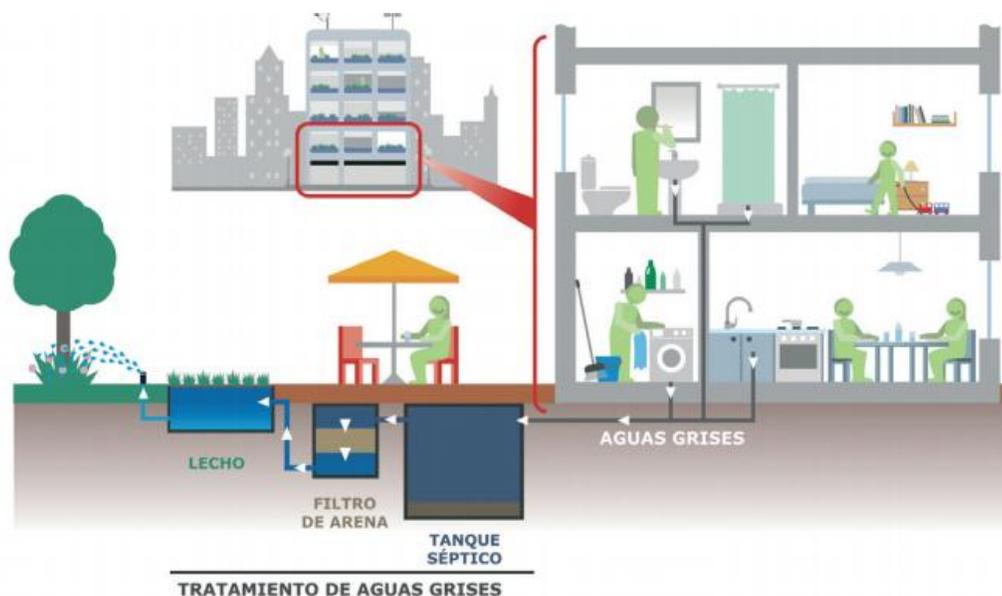


Figura 2.4: Reutilización de aguas grises.

Fuente: http://www.aidico.es/cms/site_0074/descargas/Agua.pdf

2.1.3.1. Sistemas de tratamiento de aguas grises.

Los sistemas de tratamiento pueden ser simples o complejos:

- Simples: estos sistemas desvían los elementos sólidos, gruesos y grasos. Se utilizan especialmente para riego.

¹³ Fuente: Guía para para la utilización de aguas grises de lavamanos en establecimientos educacionales.

- Complejos: estos sistemas tienen un mayor nivel de purificación, por medio de procesos biológicos, micro filtración, osmosis inversa, desinfección ultra violeta, entre otros. Se utilizan en riegos, descarga de inodoro y lavado de ropa.

En la propuesta del Sello de Eficiencia Hídrica (Truffello, 2009), se analizaron algunos sistemas de reutilización de aguas grises accesibles en Chile, para determinar la factibilidad de incorporarlos a la vivienda. Los sistemas de reutilización de aguas grises que se consideraron en la propuesta, se presentan a continuación.

a. Waterwise Greyweater gardener

Este sistema de tratamiento simple, recolecta las aguas de las duchas, lavamanos y lavadora; posee una capacidad de 230 litros por día y sirve para la irrigación de jardines de viviendas unifamiliares. La capacidad de ahorro de agua es de hasta 350.000 litros al año¹⁴. El agua gris es filtrada y conducida por gravedad a las zonas de riego. Tal como se muestra en la figura 2.5.

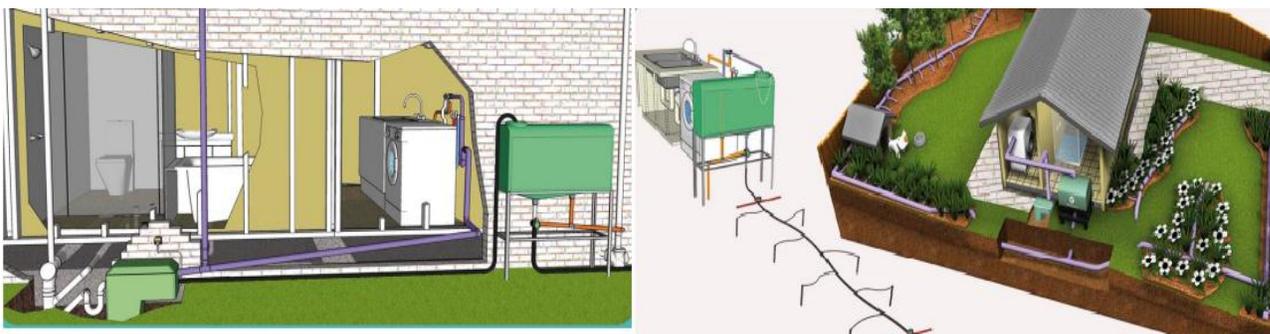


Figura 2.5: Sistema A. Reutilización de aguas grises.

Fuente: http://waterwisesystems.com/images/stories/pdf/Greywater_Gardener_230.pdf

b. Grey Water Gator

Es un sistema de tratamiento simple, posee una capacidad de 120 litros (Grey Water Gator 1) y de 240 litros (Grey Water Gator 2). El sistema filtra el agua proveniente de lavadoras (Grey Water Gator 1) y el agua proveniente de lavadoras y duchas (Grey Water Gator 2), en los dos casos el agua se emplea para el riego de jardines de

¹⁴ Fuente: <http://waterwisesystems.com/learn-more/faq/>

viviendas unifamiliares. El sistema se conecta a la lavadora, filtra el agua (filtros de pelusa) y bombea el agua limpia a mangueras que distribuyen el agua por el jardín.



Figura 2.6: Sistema B. Reutilización de aguas grises.
Fuente: <http://greywatergator.com/grey-water-gator-240-litre/>

c. Hans Grohe Pontos AquaCycle

Este sistema de tratamiento es complejo, ya que utiliza filtros, luz ultravioleta y limpieza biológica. Este sistema está disponible para viviendas unifamiliares, versión que tiene una capacidad de 600 litros diarios y para viviendas multifamiliares, versión que almacena 13.500 litros diarios, en los dos casos el sistema filtra y trata el agua de duchas y tinas, para ser reutilizada. En la imagen 2.7 se especifica el procedimiento que emplea este sistema de tratamiento de aguas.



- Filtro de lavado con control electrónico.
- Pre- cámara de reciclaje para una pre limpieza y cámara de reciclaje principal para la segunda etapa del proceso de limpieza bio-mecánica.
- Eliminación de sedimentos totalmente automático, absorbe sedimentos orgánicos para llevarlos fuera del proceso de la limpieza bio-mecánica y los transporta hacia el desagüe de aguas residuales.
- La copia de seguridad automática hace que el agua potable se dispare cuando la oferta está sobre la demanda
- El agua se esteriliza por la lámpara UV. Esto hace que sea inodoro y almacenable.
- La cámara de agua de proceso almacena el agua hasta que esté listo para la reutilización.
- La bomba de presión suministra el agua reciclada en la demanda y apoya el lavado de filtro automático.
- Unidad de control con función de auto-evaluación.

Figura 2.7: Sistema C. Reutilización de aguas grises.
Fuente: http://pro.hansgrohe-int.com/assets/global/pontos_catalog-2012.pdf

d. Sistema Reciclaje MINEDUC

Es un sistema de tratamiento simple diseñado por el MINEDUC para establecimientos educacionales. El sistema consiste en filtrar el agua proveniente de lavamanos a través de un filtro de membrana o arena y almacenarla en un estanque y utilizarla para el riego. La capacidad de almacenamiento es de 3.000 litros por día.



Figura 2.8: Sistema D. Reutilización de aguas grises.

Fuente: http://www.sinia.cl/1292/articles49934_GuiaLavamanosEducacionAmbienta.pdf

Con respecto a los costos de implementación de los sistemas de reutilización de aguas grises, en el informe “Sello de eficiencia Hídrica” se realizó una evaluación económica de sistemas de reutilización de aguas grises. En la tabla 2.4 se presenta la evaluación económica de los sistemas mencionados.

Tabla 2.4. Evaluación económica sistemas de reutilización de aguas grises.

Sistema de Tratamiento	Aplicación	Capacidad Diaria (lt)	Ahorro \$ de Agua Anual	Inversión Inicial	Mantenimiento Anual	Aguas Origen	Agua destino
Waterwise Greyweater	Viviendas unifamiliares	230	50.370	2.507.828	41.168	Lavadora de ropa, ducha y tina	Riego
Grey Water Gator 1	Viviendas unifamiliares	120	26.280	188.770	0	lavadora de ropa	Riego
Grey Water Gator 2	Viviendas unifamiliares	240	52.560	1.484.057	-	duchas y tinas	Riego
HansGrohe Pontos AquaCycle 1	Viviendas unifamiliares	600	131.400	2.486.296	140.680	duchas y tinas	WC, riego, lavadora ropa
HansGrohe Pontos AquaCycle 2	Viviendas multifamiliares	13.500	2.956.500	34.481.481	1.316.111	duchas y tinas	WC, riego, lavadora de ropa

Sistema Reciclaje MINEDUC	Establecimientos educativos	3.000	219.000	1.095.000	1.017.053	Lavamanos	Riego
----------------------------------	-----------------------------	-------	---------	-----------	-----------	-----------	-------

Fuente: Sello de Eficiencia Hídrica (Truffello, 2009).

De los seis sistemas de tratamiento considerados en la evaluación económica, el que más produce un ahorro económico y un menor consumo de agua al año, es el sistema Hans Grohe Pontos Cycle 2, lo que tiene una directa relación con la capacidad de almacenaje que contiene, 13.500 litros al día, valor mucho mayor que los otros sistemas que tienen una capacidad entre 120 y 3.000 litros al día. Aunque este tipo de sistema tiene un costo de inversión inicial mucho mayor que los demás sistemas y un costo de mantenimiento mucho más alto que los otros, excepto por el Sistema de Reciclaje MINEDUC, el que requiere un cambio casi en la totalidad de su estructura cada año. La implementación del sistema de tratamiento Hans Grohe Pontos Cycle 2, es conveniente para proyectos de escalas mayores, como edificios de viviendas multifamiliares, donde habitan más personas y se puede recolectar una cantidad mayor de aguas grises

Para la evaluación económica de los sistemas de tratamiento, Truffello utilizó el método de evaluación del Valor Anual Neto (VAN), un periodo de 20 años y una tasa de descuento del 8%. El estudio se realizó en las ciudades de Santiago, Antofagasta y Chañaral. Los resultados de la evaluación económica de cada sistema de tratamiento se presentan en la tabla 2.5, en ella se puede observar que tres de los cinco sistemas evaluados, dan como resultado un VAN positivo.

