



**Universidad  
Andrés Bello**

UNIVERSIDAD ANDRÉS BELLO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE OBRAS CIVILES

**EFICIENCIA HÍDRICA APLICADA A LA PLAZA DE ARMAS DE QUILICURA  
Propuesta de rediseño mediante principios de xerojardinería y recolección de  
aguas pluviales.**

Memoria para optar al  
Título de Ingeniero Constructor

**EDGARD ESTEBAN BASCUÑAN FUENTES**  
Profesor Guía: Sra. Elisabeth Avalos

Santiago – Chile  
Diciembre, 2013

## **RESUMEN**

La Plaza de Armas es un lugar de encuentro que debe ser necesariamente atractiva durante la mayor parte del año, debe incluir vegetación para que sea amable con el ciudadano y es por esta razón que se traduce en un alto gasto hídrico en lugares con climas mediterráneos. Se debe disminuir los consumos hídricos, ya que la mantención de áreas verdes se realiza con agua dulce, que es un bien limitado que a futuro será escaso. Durante el año 2013 Santiago de Chile presenta un déficit considerable en precipitaciones.

El proyecto “Eficiencia hídrica aplicada en la Plaza de Armas de Quilicura”, mediante herramientas de ingeniería y diseño busca optimizar el uso de este recurso limitado, ya que la población de la comuna aumenta a niveles acelerados, lo que se traduce en menos cantidad de metros cuadrado de áreas verdes por habitante y por ende la prevalencia del consumo hídrico humano, antes que el mantenimiento de áreas verdes de la comuna.

En relación al consumo de agua por metro cuadrado actual de la Plaza de Armas de Quilicura, la propuesta plantea clasificar técnicas utilizadas para disminuir el consumo hídrico en plazas públicas, diagnosticar el estado actual y proponer un rediseño de vegetación, riego eficiente y sistema de recolección de aguas lluvias. Determinar la factibilidad de las medidas propuestas y finalmente evaluar mediante indicador PAY-BACK el Costo/Beneficio de la inversión según los resultados obtenidos en la propuesta más favorable.

**Palabras Clave: Plaza de Armas de Quilicura, Eficiencia hídrica, Costo/ Beneficio**

<b>Índice de contenidos</b>	<b>Página</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.1.1 Antecedentes Generales.....	2
1.1.2 Contextualización.....	10
1.1.3. Problematización.....	11
1.2 Preguntas de Investigación .....	13
1.2.1 Relevancia y justificación .....	13
1.3 Objetivos de investigación .....	13
1.3.1 Objetivo general .....	13
1.3.2 Objetivos específicos .....	14
 <b>2. TÉCNICAS DE EFICIENCIA HÍDRICA EN ÁREAS VERDES.....</b>	 <b>15</b>
2.1 INTRODUCCIÓN A TERMINOLOGÍA DE DESARROLLO DE JARDINES .....	16
2.1.1 Áreas verdes.....	16
2.1.1.1 Áreas verde pública .....	16
2.1.2 Parque.....	16
2.1.3 Plaza.....	16
2.1.4 Jardín .....	17
2.1.4.1 Jardinería.....	17
2.1.5 Clasificación de especies usadas en jardinería.....	18
2.2 JARDÍN XERÓFITO .....	20
2.2.1 Primer principio, planeamiento y diseño adecuados .....	21
2.2.1.1 Hídrozonas .....	22
2.2.1.2 Desarrollo de un jardín tradicional hacia la Xerojardinería.....	23
2.2.2. Segundo principio, mejoramiento de la estructura del suelo .....	25
2.2.3. Tercer principio, empleo de mulch .....	26
2.2.4. Cuarto principio, selección adecuada de la flora.....	27
2.2.5. Quinto principio, uso eficaz del césped.....	28
2.2.6 Sexto principio, sistemas de irrigación eficientes.....	29
2.2.6.1 Riego Manual.....	29

2.2.6.2 Riego Tecnificado .....	30
2.2.6.2.1 Riego por aspersión.....	30
2.2.6.2.2 Riego por goteo .....	31
2.2.7 Séptimo principio, mantenimiento apropiado .....	32
2.3 NECESIDADES HÍDRICAS EN ÁREAS VERDES.....	33
2.3.1 Evapotranspiración .....	33
2.3.1.1 Evapotranspiración de referencia .....	34
2.3.1.1.1 Método de Jensen-Haise.....	35
2.3.1.2 Coeficiente de Jardín (Kj) .....	35
2.3.2 Necesidades de riego del jardín.....	38
2.4 RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIA .....	44
2.4.1 Captación de estructuras impermeables superficiales .....	44
2.4.1.1 Ventajas de la captación de estructuras impermeables superficiales .....	44
2.4.1.2 Desventajas de la captación de estructuras impermeables superficiales .....	45
2.4.2 Reconocimiento y preparación de la superficie del terreno.....	45
2.4.3 Delimitación del patio .....	45
2.4.4 Dimensionamiento de la captación y del almacenamiento.....	46
2.4.5 Estanques de mampostería y hormigón.....	46
<b>3. LEVANTAMIENTO DE PLAZA EN ESTUDIO.....</b>	<b>47</b>
3.1 UBICACIÓN .....	48
3.2 DESCRIPCIÓN .....	49
3.3 LEVANTAMIENTO HÍDRICO.....	54
3.4 LEVANTAMIENTO CLIMÁTICO .....	55
3.4.1 Temperatura.....	56
3.4.2 Precipitación Normal Mensual.....	57
3.4.3 Humedad.....	58
3.4.4 Radiación.....	58
3.5 EVAPOTRANSPIRACIÓN .....	60
3.5.1 Evapotranspiración de referencia.....	60
3.5.2 Evapotranspiración Calculada.....	61

3.6 PRECIPITACIÓN EFECTIVA.....	62
3.7 CÁLCULO DE LAS NECESIDADES DE RIEGO .....	62
<b>4. PROPUESTA EN PLAZA DE ESTUDIO .....</b>	<b>64</b>
4.1 PAVIMENTOS.....	65
4.1.1 Pavimentos de Zona P1 .....	65
4.2 ESTANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIA .....	66
4.3 REDISEÑO DE VEGETACIÓN.....	66
4.3.1 Diseño Estimado .....	67
4.3.1.1 Plaza de estudio Inicial .....	67
4.3.1.2 Clasificación de zonas de alto tránsito peatonal en plaza de estudio .....	68
4.3.1.2 Hídronas en Plaza de Estudio.....	69
4.4 TECNIFICACIÓN DE RIEGO.....	70
4.5 NECESIDAD HÍDRICA DE PROPUESTA DE RIEGO TÉCNIFICADO Y XERÓJARDINERÍA.....	70
4.6 CÁLCULO DEL AGUA RECOLECTADA EN PROYECTO DE PAVIMENTOS Y ESTANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIA.....	70
4.7 PRESENTACIÓN DE ALTERNATIVAS DE PROPUESTA EN PLAZA DE ESTUDIO.....	71
<b>5. EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA .....</b>	<b>74</b>
5.1 EVALUACIÓN COSTO-BENEFICIO.....	75
5.2 COSTOS ASOCIADOS A PROYECTOS.....	75
5.2.1 Costos de construcción de proyecto .....	75
5.2.2 Precio comercial del agua.....	78
5.2.2.1 Costos de agua ocupada en plaza de estudio sin proyecto.....	79
5.2.2.2 Costos de agua ocupada en plaza de estudio con proyecto completo .....	80
5.2.2.3 Costos de agua ocupada en plaza de estudio con proyecto de vegetación xerofita y riego eficiente .....	81
5.2.3 Costos de mantención .....	82
5.3 VALORIZACIÓN DE LOS PRECIOS SOCIALES DEL AGUA .....	87
5.3.1 Precio Social del recurso hídrico.....	88
5.3.1.1 Beneficio de agua ahorrada en Plaza de estudio con proyecto de vegetación xerofita y riego eficiente.....	89

5.3.1.2 Beneficio de agua almacenada en plaza de estudio con proyecto de captación de aguas lluvia.....	90
5.4 VALOR RESIDUAL EN PROYECTO SOCIAL.....	91
5.4.1 Valor residual de Proyecto Completo en plaza de estudio.....	92
5.4.1.1. Costos y beneficios del proyecto completo en años posteriores al horizonte de evaluación.....	92
5.4.1.2. Costos y beneficios del proyecto de xerojardinería y riego en años posteriores al horizonte de evaluación.....	94
5.4 FLUJOS DE ALTERNATIVAS DE PROYECTO EN PLAZA DE ESTUDIO.....	99
5.4.1 Flujo neto sin proyectos (1 de 2).....	100
5.4.2 Flujo neto proyecto completo (1 de 2).....	102
5.4.3 Flujo neto proyecto de xerojardinería y riego (1 de 2).....	104
5.5 PAY-BACK DE LA INVERSIÓN Y RESULTADOS.....	106
<b>6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>107</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>110</b>
<b>8. ANEXOS.....</b>	<b>114</b>