Tabla 2.5. Evaluación económica sistemas de reutilización de aguas grises

Sistema	Santiago	Antofagasta	Chañaral
Waterwise Greyweater Gardener	VAN 8%= -2.101.005	VAN 8%=-1.688.889	VAN 8%= -1.359.195
Grey Water Gator 1	VAN 8%= 83.233; TIR: 15%	VAN 8%= 298.251; TIR: 34%	VAN 8%= 470.265; TIR: 53%
HansGrohe Pontos AquaCycle1	VAN 8%= -226.2696	VAN 8%= -1.187.609	VAN 8%= -1.187.609
HansGrohe Pontos AquaCycle2	VAN 8%= -15.003.246	VAN 8%= 9.186.214; TIR: 12%	VAN 8%= 28.537.783; TIR: 22%
Sistema Reciclaje MINEDUC	VAN 8%= 5.508.807	VAN 8%= 10.884.243	VAN 8%= 15.184.591

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Sello de Eficiencia Hídrica (Truffello, 2009).

Una de las conclusiones del estudio es que, la implementación de un sistema de tratamiento es “factible económicamente en los lugares con menos precipitaciones, que coinciden con los lugares en que el costo del agua es más alto” (Truffello, 2009), como es el caso de las ciudades de Antofagasta y Chañaral, donde la escasez de agua coincide con el costo mayor de ésta. En general los sistemas más convenientes son los sistemas: Grey Water Gator 1, HansGrohe Pontos AquaCycle 2 y el Sistema de Reciclaje MINEDUC, en ellos se puede observar un VAN positivo, excepto en el sistema de tratamiento HansGrohe Pontos AquaCycle2 para el caso de Santiago. Los demás sistemas no son convenientes de implementar, ya que los resultados son negativos.

2.1.4. Utilización de Paisajismo Xerófito o Nativo

La utilización de paisajismo Xerófito o Vegetación nativa es una medida fundamental para disminuir el consumo de agua potable, ya que el riego de jardines representa un 52% en promedio¹⁵ del total del consumo de agua potable de una vivienda, porcentaje importante al considerar zonas donde el clima es seco y de bajas precipitaciones. Este tipo de paisajismo considera vegetación nativa, propia de cada zona; de modo que las plantas que se utilicen requieran un menor porcentaje de agua, ya que son tolerantes a la falta de ésta. Es importante considerar la plantación de vegetación nativa o autóctona, ya que generalmente tiene menor demanda de agua porque se ha adaptado a las condiciones climáticas naturales de la zona. Estas plantas con el tiempo han ido desarrollando mecanismos que retienen el agua recolectada durante los periodos de lluvia abundante para utilizarla como reserva durante las épocas de sequía (Generalitat Valenciana, 2009).

¹⁵ Porcentaje en base a datos del Manual para el hogar (SISS, 2011), si se considera el riego de un jardín de al menos 100 m².



Figura 2.9: Paisajismo Xerófito

Fuente: <http://metaarquitectura.wordpress.com/2012/08/27/verde-en-seco/> y <http://www.asemafor.cl/Esp/informe/incentivos-al-uso-eficiente-del-agua-en-sistemas-domesticos.html>

La planificación y el diseño del jardín son fundamentales en un paisajismo de este tipo. Se planifica la posición y la protección de las plantas, para que la exposición directa al sol o al viento no provoque daños ni la evaporación rápida del agua, por medio de elementos que protejan a la vegetación a aquellas que necesiten más sombra o la retención del agua por medio de elementos como mulch o plantas coberteras. El sol favorece la evaporación del agua provocando un aumento en la demanda hídrica de las plantas por lo que se debe estudiar la creación de sombras en el jardín mediante la instalación de plantas trepadoras o por medio de árboles de modo que actúen como protectores de la vegetación. El viento reseca mucho las plantas y se recomienda proteger el jardín mediante cortavientos como setos, arbustos, masas de árboles, entre otros (Generalitat Valenciana, 2009). También se considera la planificación para que la distribución de las plantas genere agrupaciones entre aquellas que tengan la misma demanda de agua, de modo que se utilice sólo la necesaria para cada tipo de planta, tal como se ve en la figura 2.10.



Figura 2.10: Planificación y protección de plantas en un paisajismo Xerófito.

Fuente: <http://www.arbolesornamentales.es/plantasparaxerogardineria.htm>

Como se puede ver en la figura 2.10 las plantas de la misma especie se agrupan para que tengan la misma tolerancia a la sombra y al sol, a ciertas horas del día, y se protegen con elementos tales como grava, arena, cortezas de pino y láminas de plástico, para que el agua que se evapora por efectos del sol, se retenga y se mantenga sobre las plantas. El uso de protecciones también genera efectos sobre el suelo como una disminución de la erosión, reducción de la compactación, conservación de la humedad, entre otros.

Por otra parte, en el paisajismo xerófito se consideran sistemas de riego eficientes, ya que ayudan a disminuir el consumo de agua hasta en un 40%. Entre los sistemas de riego eficiente se encuentran: el riego por goteo y el riego por aspersión. El riego por goteo es aquel que “distribuye el agua mediante una conducción con orificios calibrados y, en algunos casos, regulables que dejan caer gota a gota sobre el suelo” (Generalitat Valenciana, 2009) y el riego por aspersión es aquel que sale el agua en pequeñas gotas, ya sea por medio de aspersores fijos o giratorios¹⁶ (se utiliza principalmente para el riego del césped).



Figura 2.11: Sistemas de riego por goteo y por aspersión.

Fuente: http://plantas.facilísimo.com/foros/jardines-terrazas-y-paisajismo/como-instalar-un-riego-por-goteo-video_754335.html

2.1.5. Hábitos de Consumo de agua potable.

Un consumo elevado de agua potable por parte de los clientes detectó el estudio “Consumo de agua potable 2007-2008”, efectuado por la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), el cual abarcó los consumos de parte de los 4.000.000 de clientes de

¹⁶ Fuente: Guías de sostenibilidad en la edificación residencial (Generalitat Valenciana, 2009).

las 19 empresas sanitarias que abastecen al 96% de la población (Súper Intendencia de Servicios Sanitarios (SISS), 2008). El estudio indicó que, el consumo de agua en Chile por persona es de 170 l/día en promedio en verano, que corresponde a la cantidad de agua que necesita una persona para realizar las actividades diarias de higiene, limpieza, y riego, mientras que las cifras de las Naciones Unidas indican que lo requerido para la satisfacción de las necesidades básicas debe ser de 60 l/min. En la figura 2.12 se presenta el gráfico de consumo diario por habitante en Chile.

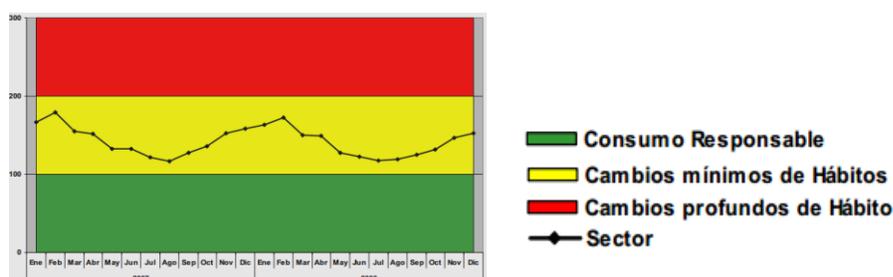


Figura 2.12: Consumo diario por habitante Sector Sanitario

Fuente: http://www.siss.gob.cl/577/articles-7663_recurso_5.pdf

Como se puede ver en el gráfico, a nivel nacional los habitantes requieren cambios mínimos de hábitos para hacer un uso responsable del agua; durante los dos años de estudios se observa que en los periodos de verano es cuando más se consume agua, tal como se observa, en los meses de febrero es cuando se produce el mayor consumo agua de unos 170 litros por día en promedio y se aleja bastante de la zona verde, mientras que en los periodos de invierno el consumo de agua es menor y se produce un consumo más cercano a un consumo responsable. Si bien, el resultado del estudio advierte que se requieren cambios mínimos de hábito, en algunas zonas del país el resultado se aleja bastante de esta realidad, ya que el consumo de agua diaria llega en promedio en más de 500 l/día en verano para el caso de Aguas Cordillera y más de 900 l/día para el caso de Aguas Manquehue, por lo que requieren cambios profundos de hábito. Esto se explica porque los clientes que habitan estas zonas (Las Condes, Lo Barnechea, Vitacura, Providencia y otras comunas) pertenecen a un sector ABC1, por tanto las áreas de riego son mayores, poseen jardines extensos, piscina, entre otros.

Hacer un uso responsable del agua, dependerá del conocimiento que tienen las personas sobre la importancia del tema, ya que esto influye en gran medida, sobre los hábitos de consumo. Las técnicas de eficiencia hídrica darán resultado siempre y cuando las personas aporten con un consumo de agua responsable, es decir, ocupando solamente el agua necesaria para la realización de actividades diarias. En la tabla siguiente se indican los litros consumidos, aproximadamente, según las actividades higiénicas y domésticas que se realizan en la vivienda.

Tabla 2.6. Litros aproximados por actividad.

Actividades	Litros Aproximados
Lavarse las manos	2- 18 litros
Lavarse los dientes	2- 12 litros
Llenar la tina del baño	200-300 litros
Ducharse	80- 120 litros
Poner una lavadora	60- 90 litros
Utilizar lavavajillas	18- 30 litros
Lavar los platos a mano	15- 30 litros
Vaciar el estanque (nuevos) del WC	6- 10 litros
Vaciar el estanque (antiguos) del WC	18-22 litros
En la cocina y para beber	10 litros/ día
Limpiar la casa	10 litros/día
Lavar el auto	400 litros
Regar 100m ² de césped del jardín	1000 litros

Fuente: Elaboración propia en base a Manual para el hogar (SISS, 2011).

En el baño es donde más se consume agua, la ducha, la tina y el inodoro, representan en su totalidad un mayor consumo, seguido por el riego de jardines y el uso de la lavadora. Las costumbres de higiene personal varían, debido a la frecuencia con que se realizan estas actividades y el tiempo que se toma cada persona en ellas, tal es el ejemplo de la ducha, donde se ocupan entre 80 y 120 litros, valor que fluctúa dependiendo de cuántas veces al día y de cuánto es el tiempo que se ocupa por ducha. Por cada minuto en la ducha, se gastan 20 litros¹⁷, por lo que una ducha de 10 minutos implicará el gasto de 200 litros al día y 400 litros si la persona se ducha 2 veces

¹⁷ Fuente: Formulación Sello Eficiencia hídrica. Informe final. (Observatorio Urbano de Ciudades UC, 2009)

al día. Si se utilizan baños de tina, los valores varían entre 200 y 300 litros, dependiendo de la capacidad de la tina, aunque en este caso, los valores no se pueden disminuir, porque el consumo es fijo, así que para un consumo responsable, no se recomienda su utilización.