## Índice de Tablas

## Página

Tabla 1.1: Población de Región Metropolitana CENSO histórico .....	7
Tabla 1.2: Población de Quilicura CENSO histórico .....	9
Tabla 2.1: Clasificación de especies usadas en jardinería .....	18
Tabla 2.2: Hídronas .....	22
Tabla 2.3: Pauta para el mantenimiento de jardines xerófitos .....	32
Tabla 2.4: Factores para determinar el coeficiente de jardín .....	37
Tabla 2.5: Eficiencia en la aplicación según cada sistema de riego .....	40
Tabla 2.6: Tipos de piso. ....	45
Tabla 3.1: Cuadro de superficies de la Plaza de Armas de Quilicura ....	50
Tabla 3.2: Evapotranspiración mensual .....	61
Tabla 3.3: Precipitaciones efectivas 2013.....	62
Tabla 3.4: Necesidades hídricas año 2013 ..	63
Tabla 4.1: Consideraciones en pavimento P1 .....	65
Tabla 4.2: Consideraciones en estanque de captación aguas lluvia.....	66
Tabla 4.3: Consideraciones en rediseño de vegetación.....	66
Tabla 4.4: Consideraciones de especies en cada Hídrona .....	69
Tabla 4.5: Consideraciones en tecnificación de riego .....	70
Tabla 5.1: Costos de construcción – Obras Generales.....	75
Tabla 5.2: Costos de construcción – Pavimento .....	76
Tabla 5.3: Costos de construcción – Estanque.....	76
Tabla 5.4: Costos de construcción – Rediseño de vegetación.....	76
Tabla 5.5: Costos de construcción – Sistema de riego .....	77
Tabla 5.6: Consideraciones de las alternativas de proyecto .....	77
Tabla 5.7: Precios históricos del agua .....	78
Tabla 5.8: Proyección del precio comercial del agua .....	79
Tabla 5.9: Costos en agua, situación sin proyecto..	80
Tabla 5.10: Costos en agua, situación de proyecto completo .....	81
Tabla 5.11: Costos en agua, situación xerogardinería y riego .....	82
Tabla 5.12: Consideraciones en los costos de mantención de proyectos.....	84
Tabla 5.13: Resumen costos de mantención proyectados.....	86
Tabla 5.14: Resumen costos de reposición de pavimento dañado proyectado .....	87

Tabla 5.15: Precio social del agua en Quilicura .....	88
Tabla 5.16: Beneficios de ahorro hídrico en proyectos de vegetación xerófito y riego.....	89
Tabla 5.17: Beneficios de ahorro hídrico en proyecto de captación de aguas lluvia. .	90
Tabla 5.18: Costo de agua ocupada para mantención de áreas verdes posterior al horizonte de evaluación, proyecto completo .	93
Tabla 5.19: Beneficio de agua ocupada para mantención de áreas verdes posterior al horizonte de evaluación, proyecto completo .	93
Tabla 5.20: Costo de mantención posterior al horizonte de evaluación, proyecto completo .	94
Tabla 5.21: Costo de mantención de pavimento posterior al horizonte de evaluación, proyecto completo.....	94
Tabla 5.22: Costo de agua ocupada para mantención de áreas verdes posterior al horizonte de evaluación, proyecto xerojardinería y riego .....	95
Tabla 5.23: Beneficio de agua ocupada para mantención de áreas verdes posterior al horizonte de evaluación, proyecto xerojardinería y riego .....	95
Tabla 5.24: Costos de mantención posterior al horizonte de evaluación, proyecto xerojardinería y riego .	96
Tabla 5.25: Costo de mantención de pavimento posterior al horizonte de evaluación, proyecto xerojardinería y riego.....	96
Tabla 5.26: VANS último periodo de evaluación, sin proyecto.....	97
Tabla 5.27: VANS último periodo de evaluación, proyecto completo.....	98
Tabla 5.28: VANS último periodo de evaluación, proyecto xerojardinería y riego.....	99
Tabla 5.29: Flujo a 20 años, sin proyecto .....	100
Tabla 5.30: Flujo a 20 años, proyecto completo .....	102
Tabla 5.31: Flujo a 20 años, proyecto xerojardinería y riego .....	105



<b>Índice de figura....</b>	<b>Página</b>
Figura 1.1: Distribución de agua en el planeta .....	2
Figura 1.2: Escasez hídrica al 2050 .....	3
Figura 1.3: Usos del agua en Chile.....	4
Figura 1.4: Población urbana y rural en Chile .....	5
Figura 1.5: Disponibilidad de agua en Chile.....	5
Figura 1.6: Oferta y demanda en [m <sup>3</sup> ]/hab/año .....	6
Figura 1.7: Proyección de habitantes RM .....	7
Figura 1.8: Mall Arauco Quilicura .....	8
Figura 1.9: Densidad de especies en la Plaza de Armas de Quilicura.....	8
Figura 1.10: Zona de bajo tránsito peatonal sin mantenimiento.....	9
Figura 1.11: Proyección de población al 2050 en Quilicura .....	10
Figura 1.12: Metros cuadrados de áreas verdes mantenidas. Comuna de Vitacura vs Quilicura. ....	12
Figura 2.1: Zonas de acuerdo a su función y organización espacial.....	19
Figura 2.2: (a) Áreas de cerramiento, (b) Áreas de recreación, (c) Áreas de goce visual, (d) Áreas de sombra .....	19
Figura 2.3: Paisaje xerófito de baja mantención .....	20
Figura 2.4: (a) Zona de pendiente y viento, (b) Zona de sol y penumbra, (c) Zona de áreas y actividades, (d) Zona de flora y microclima .....	21
Figura 2.5: (a) Hídrozona principal, (b) Hídrozona secundaria, (c) Hídrozona mínima, (d) Hídrozona elemental.....	23
Figura 2.6: Jardín inicial poco eficiente en agua .....	24
Figura 2.7: Desarrollo del plan del xerojardín, donde están marcadas las zonas del consumo hídrico. ....	24
Figura 2.8: Plano del nuevo jardín desarrollado según las pautas de la xerojardinería, donde han mantenido las zonas establecidas de consumo de agua .....	25
Figura 2.9: (a) Mulch orgánico, (b) Mulch inorgánico .....	27
Figura 2.10: Riego manual.....	29
Figura 2.11: Riego por aspersion .....	30
Figura 2.12: Riego por goteo .....	31
Figura 2.13: Evapotranspiración .....	34

Figura 2.14: Jardines de elevada y baja densidad .....	38
Figura 2.15: Curva de necesidades de lavado .....	42
Figura 3.1: (a) Ubicación plaza en estudio, (b) Vista aérea plaza en estudio .....	48
Figura 3.2: Municipalidad de Quilicura .....	49
Figura 3.3: Centro cultural de Quilicura.....	49
Figura 3.4: Emplazamiento Plaza de Armas de Quilicura .	50
Figura 3.5: (a) Vista exterior, (b) Vista interior .....	51
Figura 3.6: Pendiente de la plaza en estudio.....	51
Figura 3.7: (a)Solerilla, (b) Solerilla en Plaza de Armas de Quilicura.....	52
Figura 3.8: (a) Loseta española cuadro antiguo, (b) Loseta española modelo abanico, (c) Pastelón en Plaza de Armas de Quilicura.....	52
Figura 3.9: Postes de alumbrado .....	53
Figura 3.10: Banca de madera .....	53
Figura 3.11: Datos para cálculo del consumo hídrico .....	54
Figura 3.12: Análisis para la determinación del consumo hídrico .....	55
Figura 3.13: Temperatura máxima, media y mínima mensual .....	56
Figura 3.14: Precipitación normal mensual .....	57
Figura 3.15: Porcentaje de humedad año 2013 .....	58
Figura 3.16: Radiación mensual año 2013.....	59
Figura 3.17: Evapotranspiración de referencia mensual .....	60
Figura 4.1: Plaza de estudio inicial.....	67
Figura 4.2: Plaza de estudio y su tránsito peatonal. ....	68
Figura 4.3: Hídroszonas en plaza de estudio. ....	69
Figura 4.4: Propuesta de proyecto completo .....	71
Figura 4.5: Propuesta de xerojardinería.....	72
Figura 4.6: Propuesta de captación y riego.....	73
Figura 5.1: Proyección precio comercial del agua .....	78
Figura 5.2: Datos para determinación del costo de mantención anual en Plaza de Armas de Quilicura.....	83
Figura 5.3: Análisis y costo de mantención anual Plaza de Armas de Quilicura.....	83
Figura 5.4: Datos para determinar costos de mantención en pavimento .....	85
Figura 5.5: Análisis y costos de mantención de pavimento en plaza de estudio.....	85

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

### 1.1.1 Antecedentes Generales

La distribución del agua en el planeta es desigual y escasa, esto se puede observar debido a que en la superficie de la tierra, el 30% pertenece a continentes y el 70% restante corresponde a océanos, sin embargo del total de agua existente, el 97% es salada y solo el 3% es agua dulce. Del total de agua dulce, el 2% está congelada en los polos y en forma de glaciares, solo el 1 % está disponible para los ecosistemas (Conflictos por el agua en Chile, 2010).

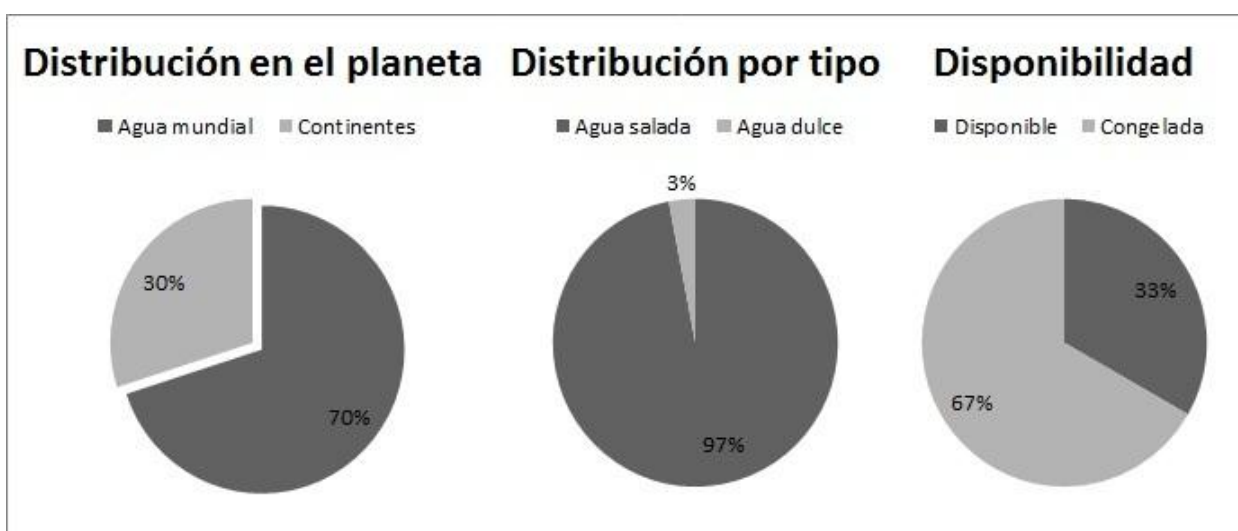


Figura 1.1: Distribución del agua en el planeta  
[Fuente: Conflictos por el agua en Chile (2010)]