En términos de limpieza, el uso de la lavadora ocupa entre 60 y 90 litros, lo que puede llegar hasta 285 litros mensuales, dependiendo de las veces que se ocupa y si se usa de forma eficiente, ya que se pueden ahorrar hasta 80 litros¹⁸ si se llena totalmente la lavadora por cada uso. La elección de la lavadora también marca un punto importante, aquellas de bajo consumo pueden disminuir 12.000 litros en promedio al año¹⁹.

Si las técnicas de eficiencia hídrica y la utilización de artefactos eficientes, se suman a los hábitos de consumo de agua potable responsable se obtendrán resultados positivos en cuanto a la eficiencia hídrica. Cabe destacar que la incorporación de eficiencia hídrica en proyectos, debe ir acompañado de campañas donde se informe y se concientice a las personas, de modo que, se enseñe cómo se ocupan los artefactos incorporados, la importancia de su uso, el mantenimiento que necesitan para su duración, los beneficios que trae consigo la eficiencia hídrica, hábitos de consumo, entre otros.

¹⁸ Fuente: Manual para el hogar (SISS).

¹⁹ Fuente: Manual para el hogar (SISS).

2.2. La Vivienda Social en Chile

La vivienda social en Chile nace para dar solución a los problemas habitacionales que incrementaron en gran medida en el siglo XIX. Éstos derivaron en la alta mortalidad de la época por efectos de enfermedades producto de la insalubridad de las viviendas. En Santiago “hacia 1909 la tasa de mortalidad en Chile alcanzaba las 32 personas por cada mil habitantes, y las defunciones de menores de cinco años, más aquellas causadas por la tuberculosis, la tifoidea y la viruela representaban el 69,6% de ese total (concretamente, 72.916 de 104.707)” (Hidalgo, 2002, pág. 92).

En el siglo XX se promulga la Ley de Habitaciones Obreras de 1906, donde se forma el Consejo Superior de Habitaciones Obreras. Bajo esta legislación se enfrentó por primera vez el problema de la vivienda, con la construcción de conventillos y cités bajo las normas de estándares higiénicos y habitacionales. Desde ahí parte la intervención del Estado en la política de vivienda, para un mejoramiento de las condiciones habitacionales de los más pobres. Que tiene como resultado una gran producción de viviendas y con ello la disminución del déficit habitacional.

La vivienda económica es definida por el Título I del D.F.L. N° 2, de 1959 y el artículo 162 de la Ley General de Urbanismo y Construcciones. “Para todos los efectos legales, se entenderá por vivienda social la “vivienda económica” de carácter definitivo, destinada a resolver los problemas de la marginalidad habitacional, financiada con recursos públicos o privados, cuyo valor de tasación no sea superior a 400 UF y cuyas características técnicas y de urbanización se ajusten a las normas generales” (Rodríguez & Sugranyez, 2005).

2.2.1. Tipologías de vivienda social en Chile

En el programa habitacional dirigido a las familias con menores recursos, Vivienda Básica Modalidad SERVIU, se establece que la vivienda básica corresponde a una vivienda nueva sin terminaciones, compuesta de baño, cocina, estar-comedor y dos dormitorios (tres en el caso de tipología en block). La tipología de vivienda social puede ser de fachada continua, separada o aislada de uno o dos pisos con un patio por familia

y tipo block en modalidad de edificio de departamentos y de media altura (3 a 4 pisos de altura), regulados por la Ley de Propiedad Horizontal o Ley de Copropiedad Inmobiliaria, N° 19.537, es decir, cada una de las familias es una copropietaria y sólo dueña de su departamento, mientras que las escaleras, fachadas, patios y accesos son de propiedad colectiva. La superficie edificada fluctúa entre 38 y 42 m², cualquiera sea su tipología y se emplaza en un terreno de 140 m². (Tapia, 2009). En la figura 2.13 se presentan los distintos tipos de viviendas sociales (aislada, pareada, continua y block).

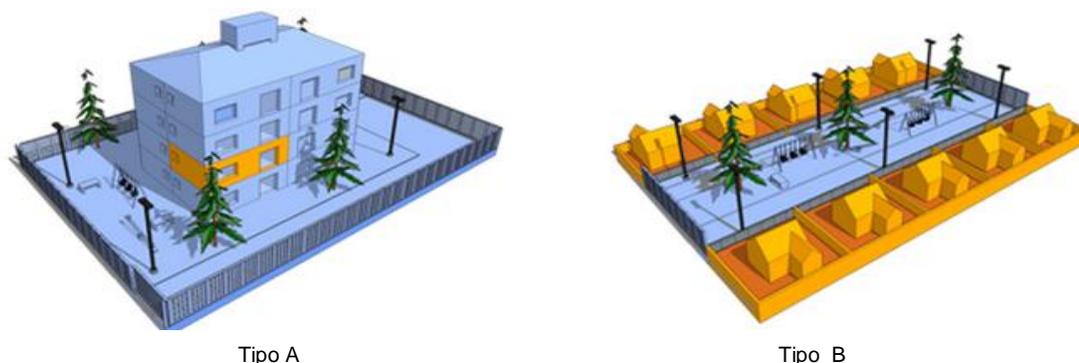


Figura 2.13: Tipologías de vivienda social

Fuente: Elaboración propia en base a fotos encontradas en proyectos tipo evaluados FSV (MINVU) www.observatoriohabitacional.cl, www.publimetro.cl y www.minvu.cl

Generalmente, las viviendas sociales se encuentran insertas en copropiedades, en forma de conjuntos habitacionales, el que se “entrega urbanizado y equipado con juegos infantiles, sede social y áreas verdes” (Tapia, 2009) . Este tipo de conjuntos habitacionales se denominan condominios sociales, los que corresponden a “aquellos conjuntos que están constituidos mayoritariamente por viviendas sociales, en función del valor del terreno y de la construcción de la vivienda al momento de solicitar el permiso de edificación”²⁰. Los condominios sociales pueden ser de dos tipos: A y B, tal como se muestra en la figura 2.14.

²⁰ Fuente: http://www.minvu.cl/opensite_20070308155730.aspx



Tipo A

Tipo B

Figura 2.14: Tipos de Condominios Sociales

Fuente: http://www.minvu.cl/opensite_20070308155730.aspx

Los condominios tipo A contienen en su interior viviendas multifamiliares, donde el único bien exclusivo de cada familia es el departamento, todo lo demás corresponde a bienes comunes (techumbre, escaleras, muros exteriores, etc.). Los condominios tipo B, están compuestos por viviendas unifamiliares y espacios comunes; los bienes de uso exclusivo son la casa y el patio, y los bienes comunes son los juegos, los muros perimetrales, la plaza, etc.

En Santiago, los condominios sociales están compuestos en promedio por 377 viviendas²¹. Actualmente la preferencia por construir menos conjuntos habitacionales que abarquen una mayor cantidad de viviendas, es primordial, así como indica el autor Manuel Tironi, “en comunas como el Volcán, Cordillera y Los Andes existen condominios con más de 2.000 viviendas”. El aumento de viviendas por conjunto es el resultado del crecimiento de ciudades que, requieren con rapidez la construcción de nuevas viviendas sociales, situación que conlleva a que cada vez sea más frecuente la construcción de viviendas sociales en altura (multifamiliares).

El desplazamiento de tipologías de viviendas pareadas o continuas por viviendas tipo block, se debe principalmente a dos razones: la escasez de suelo y el encarecimiento del suelo. La idea de construir edificios en altura es la obtención de un mayor número de viviendas en un terreno más reducido, de modo que, se disminuya el déficit

²¹ Cifra calculada entre los años 1980 y 2000. Fuente: Nueva Pobreza Urbana: Vivienda Y Capital Social En Santiago de Chile, 1985-2001 (Tironi, 2003)

habitacional sin necesidad de expandir la ciudad y con ello no se requieran mayores costos de urbanización.

Para determinar la diferencia en número de viviendas y habitantes, entre un conjunto habitacional con viviendas unifamiliares y viviendas multifamiliares, se realiza un cuadro comparativo de número de viviendas por tipología de vivienda emplazadas en un mismo conjunto habitacional de 10.000 m² (área neta). Tal como se observa en la tabla 2.7.

Tabla 2.7. Número de viviendas por tipología de vivienda.

	Conjunto habitacional con Vivienda Unifamiliar (1 piso)	Conjunto habitacional con Vivienda multifamiliar (3 pisos)
N° de viviendas	72	110
N° de habitantes	288	440

Fuente: elaboración propia.

La estimación del número de viviendas para el caso de un “conjunto habitacional con viviendas multifamiliares” es un promedio del número de viviendas de proyectos de este tipo, llevados a un plano de 10.000 m² y para el caso del “conjunto habitacional con viviendas unifamiliares” se considera para la misma área neta, divisiones de lotes de 140 m² para la construcción de una vivienda por lote. El resultado entrega una diferencia de 38 viviendas más, para el conjunto habitacional con viviendas de 3 pisos que, en número de habitantes equivale a 152 habitantes²² más.

²² Se considera 4 habitantes por vivienda, en ambos casos.

3. EFICIENCIA HÍDRICA EN LA VIVIENDA SOCIAL DE COPIAPÓ.

3.1. Eficiencia Hídrica en las Viviendas Sociales de Copiapó: Una consecuencia de la escasez de agua en la ciudad.

La escasez de agua es una problemática que afecta al desarrollo económico de la ciudad de Copiapó. El crecimiento económico implica que en la ciudad se realicen proyectos que generan nuevas fuentes de trabajo y el requerimiento de mano de obra tanto especializada como no calificada; de tal manera comienza la inmigración y se produce un acelerado crecimiento poblacional. Paralelamente comienza la construcción de nuevas viviendas y espacios públicos y privados, diseñados con áreas verdes, destinados a la recreación de los habitantes. En una ciudad que se consume más agua de lo que recarga el acuífero naturalmente, es un problema evidente.

Copiapó está compuesta por un área urbana de 4.200 hectáreas (Plan Regulador Comunal, 2002), zona en la que habitan más de 150.000 personas²³ y se estima que para el año 2020 la población crezca en un 19%. Si la población mantiene la misma tendencia de Nivel Socioeconómico (N.S.E.), más de 15.000 habitantes provendrían de los estratos socioeconómicos D y E, por lo tanto se necesitan nuevos proyectos de viviendas sociales. Es por esto que la demanda de agua potable se acentúa y se produce un aumento en la escasez de agua que, a su vez, conlleva a efectos tales como: un estancamiento del Crecimiento Urbano, encarecimiento de los costos del agua, mala calidad del agua y desarrollo de enfermedades.