De los dos tipos de agua mencionados anteriormente, es relevante mencionar que solo el agua dulce es un elemento vital para el ser humano, ya que se emplea en:

- agricultura 42%,
- electricidad 39%,
- consumo humano en viviendas y en comercio (concepto de agua potable) 11%, e
- industria y minería 8%.

Uno de los principales retos de la escasez de agua es controlar la demografía, ya que esta posee una fuerza modeladora, debido al crecimiento de la población; además de los principales conflictos producidos por el cambio climático. “Según las proyecciones sobre los cambios esperados en la temperatura se estiman aumentos entre 1[°C] y 3[°C] en el escenario moderado y entre 2[°C] y 4[°C] en el escenario severo en todo el país, a fines del siglo.” (Scherpenisse, K. 2013)

El cambio climático aumenta la vulnerabilidad en sistemas hídricos mal administrados, haciendo urgente necesidad de construir una nueva visión de gestión de los recursos hídricos (García, M., Carvajal, Y. & Jiménez, H. (2007). “Según cifras difundidas por el proyecto INFO de la Universidad Johns Hopkins, desde 1940 la extracción mundial de agua por año ha aumentado en promedio entre 2,5% y 3%, en comparación con un crecimiento anual de la población de 1,5% a 2%.”

Un país experimenta tensión hídrica cuando el suministro anual de agua es menor a 1.700 metros cúbicos por persona. (Biblioteca del Congreso Nacional/BCN, La escasez de agua en Chile. 2006)

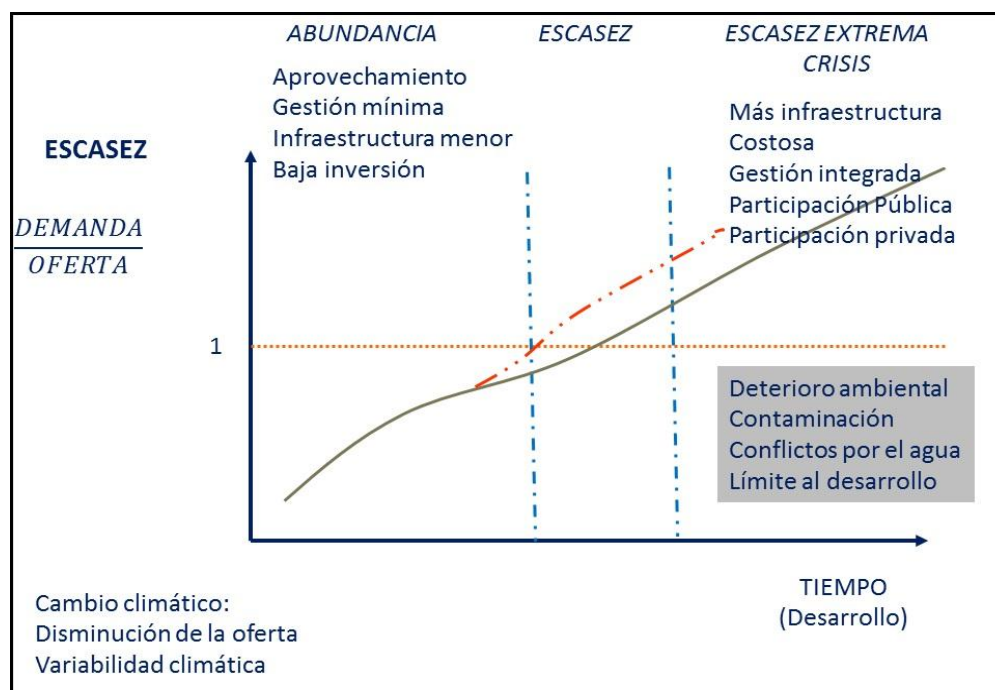


Figura 1.2: Escasez hídrica al 2050  
[Fuente: Martínez, P, (2013)]

Se espera que el año 2050 exista una población entre 9.300 a 10.600 millones de habitantes en el mundo (Martínez, P, 2013). El aumento de la población y calidad de vida en países desarrollados prevé aumentos significativos de los espacios ajardinados y con ello el consumo de agua (Muncharas, M. 2006).

La situación actual del mundo aún no causa conciencia en Chile y su población, es más, recién el año 2009 se publicó el Sello de eficiencia hídrica de la Pontificia Universidad Católica (PUC), el cual entrega información necesaria para tomar medidas respecto a disminuir el uso del recurso hídrico en domicilios y áreas verdes.

La Asociación Nacional de Empresas de Servicios Sanitarios A.G. Andess realizó una proyección en el uso del agua hasta el año 2017. En la proyección destaca que los chilenos que habitan fuera de las zonas urbanas, son abastecidos por sistemas de Agua Potable Rural (APR), cuya instalación está a cargo del Ministerio de Obras Públicas (figura 1.3).

#### Proyección uso del agua al año 2017

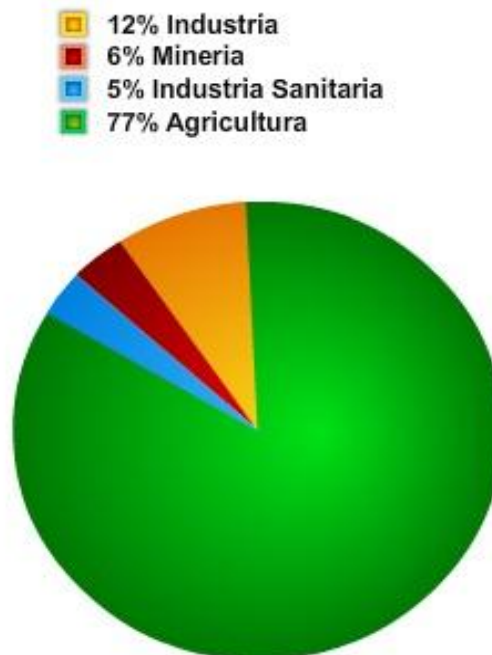


Figura 1.3: Usos del agua en Chile  
[Fuente: <http://andess.cl/estadisticas.html>]

Respecto al crecimiento poblacional en Chile, la población urbana aumenta y la población rural disminuye según lo muestra la figura 1.4.

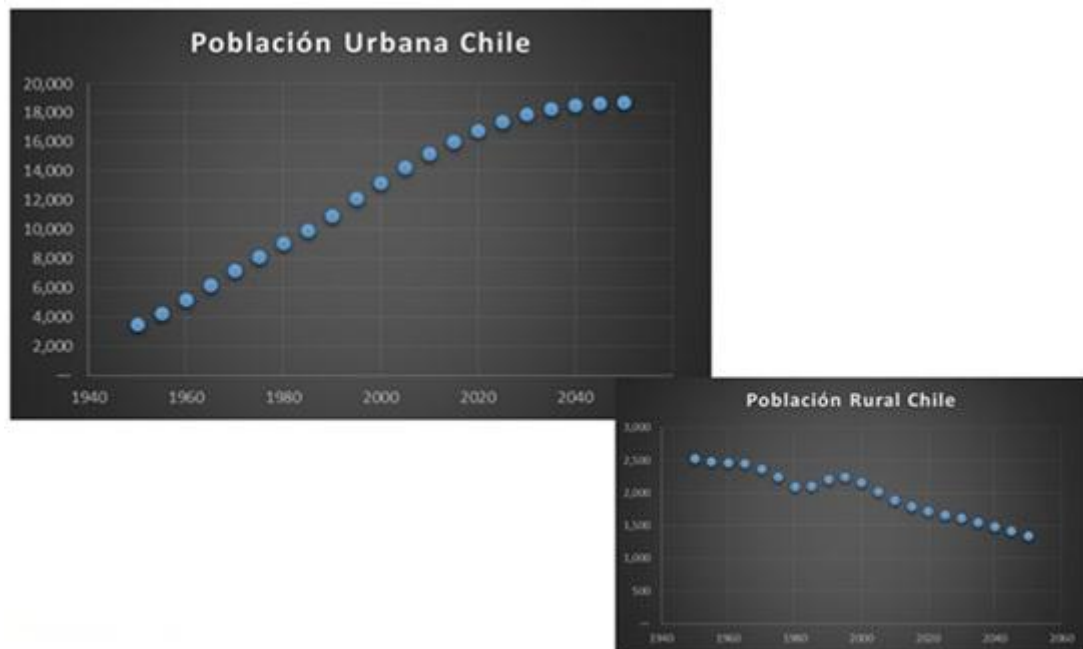


Figura 1.4: Población urbana y rural en Chile  
[Fuente: Martínez, P, (2013)]

La disponibilidad de agua por cada región del Chile es desigual y afecta principalmente a regiones que se encuentran al norte del país, incluyendo la región metropolitana.