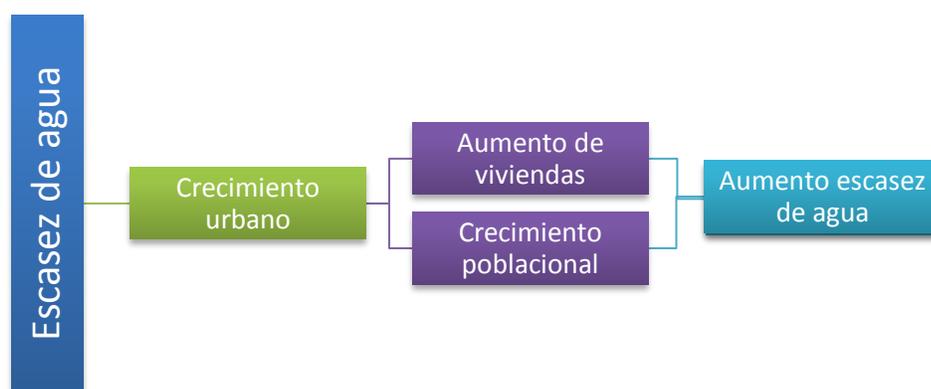


Figura 3.1: Consecuencia del Crecimiento Urbano en la ciudad de Copiapó
Fuente: Elaboración propia

²³ Fuente: Resultados preliminares del CENSO 2012.

En Copiapó existe un déficit de agua de 2 [m³/s] en la recarga del acuífero y si no se toman medidas al respecto, el déficit aumentará para el año 2020 a 3 [m³/s] y no alcanzará para sustentar a la población. Un efecto de esto es el aumento en los precios por metro cúbico de agua, que ha mantenido una línea de tendencia en aumento, a medida que pasan los años el precio del agua es más alto, alcanzando un precio que proyectado para el año 2020 sea de \$980, aproximadamente. En este contexto se plantea la necesidad de la elaboración de proyectos de viviendas sociales que contengan eficiencia hídrica para contribuir a la disminución de la escasez de agua y con ello la disminución del impacto producido por el alza de precios.

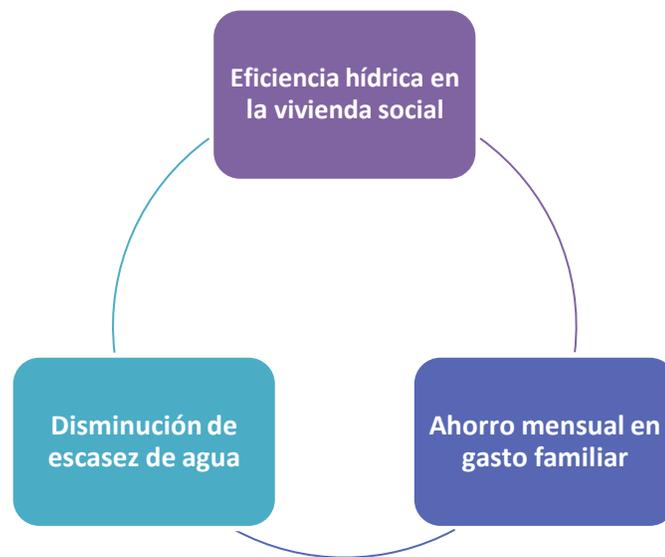


Figura 3.2: Efectos de una Vivienda Social con E.H.

Fuente: Elaboración propia

Tal como se muestra en la figura 3.2, existe una relación directa entre la vivienda social con eficiencia hídrica, el gasto familiar y la disminución en la escasez de agua. Si se incorporan elementos de eficiencia hídrica a la vivienda social, se producirá una disminución en la escasez de agua, por la disminución de su consumo y de la misma forma se producirá un ahorro mensual en el gasto de agua por familia. Es importante considerar que este último efecto traerá un beneficio mayor para familias de escasos recursos.

3.2. Incorporación de Elementos de Eficiencia Hídrica a Proyecto de Vivienda Social Tipo.

Para efectos del presente estudio es conveniente incorporar elementos de eficiencia hídrica a un proyecto de vivienda social tipo que fue construido en la ciudad. Al analizar el condominio social, se podrán determinar las características del proyecto, identificar las áreas de consumo y el número de habitantes por proyecto. Con estos datos se analizará el consumo de agua y el gasto que se observa por familia. A partir del análisis se determina la propuesta de eficiencia hídrica y una evaluación del beneficio directo que se genera en base al porcentaje de ahorro en el consumo de agua potable y el ahorro económico.

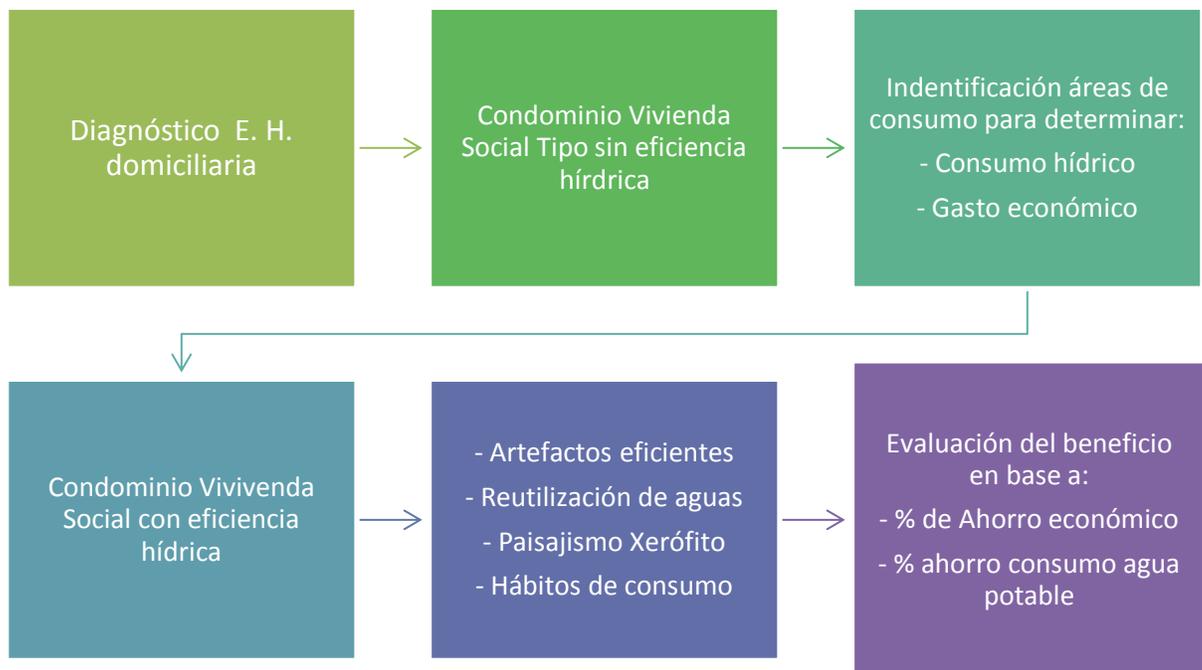


Figura 3.3: Línea base para metodología

Fuente: Elaboración propia.

3.2.1. Tipología de vivienda social.

Como se muestra en la imagen 3.3, se comienza con el análisis de un conjunto de viviendas sociales sin eficiencia hídrica, para esto se escoge la tipología de vivienda social que se utilizará para el análisis. En este caso se opta por analizar un condominio social en altura, por dos razones principales: la envergadura del proyecto y la tendencia de construcción en altura que se ha desarrollado en los últimos proyectos de vivienda

social, debido a la escasez de suelo y al encarecimiento de los terrenos disponibles en Copiapó.

Además, a partir de un ejercicio de comparación entre viviendas unifamiliares y multifamiliares, se determina que un conjunto habitacional multifamiliar posee más puntos de consumo para analizar, ya que en un mismo espacio se tienen más viviendas. En la tabla 3.1 se puede observar una comparación entre estas tipologías de viviendas.

Tabla 3.1. Número de artefactos por tipo de vivienda

	N° de Artefactos ²⁴	Vivienda unifamiliar	Vivienda multifamiliar
Baño	3	240	375
Cocina	1	160	150
Total	4	400	525

Fuente: elaboración propia

Como se puede ver en la tabla 3.1, las viviendas multifamiliares superan a las viviendas unifamiliares en 125 artefactos por conjunto habitacional y se comprueba que es más conveniente realizar un análisis de viviendas multifamiliares.

3.2.2. Elementos de eficiencia hídrica

Luego de escoger la tipología de vivienda social, se realiza un diagnóstico del edificio, donde se determina el consumo de agua y el gasto económico por familia. Seguido de esto, se realiza una propuesta de los elementos de eficiencia hídrica que se analizarán, bajo los siguientes criterios.

3.2.2.1. Artefactos eficientes

Los artefactos que se consideran se encuentran dentro del rango de eficiencia hídrica propuesto por el estudio de “Formulación Sello de Eficiencia Hídrica”, realizado por el Observatorio Urbano de Ciudades. Se buscan las opciones que el mercado Chileno ofrece y se escoge en base a los criterios de precio, calidad y porcentaje de ahorro.

²⁴ En el baño se considera el lavamanos, el inodoro y la ducha; en la cocina se considera el lavaplatos.

3.2.2.1. Reutilización de aguas grises

El sistema de reutilización de aguas grises que se analizará para incorporarlo en el proyecto es el sistema Hans Grohe Pontos Aqua Cycle 2, para viviendas multifamiliares. Este sistema se analiza ya que tras la investigación de Truffello, se concluyó que es “factible económicamente en los lugares con menos precipitaciones, que coinciden con los lugares en que el costo del agua es más alto” (Truffello, 2009), condiciones que se presentan en la ciudad de Copiapó.

3.2.2.1. Paisajismo Xerófito

En sectores donde haya áreas verdes, se analizará la incorporación de un paisajismo xerófito, para que la vegetación pueda soportar el clima desértico de la región. En la región de Atacama las precipitaciones son bajas y no superan los 16 [mm] en invierno (Junio, Julio y Agosto) y entre Agosto y Mayo las precipitaciones medias mensuales no sobrepasan los 3 [mm] y la temperatura varía entre 5 [°C] y 20 [°C] en invierno y entre 12[°C] y 27 [°C] en verano (DGA,2004). Tal como se observa en la figura 3.4.