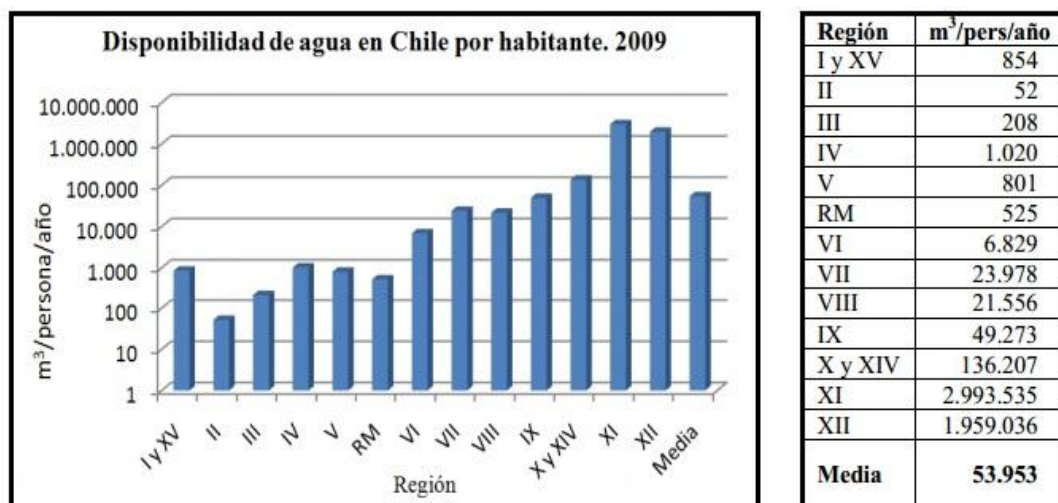


Figura 1.5: Disponibilidad de agua en Chile. 2009  
[Fuente: Martínez, P, (2013)]

Respecto a la oferta y demanda de agua en el país, en las regiones al norte de Chile, la oferta supera a la demanda de agua por habitante al año.

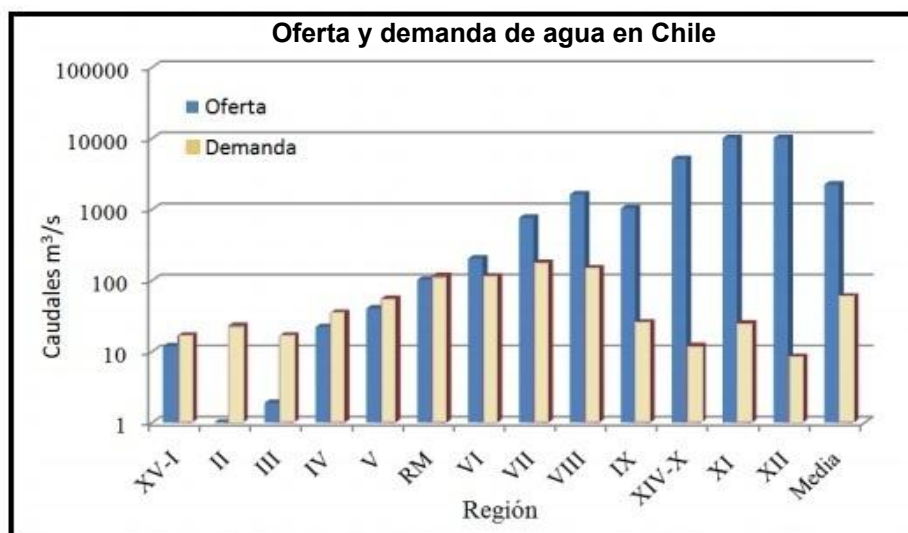


Figura 1.6: Oferta y demanda de agua en [m³]/hab/año. 2011  
[Fuente: Martínez, P, (2013)]

En Santiago la situación no es favorable respecto al buen uso del recurso hídrico en el mantenimiento de áreas verdes. Solo las comunas de Vitacura y Lo Barnechea presentan fuertes políticas de eficiencia hídrica, a pesar de los siguientes antecedentes:

- La media anual histórica de Santiago presenta una precipitación normal anual de 312,5 [mm] con un déficit de 42 [mm]. Para comprender mejor la situación, Santiago presenta un 82,7 % menos de precipitaciones que una región lluviosa como Puerto Montt que presenta 1802,5 [mm] de precipitación normal anual (Dirección meteorológica de Chile).
- Santiago presenta un gran crecimiento poblacional, las tres principales comunas con crecimiento son: Maipú (132%), Quilicura (103%), Puente alto (71%). (Instituto Nacional de estadísticas/INE, proyecciones al 2020)
- El crecimiento poblacional de la Región metropolitana según CENSO histórico desde el año 1970 al 2012, se presenta a continuación en la tabla 1.1.



Tabla 1.1: Población de Región Metropolitana CENSO histórico (1979 - 2012)

AÑO	POBLACIÓN
1970	3.153.775
1982	4.318.097
1992	5.257.937
2002	6.061.185
2012	6.685.685

[Fuente: INE, elaboración propia]

Aplicando el método de los mínimos cuadrados, se identifica la línea de tendencia, la cual se ajusta a los valores entregados por el CENSO. De esta información se deduce la ecuación para determinar la población futuro de la Región Metropolitana. Ésta aumenta de 6.845.688 hab en el 2013 a 9.770.912 hab al 2050, es decir un crecimiento anual de 0,97 %.