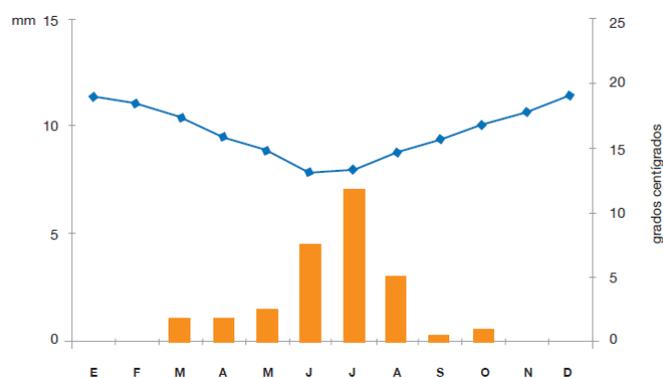


Figura 3.4: Diagrama Climático, sector Chamonate. Copiapó

Fuente: PNUMA, 2009.

En el diagrama climático, (figura 3.4), se presentan los valores de precipitación y temperaturas medias mensuales en el sector de Chamonate en Copiapó. En este sector las precipitaciones no superan los 15 [mm] en Julio, periodo en el cual más cae agua. Es por esto que la vegetación que se utilice será aquella que menos necesite agua, siempre y cuando cumpla con la función de ornamentación de espacios comunes. A continuación se presenta vegetación presente en la zona (figura 3.5).



Figura 3.1: Vegetación nativa III Región.

Fuente:

<http://www.chileflora.com/Florachilena/FloraEnglish/HighResPages/EH0484.htm>

Puskaye: Es un tipo de Cactus, de carácter ornamental, se da en la I, II y III Región en zonas áridas. Se caracteriza por necesitar sólo de lluvias ocasionales, pudiendo resistir periodos sin agua entre 9 a 12 meses. Las precipitaciones anuales no superan 50 mm.



Figura 3.6: Vegetación Nativa de la III Región

Fuente: http://www.chileflora.com/Florachilena/FloraSpanish/PIC_NATIVE_1.php

En la figura 3.6, se muestra *Lupinus microcarpus* y *Tagetes Multiflora*, ambas pueden soportar áreas extremadamente áridas. La temporada seca dura entre 8 y 12 meses y es posible que en algunos años no haya precipitaciones. Soportan precipitaciones menores a 100 mm/ año. La utilización de estas plantas será en efecto la ornamentación de los espacios destinados a áreas verdes. Por otra parte, para el recubrimiento del suelo, se utilizarán áridos, tal como se ve en el ejemplo de la figura 3.7.



Figura 3.7: Recubrimiento de suelos de jardín con áridos.

Fuente: <http://www.aridoscaribbean.cl/>

Los áridos se utilizan para mantener la humedad y mejorar las condiciones del suelo. El árido ayuda a reducir la pérdida de agua del suelo y minimiza el crecimiento de hierbas.

3.2.2.1. Hábitos de consumo

Tras el estudio de la Súper Intendencia de Servicios Sanitarios se concluyó que los habitantes de la tercera región necesitan cambios mínimos en los hábitos de consumo de agua. Bajo este punto de vista, se analizará la incorporación de talleres para los residentes, donde se les enseñe la importancia del consumo responsable de agua potable y cómo se puede llevar a cabo una eficiencia hídrica. Como modo de ejemplo, se encuentra el caso del condominio social Renacer ubicado en Copiapó, donde se postuló al Fondo de Protección Ambiental (FPA) para el financiamiento del proyecto “Renacer, construyendo nuestro barrio sustentable”, el que consistió en la realización de distintos talleres y charlas que se efectuaron cada 15 días en un transcurso de 9 meses, donde se abordaron 3 temas principales: El manejo y disposición de los residuos (reducir, reutilizar y reciclar), la Tenencia responsable de animales y el Uso racional de la energía eléctrica y agua potable.

Tabla 3.2. Extracto de la postulación al Concurso Gestión Ambiental Local 2012.

Objetivo	Tipo Actividad	Actividad	Fecha de inicio estimada	Fecha de término estimada
Fomentar el uso racional de la energía eléctrica y del agua potable en las 125 familias del comité de vivienda Renacer.	Capacitación	Talleres de uso eficiente y racional de energía eléctrica y agua potable.	28-mar-12	23-may-12

Fuente: ((FPA), 2012), extraído de <http://www.fpa.mma.gob.cl/documentos/documento.php?idDocumento=1391144>

En conjunto con esto, se utilizará como material de apoyo, el manual para el hogar del consumo responsable que la Súper Intendencia de Servicios Sanitarios.



Figura 3.8: Portada del manual para el hogar.

Fuente: <http://www.siss.gob.cl/577/w3-article-8644.html>

En el documento se pueden encontrar más de 200 consejos para la optimización de consumo de agua potable, el que se puede encontrar de forma gratuita en la página <http://www.siss.gob.cl>. Entre los consejos se enseña:

- Sobre la importancia de la mantención de artefactos para que no se presenten fugas.
- Sobre dispositivos ahorradores,
- Artefactos eficientes,
- Consejos prácticos de actividades como la ducha, el lavado de ropa, aseo, entre otros,
- Sobre el jardín, prácticas de diseño, riego, entre otros.

4. DIAGNÓSTICO DEL CONDOMINIO SOCIAL Y PROPUESTA

4.1. Presentación del Condominio.

4.1.1. Ubicación y descripción del condominio.

El condominio social Pedro León Gallo Sur I, se encuentra en la calle Luis Flores entre la Avenida el Palomar y la Avenida Costanera Sur, en la ciudad de Copiapó. Se ubica en el sector de “El Palomar”, al borde sur del río. El barrio se destaca por ser una de las áreas más pobladas de la comuna, ya que posee una alta concentración de programas de vivienda social que incluyen inversiones en infraestructura, servicios y áreas verdes²⁵.



Figura 4.1: Ubicación del Condominio Social Pedro León Gallo Sur I

Fuente: Google Earth, 2013.

El Condominio se encuentra dentro de una superficie de 4.600 m² y está compuesto por cuatro edificios de cinco pisos y cada piso abarca cuatro departamentos, por lo que el condominio suma ochenta viviendas en total. El conjunto habitacional contiene antejardines, ubicados en el exterior de los departamentos del primer piso, una sala multiuso en el centro del condominio y cuenta con sesenta y seis estacionamientos, considerados uno cada dos viviendas. Las superficies de cada uno de estos, se detallan en la tabla 4.1.

²⁵ Crecimiento Urbano de Copiapó, 2011.

Tabla 4.1: Cuadro de Superficies del Condominio Pedro León Gallo Sur I-

Recinto	Superficie
Habitacional	4.536,34 m ²
Sala multiuso	41,6 m ²
Áreas verdes	612,15 m ²
Estacionamientos	1.548,58 m ²

Fuente: Elaboración propia a partir de datos entregados por el SERVIU

La superficie habitacional corresponde a la suma de 80 departamentos de 55 m² más las superficies entre los departamentos (pasillos y escaleras). El costo por departamento es de UF 457.

4.2. Consumo de agua.

4.2.1. Al Interior de la vivienda.

En el interior de la vivienda se encuentran tres áreas de consumo, el baño, la cocina y la loggia, en las cuales se instalan los artefactos sanitarios. En la figura 4.2 se muestra la distribución de estos recintos.

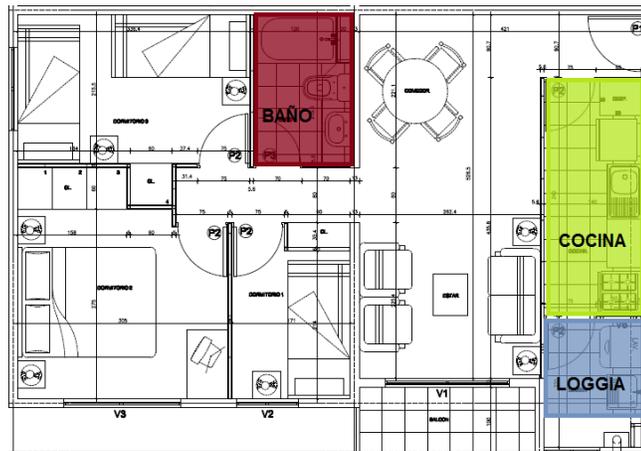


Figura 4.2: Planta de arquitectura, vivienda Pedro León Gallo Sur I.

Fuente: SERVIU Atacama.

Los artefactos que se consideran en esta vivienda son de carácter económico y sin eficiencia hídrica, por lo que su consumo de agua es mayor²⁶. La cantidad y el consumo de cada artefacto sanitario se detallan en la tabla 4.2.

Tabla 4.2. Artefactos Sanitarios por condominio social.

Artefacto	Cantidad	Consumo
Baño		
W.C.	80	7 (l/des.)
Llave Lavamanos	80	12 (l/min.)
Cabezal Ducha	80	22 (l/min.)
Cocina		
Llave Lavaplatos	80	12 (l/min.)
Logia		
Lavadero	80	12 (l/min.)
Lavadora ²⁷	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Por la implementación de estos artefactos sin eficiencia hídrica, el consumo de agua mensual por vivienda es de **18,62 m3 en promedio²⁸**, lo que corresponde a un gasto mensual de **\$10.820 y un gasto anual de \$129.840**. Al año, en el condominio se consumen **17.875 m3 de agua potable**.

4.2.2. Al Exterior de la vivienda.

Al exterior de las viviendas se encuentran las áreas verdes que representan el espacio público del condominio, la zona de esparcimiento y recreación de los residentes. En ella se encuentra el equipamiento de juegos infantiles y bancas; el pavimento está compuesto por maicillo y césped.

²⁶ La comparación entre artefactos estándar y eficientes se detallan en el capítulo 2, tabla 2.2.

²⁷ La infraestructura considera un arranque para lavadora, pero no es posible determinar cuántas lavadoras hat en el condominio, ya que es un valor relativo.

²⁸ Este valor se calcula a partir del consumo mensual de agua potable por departamento de segmento D, que corresponde a 746 lts. por vivienda. Este valor se encuentra en el informe final Formulación Sello de Eficiencia Hídrica, Enero 2009.

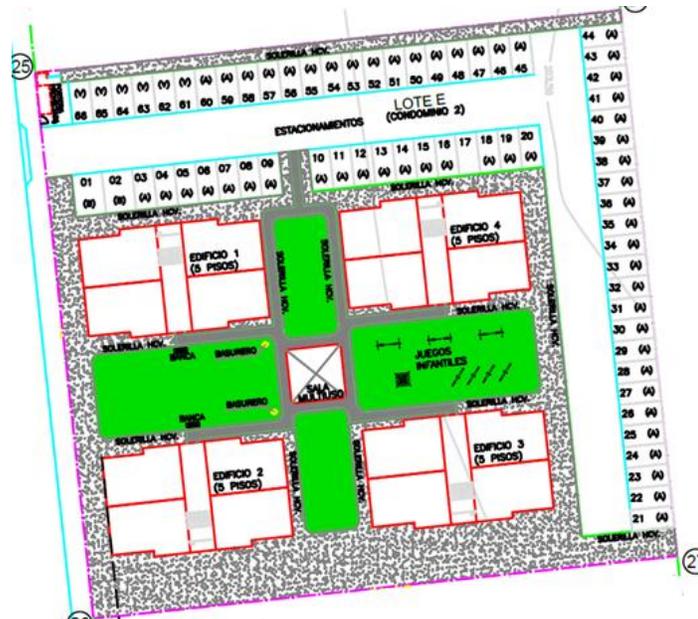


Figura 4.3: Áreas verdes del Condominio.
Fuente: SERVIU Atacama

Las zonas que presentan césped conforman un **área de 612,5 [m²]**, lo que corresponde a un consumo de 6,125 [m³] de agua por riego²⁹ y si se consideran 3 riegos por semana, **al mes se consumen 24,5 [m³]**, lo que significa un gasto mensual de **\$14.259** y un **gasto anual de \$171.108**. Al año, en el condominio se consumen **294 [m³] de agua potable** en el exterior.

²⁹ Ver tabla 2.6, capítulo 2.

4.3. Propuestas de eficiencia hídrica

4.3.1. Incorporación de artefactos eficientes

Según el estudio “Formulación Sello de Eficiencia hídrica”, los siguientes artefactos cumplen con el criterio de eficiencia hídrica y en comparación con artefactos estándar sí producen un ahorro. El porcentaje de ahorro se muestra a continuación.

Tabla 4.3. Artefactos y accesorios eficientes.

Artefacto	Estándar	Eficientes	% Ahorro
Baño			
Llaves lavamanos	12 lt/min	7,5 - 9 lts/min	27%
W.C.	8 lt/descarga	3 - 6 lts/descarga	36%
Ducha	20 lt/min	7,5 - 9 lts/min	56%
Cocina			
Llaves Lavaplatos	12 lt/min	7,5 - 9 lts/min	27%

Fuente: Elaboración propia en base a datos del informe final de Propuesta Sello de Eficiencia Hídrica.

Como se puede observar en la tabla 4.3 se consideran 3 artefactos en el baño y 1 en la cocina, de los cuales el que más produce un ahorro, en comparación con un artefacto estándar, es la ducha. Todos los demás artefactos producen un porcentaje menor de ahorro, pero significativo, los que sumados producen un mayor impacto. En este caso se parte desde una base en que los artefactos se analizan para una vivienda social, por lo que su costo debe ser acorde al presupuesto de estos proyectos, sin descontar que el ahorro sea significativo.

4.3.2. Reutilización de aguas grises y paisajismo Xerófito

En este caso, como el condominio social no cuenta con una gran zona de riego y además la vegetación que presenta es sólo de césped, en una parte de las áreas verdes, estos dos factores se analizan en conjunto. De modo que, la presencia de reutilización de aguas grises no sólo produzca un ahorro para el riego presente, sino que también la posibilidad de agregar elementos de vegetación como modo de ornamentación del barrio, bajo la definición de áreas verdes que entrega La Comisión

Nacional de Medio Ambiente: “área verde como los espacios urbanos, o de periferia a éstos, predominantemente ocupados con árboles, arbustos o plantas, que pueden tener diferentes usos, ya sea cumplir funciones de esparcimiento, recreación, ecológicas, ornamentación, protección, recuperación y rehabilitación del entorno, o similares (MINVU, CONAMA, 1998).

En la tabla 4.4 se presenta un resumen de los costos de inversión y mantenimiento del sistema de reutilización de aguas grises escogido.

Tabla 4.4. Sistema de Tratamiento de Reutilización de Aguas Grises.

Sistema de Tratamiento	Aplicación	Capacidad Diaria (lt)	Ahorro \$ de Agua Anual	Inversión Inicial	Mantenimiento Anual	Aguas Origen	Agua destino
HansGrohe Pontos AquaCycle 2	Vivienda multifamiliar	13.500	2.956.500	34.481.481	1.316.111	duchas y tinas	WC, riego, lavadora ropa

Fuente: (Truffello, 2009)

4.3.3. Hábitos de Consumo.

Como se explicó en capítulos anteriores, toda implementación de eficiencia hídrica, debe ser acompañada de información y educación a las personas, para que se obtengan buenos resultados. Para esto, se incorporarán clases de uso eficiente del agua potable, medida que tiene un costo total de \$660.000. El desglose del presupuesto se encuentra detallado en la siguiente tabla.

Tabla 4.5. Desglose de presupuesto para taller de eficiencia hídrica

Actividad	Computación y audiovisual	Equipos y herramientas	Pasajes	Materiales de oficina	Actividades difusión y señalética	Telecomunicaciones	Total
Talleres de uso eficiente y racional agua potable.	115.000	300.000	64.000	60.000	103.600	18.000	660.600

Fuente: Elaboración propia a partir de datos entregados en <http://www.fpa.mma.gob.cl/documentos/documento.php?idDocumento=1391144>

4.4. Evaluación Costo-Beneficio

La evaluación Costo- Beneficio se realizará para cada medida de eficiencia hídrica al interior de la vivienda, al exterior de la vivienda y para los habitantes.

4.4.1. Interior de la vivienda.

Como forma de medición se realizará una tabla comparativa sobre los costos de implementación de artefactos eficientes y de los beneficios que resultan.

Tabla 4.6. Costos y beneficios de la implementación de Artefactos Eficientes.

Costo	El costo de la inversión corresponde a la diferencia de precios entre artefactos ineficientes (ocupados en la vivienda) y eficientes (propuesta), la que corresponde a \$57.146 por vivienda. En el caso del condominio entero, se tiene una inversión de \$ 4.571.680.
Beneficio	El ahorro de agua potable anual por condominio es de: 5.270 m ³
	El ahorro económico mensual por familia es de \$3.667 y un ahorro anual de: \$44.006, el que va aumentando a medida que el precio del agua por m ³ se incrementa.

Fuente: Elaboración propia.

El costo de la inversión se calcula a partir de la diferencia de precio existente entre un artefacto estándar y un artefacto eficiente, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.7. Diferencia de precio entre artefactos eficientes y estándar

Artefacto	Estándar \$	Eficiente \$ ³⁰	Diferencia de precio \$
Llaves Lavaplatos	10.990	23.280	12.290
Llaves lavamanos	9.000	21.460	12.460
Ducha	24.000	33.406	9.406
Inodoros	27.000	49.990	22.990
Total Inversión			57.146

Fuente: Elaboración propia.

El beneficio que se obtiene por un ahorro económico, se calcula a partir de la relación entre el costo mensual del agua y el % de distribución de consumo que hay en el interior de la vivienda, en este caso el W.C., la ducha y las llaves (lavaplatos, lavadero y lavamanos) representan artefactos. De cada uno de estos porcentajes se distribuye la incidencia que existe entre el costo mensual y su consumo. Luego se calcula cuánto

³⁰ Estos valores se pueden encontrar en la página: <http://www.nibsa.cl/detalle-productos.php?p=1731&id=558&c=559&s=736>

disminuye por el % de ahorro económico de un artefacto eficiente y con esto se obtiene que para el primer año se produzca un ahorro de \$ 44.006.

Tabla 4.8. Ahorro anual de gasto económico por familia.

	% Consumo ³¹	Costo mensual	Costo por consumo	% Ahorro	Ahorro mensual	Ahorro anual
W.C	30%	\$ 10.837	\$ 3.251	36%	\$ 1.170,38	\$ 14.044,54
Lavadora	22%	\$ 10.837	\$ 2.384	0%	\$ -	\$ -
Ducha	18%	\$ 10.837	\$ 1.951	56%	\$ 1.092,35	\$ 13.108,24
Llaves	16%	\$ 10.837	\$ 1.734	81%	\$ 1.404,54	\$ 16.854,48
Fugas	14%	\$ 10.837	\$ 1.517	0%	\$ -	\$ -
Total ahorro anual						\$ 44.006

Fuente: Elaboración propia.

El ahorro económico anual va en aumento a medida que pasan los años, ya que el costo del agua tiene un incremento por año, que proyectado al año 2020, se obtiene un valor por m3 de agua potable de \$956, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.9. Proyección del precio por m3 de agua en Copiapó.

Año	\$ por m3
2013	582
2014	536
2015	588
2016	648
2017	714
2018	788
2019	868
2020	956

Fuente: Elaboración propia.

El beneficio monetario que se obtiene al año 2020 es de \$ 44.006, considerando que el costo del agua es de \$956.

Como indicador para determinar el beneficio del proyecto, se utilizarán los valores del VAN. Para esto se utiliza un periodo de 8 años, proyectado al año 2020 y se utiliza una tasa de descuento social³² del 6%, que corresponde a la tasa fijada en Chile para

³¹ Ver capítulo 2, figura 2.2.

³² Fuente: MIDEPLAN, 2012.

proyectos sociales. A continuación se presenta el resumen del flujo neto y los resultados.

Tabla 4.10. Evaluación Costo-Beneficio

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Costo	57146								
Beneficio		44006	40494	44464	48966	53988	59561	65655	72280
Flujo Neto	-57146	44006	40494	44464	48966	53988	59561	65655	72280
VAN									\$ 252.709

Fuente: elaboración propia

Como se puede ver en la tabla 4.10, el valor del VAN, da como resultado un valor positivo, lo que significa que es factible de realizar el proyecto.

4.4.2. Exterior de la vivienda.

Para este caso se analiza la incorporación del sistema de reutilización de aguas grises para el riego del jardín, el llenado del estanque de inodoros y para la lavadora. Al igual que en el caso anterior, se realiza un cuadro comparativo entre los beneficios y los costos del proyecto.

Tabla 4.11. Costos y Beneficios de la reutilización de aguas grises

Costo	El costo de la inversión es de: \$ 34.481.81, que corresponde al costo del sistema.
	El costo de mantenimiento anual corresponde a \$1.316.111.
Beneficio	El ahorro de agua potable anual por condominio es de: 484 m3
	El ahorro económico anual por riego del condominio es de \$171.108
	El ahorro económico anual por descarga de inodoro del condominio es de \$ 3.120.960 y por vivienda es de \$39.012 anuales.
	El ahorro económico anual por utilización de lavadora del condominio es de \$ 2.289.600 y por vivienda \$28.620

Fuente: Elaboración propia.

Al igual que en el caso anterior, el ahorro va aumentando por año, debido al incremento del precio del m3 de agua potable³³. Con estos datos se puede realizar una evaluación

³³ Ver tabla 4.7.

y determinar el valor del VAN, en un horizonte de 8 años y una tasa de descuento anual del 6%.

Tabla 4.12. Evaluación costo-beneficio. Sistema de Reutilización de aguas grises.

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Costo									
Inversión	34.481.481								
Mantenimiento		1.316.111	1.316.111	1.316.111	1.316.111	1.316.111	1.316.111	1.316.111	1.316.111
Beneficios									
Ahorro riego		171.108	157.452	172.890	190.392	209.959	231.590	255.285	281.045
Ahorro lavadora		2.289.600	2.108.160	2.312.640	2.547.840	2.808.000	3.413.760	4.655.040	3.759.360
Ahorro W.C.		3.120.960	2.874.240	3.153.600	3.475.200	3.828.480	4.225.920	4.655.040	5.126.400
Flujo Neto	-34.481.481	4.265.557	3.823.741	4.323.019	4.897.321	5.530.328	6.555.159	8.249.254	7.850.694
VAN									-\$ 358.368

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede ver en la tabla 4.12, el valor del VAN arroja un resultado negativo, el que se debe principalmente al alto costo de la inversión y del mantenimiento anual que requiere este sistema, además el porcentaje de ahorro que se obtiene es muy bajo en comparación a la inversión. Con esto se verifica que no es factible económicamente la implementación de aguas grises en viviendas sociales y por ello no se realizará la incorporación de vegetación correspondiente al paisajismo Xerófito.

Como la vegetación nativa no es conveniente incorporarla, se analiza otro de los puntos del paisajismo Xerófito, que es el riego eficiente. Con los mecanismos eficientes de riego es posible disminuir el consumo de agua y para este caso, como no se observa mayor vegetación que césped, se considera el riego por aspersión. Para la utilización de este mecanismo también se realiza un cuadro comparativo entre los costos y los beneficios que se obtienen, el que se puede ver a continuación.

Tabla 4.13. Costos y Beneficios del sistema de riego por aspersión.

Costo	El costo de la inversión es de: \$ 30.760 ³⁴ , que corresponde al costo de 4 aspersores, encargados de regar los cuatro puntos de áreas verdes del condominio ³⁵ .
-------	--

³⁴ Se consulta en la página de www.sodimac.cl.

³⁵ Ver figura 4.3: Áreas verdes del condominio.

	El mantenimiento anual corresponde a la renovación de los 4 aspersores, los que tienen una vida útil de un año.
Beneficio	El ahorro de agua potable anual por condominio es de: 103 m ³ , lo que corresponde a un ahorro del 35%.
	El ahorro económico anual por riego del condominio es de \$59.888, que va en aumento debido al incremento del precio por m ³ de agua anual.

Fuente: Elaboración propia.

El ahorro económico representa a los beneficios que se obtienen, si se considera un ahorro del 35% que se adquiere del riego por aspersión, un consumo de agua que se mantiene durante los años y un ahorro en el gasto anual que se incrementa según el aumento del precio por m³ de agua, tal como se muestra en la tabla 4.14.

Tabla 4.14. Beneficios del riego por aspersión

Año	Consumo anual m ³ ineficiente	Consumo anual m ³ eficiente	Gasto anual riego ineficiente	Ahorro anual por riego por aspersión
2013	294	103	\$ 171.108	\$ 59.888
2014	294	103	\$ 157.452	\$ 55.108
2015	294	103	\$ 172.890	\$ 60.511
2016	294	103	\$ 190.392	\$ 66.637
2017	294	103	\$ 209.959	\$ 73.486
2018	294	103	\$ 231.590	\$ 81.056
2019	294	103	\$ 255.285	\$ 89.350
2020	294	103	\$ 281.045	\$ 98.366

Fuente: Elaboración propia.

Con estos datos es posible realizar una evaluación Costo- Beneficio y determinar el VAN que se obtiene en un tiempo de 8 años y una tasa de descuento del 6%, tal como se muestra en la tabla 4.14.

Tabla 4.15. Evaluación costo-beneficio. Sistema de riego por aspersión.

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Inversión	30.760								
		30.760	30.760	30.760	30.760	30.760	30.760	30.760	30.760
Ingresos		59.888	55.108	60.511	66.637	73.486	81.056	89.350	98.366
Flujo Neto	-30.760	29.128	24.348	29.751	35.877	42.726	50.296	58.590	67.606
VAN	\$ 208.069								

Fuente: Elaboración propia.

Debido al bajo costo de la inversión y mantenimiento en comparación con los beneficios que se obtienen del ahorro de gasto anual, es posible observar el resultado de un VAN positivo, lo que corrobora que es un sistema factible de realizar.

4.4.3. Hábitos de consumo.

Para este caso es necesario establecer supuestos de hábitos de consumo de agua potable, que una persona de estrato social bajo posee. Para esto se parte desde la premisa que una persona de estrato social D, consume al día 155 litros en promedio y desde ahí se analizan las actividades que diariamente realiza una persona, como son: el lavado de dientes (lavamanos), el lavado de manos (lavamanos), la ducha y el lavado de loza (lavaplatos). En la siguiente tabla se muestra el resultado de supuestos de duración por actividad según el estudio de “Formulación del Sello de Eficiencia Hídrica” y por otro lado el tiempo que se estima por los consejos de hábitos de consumo responsable del Manual entregado por la Súper Intendencia de Servicios Sanitarios (SISS), como son: llenar un vaso para el lavado de dientes, enjabonarse las manos con la llave cerrada, menos tiempo de duración por ducha y la reducción de utilización de agua para el lavado de loza. En la siguiente tabla se muestran los resultados de los cambios de hábitos mencionados.

Tabla 4.16. Cambios en los hábitos de consumo

Recinto	Artefacto	Lt/ min	Duración estándar	Caudal total litros estándar	Gasto mensual estándar	Duración Eficiente	Caudal total litros eficiente	Gasto mensual eficiente
Cocina	Lavado de Platos	12	5 min.	60	\$ 1.048	3 min.	36	\$ 629
	Cocinar	10	1 min.	10	\$ 175	1 min.	10	\$ 175
	Beber	12	1,5 seg	4	\$ 71	1,5 seg.	4	\$ 71
	Lavado de Ropa	120	2 ciclos	32	\$ 557	2 ciclos	32	\$ 557
Baño	Lavamanos	12	15 seg.	72	\$ 1.257	10 seg.	42	\$ 727
	WC	6	5 ciclos	102	\$ 1.781	5 ciclos	102	\$ 1.781
	Ducha	20	5 min.	340	\$ 5.936	4 min.	272	\$ 4.749
Jardín	Jardinera	4,2	1	1	\$ 18	0,5	0,5	\$ 9
Total				621	\$ 10.844		498	\$ 8.698

Fuente: Elaboración propia en base a datos entregados en el informe Sello de Eficiencia Hídrica (Truffello, 2009) y Manual para el hogar de la SISS.

Como se puede ver en la tabla, con simples cambios de hábitos se puede lograr una disminución de alrededor de \$ 2.146 en gastos mensuales de agua y 123 [m³]. A partir de los datos obtenidos, se puede realizar un cuadro comparativo entre los beneficios y los costos que se obtienen por medio del cambio en los hábitos de consumo.

Tabla 4.17. Costos y Beneficios por Cambios en los hábitos de consumo.

Costo	El costo de la inversión es de \$660.000, que corresponde a la campaña de difusión y educación de un consumo responsable de agua potable. Aunque en este caso, el costo no incide sobre el costo de la vivienda, sino que se considera como una campaña a cargo del Fondo de Protección Ambiental (FPA), por lo que no se observan costos de inversión ni mantenimiento por vivienda.
Beneficio	Con cambios mínimos en los hábitos de consumo y sin incurrir en gastos adicionales, se obtiene una disminución de gastos de alrededor de \$ 2.146 mensual y \$ 25.752
	Con cambios mínimos en los hábitos de consumo se obtiene una disminución de consumo de alrededor de un 103 m ³ mensuales y 1.476 m ³ anuales

Fuente: Elaboración propia.

5. CONCLUSIONES

- El consumo de agua de una vivienda social corresponde a 620 lts. por día, que equivale a un consumo mensual de 18,63 m³, que corresponde a un gasto mensual de \$10.843 y un gasto anual de \$130.112. En el caso de crisis por un aumento en la escasez de agua, este valor aumentaría a \$17.810 mensuales en el año 2020, lo que corresponde a un gasto anual de \$213.723 por familia, es decir, poco menos del doble que se gasta hoy en día. Tras la investigación se pudo observar que, si en el proyecto se considera el cambio de artefactos estándar por artefactos eficientes, cada familia obtiene un ahorro de \$44.006 anual, es decir, una disminución de un 33% en la cuenta anual de agua.
- La incorporación de elementos de eficiencia hídrica, significarán una disminución en el consumo de agua de 5.270 m³ por condominio. A la ciudad de Copiapó llegarán más de 15.000 personas pertenecientes a los estratos sociales D y E, lo que corresponde a más de 40 condominios de similares características, por lo que su ahorro correspondería a 210.800 m³ al año 2020, si se incorporan artefactos de eficiencia hídrica.
- Como se pudo observar en el análisis de la incorporación de sistemas de reutilización de aguas grises, económicamente no es factible para el proyecto, ya que los costos de inversión y mantención son superiores a los beneficios obtenidos por el ahorro económico. Este resultado se obtuvo aparentemente por que el costo por m³ de agua potable aún es más bajo en comparación con ciudades como Chañaral y Coquimbo, que fueron aquellas ciudades donde fue factible el sistema, según el estudio de “Formulación del Sello de eficiencia hídrica”.

Además las áreas verdes de condominios sociales generalmente no cuentan con una gran cantidad de vegetación, ya que los costos de mantención no se encuentran al alcance de sus residentes. En este caso sería factible la disminución del riego del césped a través de mecanismos eficientes de riego menos costosos, como es el caso del riego por aspersión, que según este

estudio resultó ser favorable para los residentes, ya que los beneficios superan a los costos con creces en cuanto a la disminución de gastos y de consumo. Al año se produce un ahorro de \$ 59.888 y una disminución en el consumo de agua potable de 103 m³, lo que significa que, para el año 2020 se produzca una disminución de 4.120 m³, si se construyeran 40 condominios para los 15.000 habitantes nuevos de estrados sociales D y E.

- Como se ha mencionado anteriormente, la implementación de eficiencia hídrica en los hogares debe ir acompañada de información a los usuarios, para que se comprenda el valor del consumo responsable y se obtenga un ahorro adicional gratuito para los usuarios y se aprenda de qué manera funcionan los artefactos nuevos, cómo mantenerlos y cómo se puede aplicar una eficiencia hídrica más allá de sus viviendas, aplicando lo aprendido en la casa y en sus lugares de trabajo. Con ello se generará un ahorro más importante en la ciudad y sus habitantes.

Para aplicar esta medida necesariamente debe existir el aporte de terceros, ya sea por medio de asociaciones privadas o públicas, ya que se necesita un gasto mayor para la difusión de la información, tal como se observa con el Fondo público del Gobierno de Chile, encargado de temas de protección ambiental y que es aplicable en proyectos de tales magnitudes como en condominios sociales.

- Los gastos adicionales por costos de inversión, en el caso de la implementación de artefactos eficientes por un condominio de 80 viviendas es de \$ 4.571.680 y por vivienda es de \$ 57.146. Para cubrir esta inversión se tienen 2 opciones factibles, en primer lugar que los postulantes a estas viviendas paguen más por, por la comprensión sobre la importancia de un ahorro de agua potable y los beneficios monetarios que trae consigo para ellos. En segundo lugar se tiene la posibilidad de un aumento en los subsidios en Copiapó entregados por el Gobierno, por el motivo de considerar que la ciudad necesita una disminución en

el consumo de agua potable y con ello se podrá obtener un resultado positivo a nivel nacional que es, mitigar el problema de la escasez de agua en la ciudad de Copiapó.

- Luego de realizar este estudio es posible determinar el ahorro en el consumo de agua que tanto afecta a la ciudad de Copiapó, desde una perspectiva de la vivienda y sus habitantes. Aunque vale decir que el este estudio es sólo una puerta de entrada para futuras investigaciones, ya que la escasez de agua es una problemática grave para la ciudad y aunque se han obtenido resultados positivos en este estudio, es necesario implementar medidas con las cuales se obtengan mayores resultados y que generen un cambio drástico y más significativo sobre la disminución en el consumo de agua potable, teniendo en cuenta un universo donde se incorporen a todas las clases sociales, donde participe toda la población y no sólo las clases más bajas.

6. BIBLIOGRAFÍA

Referencias bibliográficas.

- Adimark. (2006). *www.adimark.cl*. Recuperado el 23 de Octubre de 2012, de MAPA SOCIOECONÓMICO DE CHILE. Nivel socioeconómico de los hogares del país basado en datos del CENSO.
- Banco Central. (2011). *bcentral*. Recuperado el 2 de Enero de 2013, de <http://www.bcentral.cl/estadisticas-economicas/publicaciones-estadisticas/pdf/CCNNPIBRegional2011.pdf>
- Banco Mundial. (31 de Marzo de 2011). *CHILE Diagnóstico de la gestión de los recursos hídricos*. Recuperado el 25 de Octubre de 2012, de DGA: http://www.dga.cl/eventos/Diagnostico%20gestion%20de%20recursos%20hidricos%20en%20Chile_Banco%20Mundial.pdf
- Cárdenas, L., & Carrasco, M. (s.f.). *revistaurbanismo.uchile*. Recuperado el 27 de Diciembre de 2012, de <http://revistaurbanismo.uchile.cl/index.php/RU/article/viewFile/237/204>
- Carrasco, P. (2010). *Crecimiento Urbano Urbano de Copiapó: Causales, Patrones y Perspectivas*. Santiago.
- Carrasco, S. (2010). *Eficiencia Hídrica en la Vivienda*. Recuperado el 12 de Enero de 2013, de documentos.inh: http://documentos.ineh.cl/Seminarios/Area%20Residencial/Eficiencia%20Hidrica%20en%20la%20Vivienda_Sofia%20Carrasco.pdf
- Carrasco, S. (s.f.). *www.ineh.cl*. Recuperado el 30 de Octubre de 2012, de http://documentos.ineh.cl/Seminarios/Area%20Residencial/Eficiencia%20Hidrica%20en%20la%20Vivienda_Sofia%20Carrasco.pdf.
- Castillo , M., & Hidalgo, R. (Edits.). (2007). Cien años de política de vivienda en Chile. 187-188. Santiago.
- CONAMA - DGA. (Diciembre de 2009). *Plan de Gestión para la cuenca del Río Copiapó*. Recuperado el 22 de Enero de 2013, de http://www.ptihuasco.cl/indicador/documento/biblioteca_1367.pdf
- CONAMA. (2009). Recuperado el 22 de Enero de 2013, de <http://documentos.dga.cl/ADM5220v1.pdf>
- DAES-ONU. (s.f.). *Decenio Internacional para la Acción " El agua fuente de vida" 2005-2015*. Recuperado el 20 de Enero de 2013, de <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/scarcity.shtml>

- Dirección de planeamiento . (Noviembre de 2005). *Dirplan*. Recuperado el 09 de 01 de 2006, de http://www.dirplan.cl/centrodedocumentacion/planes_especiales/Documents/2005/Plan_Copiapo/plan_copiapo_nov_2005.pdf
- El Mercurio. (23 de Septiembre de 2012). ¿Sigue el boom de Copiapó? Alerta por retraso de tres proyectos, pero se mantiene racha inmobiliaria. Santiago.
- Falkenmark, M. (1997). Gardner-Outlaw & Engelman.
- Generalitat Valenciana. (2009). *Guías de sostenibilidad en la edificación residencial*. Recuperado el 12 de Febrero de 2013, de http://www.aidico.es/cms/site_0074/descargas/Agua.pdf
- Hidalgo, R. (2002). *www.eure.cl*. Recuperado el 27 de Octubre de 2002, de http://www.eure.cl/wp-content/uploads/2002/05/EURE_83_05_HIDALGO.pdf.
- http://www.aidico.es/cms/site_0074/descargas/Agua.pdf. (s.f.). Recuperado el 30 de Octubre de 2012, de Guía de Sostenibilidad en la Edificación Residencial.
- INEH. (2008). *UNESCO*. Recuperado el 05 de Enero de 2013, de http://www.unesco.org.uy/ci/fileadmin/templates/conaphi.cl/documentos/eficiencia_hidrica/seminario_eficiencia_hidrica.pdf
- Instituto Nacional de Estadísticas. (s.f.). *www.ineatacama.cl*. Recuperado el 03 de 01 de 2013
- López, C. (2009). *Guía para para la utilización de aguas grises de lavamanos en establecimientos educacionales*. Recuperado el 10 de Enero de 2013, de SINIA: http://www.sinia.cl/1292/articles-49934_GuiaLavamanosEducacionAmbiental.pdf
- MIDEPLAN. (s.f.). <http://sni.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/>. Recuperado el 16 de Mayo de 2013, de http://sni.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/postulacion_links/78_77_precios_sociales_nip_2012.pdf
- MINVU. (2004). *www.observatoriourbano.cl*. Recuperado el 21 de Octubre de 2012, de Estudio "El Déficit Habitacional en Chile" basado en Censo 2002 - Dato Comunal [2002].
- MINVU. (s.f.). *Programa de Condominios Sociales*. Recuperado el 20 de Enero de 2013, de http://www.minvu.cl/opensite_20070308155730.aspx
- Mlynarz, M. (2011). <http://archimlynarz.wordpress.com>. Recuperado el 27 de 10 de 2012, de <http://archimlynarz.wordpress.com/la-vivienda-social-en-chile/>.

- MOP. (2005). *Plan de Obras Públicas para Copiapó*. Recuperado el 27 de Enero de 2013, de http://www.dirplan.cl/centrodedocumentacion/planes_especiales/Documents/2005/Plan_Copiapó/plan_copiapo_nov_2005.pdf
- Observatorio Urbano de Ciudades UC. (Enero de 2009). *Formulación Sello de Eficiencia Hídrica*. Recuperado el 15 de Febrero de 2013, de http://documentos.ineh.cl/Estudios/SEH/Artefactos_Investigacion_Formulacion_Sello_de_Eficiencia_Hidrica_Final.pdf
- Observatorio Urbano UC. (2009). *INEH*. Recuperado el 28 de 12 de 2013, de http://documentos.ineh.cl/Estudios/SEH/Artefactos_Informe%20Ejecutivo.pdf
- PNUMA. (2007). www.pnuma.org. Recuperado el 24 de Octubre de 2012, de *Perspectivas del Medio Ambiente Urbano: GEO Copiapó*.
- PNUMA. (2009). www.pnuma.org. Recuperado el 24 de Octubre de 2012, de *Perspectivas del Medio Ambiente Urbano: GEO Copiapó*.
- Rodríguez, A., & Sugranyez, A. (Edits.). (2005). *Los Con Techo: Un desafío para la política de la vivienda social* (SUR ed.). Santiago.
- SISS. (2011). *Manual para el consumo responsable de agua potable*. Recuperado el 24 de 12 de 2012, de *Manual para el hogar*: http://www.siss.gob.cl/577/articles-9103_recurso_1.pdf
- SISS. (2011). *Serie del consumo responsable. Manual para el hogar*. Recuperado el 26 de Enero de 2013, de <http://www.siss.gob.cl/577/w3-article-8644.html>
- Súper Intendencia de Servicios Snitarios (SISS). (2008). [siss.gob](http://www.siss.gob.cl). Recuperado el 18 de Febrero de 2013, de http://www.siss.gob.cl/577/articles-7663_recurso_5.pdf
- Tapia, R. (Noviembre de 2009). *Revista INVI N°69*. Recuperado el 22 de Enero de 2013, de *VIVIENDA SOCIAL EN CHILE. ANÁLISIS DE SU COMPORTAMIENTO LOCACIONAL, PERÍODO 1982-2002*: <http://www.scielo.cl/pdf/invi/v26n73/art04.pdf>
- Tironi, M. (2003). *Nueva Pobreza Urbana: Vivienda Y Capital Social En Santiago de Chile, 1985-2001*. Santiago.
- Truffello, R. (2009). *Propuesta Sello de Eficiencia Hídrica*. Recuperado el 11 de 01 de 2013, de *domentos.ineh*: http://documentos.ineh.cl/Seminarios/Area%20Residencial/Propuesta%20de%20Sello%20de%20Eficiencia_Ricardo%20Truffello.pdf

www.copiapo.cl. (s.f.). Recuperado el 20 de Octubre de 2012, de
<http://www.copiapo.cl/ComentarioRadial/Detalle.asp?CMTID=6443C241D2AFC62711281D2AFC%7C34D0F9%7C17A5FD>.

www.dga.cl. (s.f.). Recuperado el 21 de Octubre de 2012, de
<http://documentos.dga.cl/ADM5220v1.pdf>.

www.ineatacama.cl. (s.f.). Recuperado el 22 de Octubre de 2012, de
http://www.ineatacama.cl/archivos/files/pdf/Otras%20publicaciones/Minuta_Censo_2012.pdf.

www.observatoriourbano.cl. (s.f.). Recuperado el 28 de Octubre de 2012, de
<http://www.observatoriourbano.cl/lpt/Mapoteca/Digital/III/COPIAPO%203101/3101.pdf>.

www.subsidio.cl. (s.f.). Recuperado el 28 de Octubre de 2012, de
http://www.subsidio.cl/subsidio_habitacional/que_es_el_subsidio_habitacional/1/#axzz2AZHxJsKL.