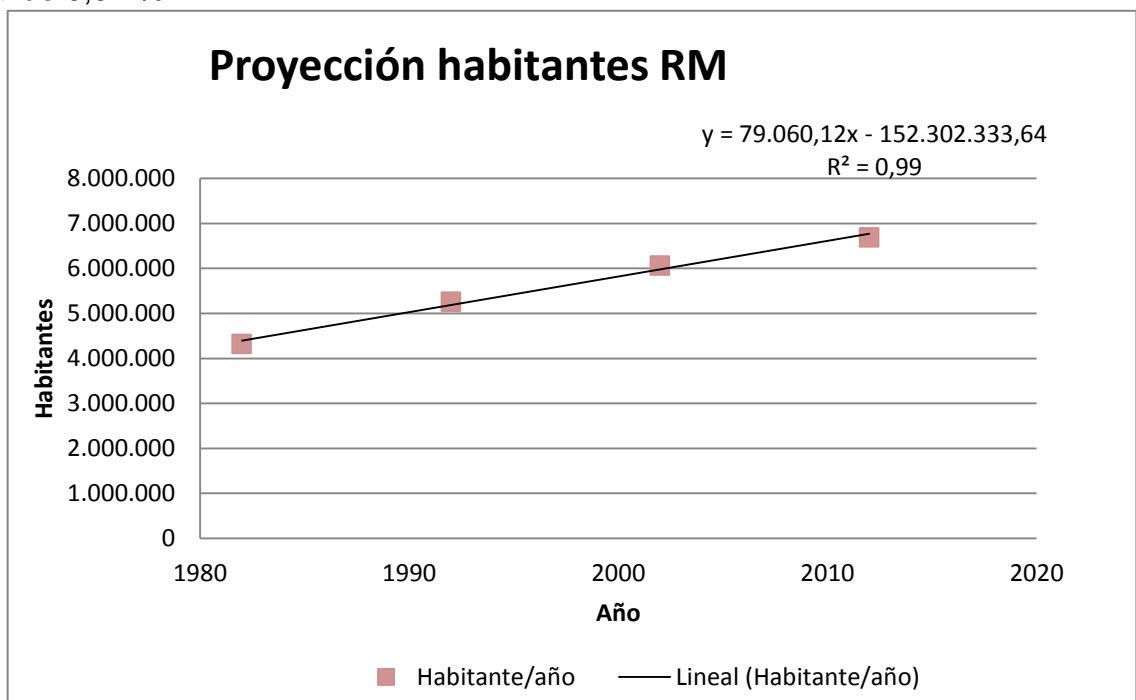


Figura 1.7: Proyección de habitantes RM  
 [Fuente: Elaboración propia en base a INE]

## Comuna de Quilicura:

- La Plaza de Armas de la comuna presenta un diseño rural y un alto gasto en materia hídrica. El presente año 2013 se inauguró el Mall Arauco Quilicura, por lo cual desde el mes de mayo se observó cómo grupos folklóricos hacen uso de la Plaza, aprovechando el alto tráfico peatonal que tiene actualmente el lugar.



Figura 1.8: Mall Arauco Quilicura  
[Fuente: terra.cl]

- La Plaza de Armas de Quilicura presenta especies que requieren un gran consumo de agua, entre ellas especies invasivas que dificultan el crecimiento de plantas nativas. Presenta riego superficial, el cual tiene mayor despilfarro de agua. A continuación se presenta la densidad de especies en la plaza de estudio (figura 1.9) y las zonas de bajo tránsito peatonal dentro de ésta (figura 1.10).

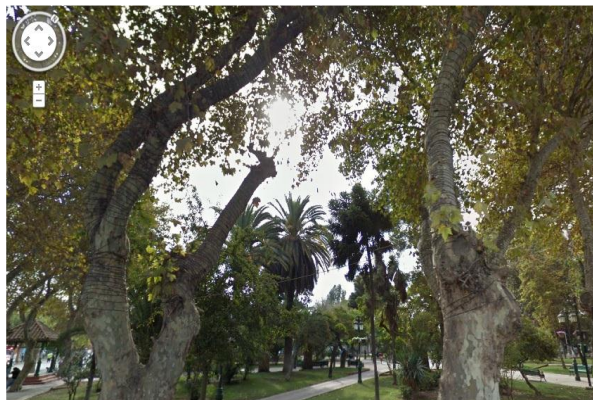


Figura 1.9: Densidad de especies en la Plaza  
de Armas de Quilicura  
[Fuente: google maps, 2013]



Figura 1.10: Zonas de bajo tránsito peatonal sin mantenimiento  
[Fuente: Elaboración propia]

- El crecimiento poblacional de Quilicura según CENSO histórico desde el año 1952 al 2012, se presenta a continuación en la tabla 1.2.

Tabla 1.2: Población de Quilicura CENSO histórico

<b>AÑO</b>	<b>POBLACIÓN</b>
<b>1952</b>	4.047
<b>1960</b>	5.610
<b>1970</b>	10.451
<b>1982</b>	22.605
<b>2002</b>	126.518
<b>2012</b>	197.346

[Fuente: INE, elaboración propia]

Aplicando el método de los mínimos cuadrados, se identifica la línea de tendencia, la cual se ajusta a los valores entregados por el CENSO. De esta información se deduce la ecuación para determinar la población futuro de la comuna. La comuna de Quilicura aumenta de 204.873 hab en el 2013 a 614.734 hab al 2050, es decir un crecimiento anual de 3,01 %.

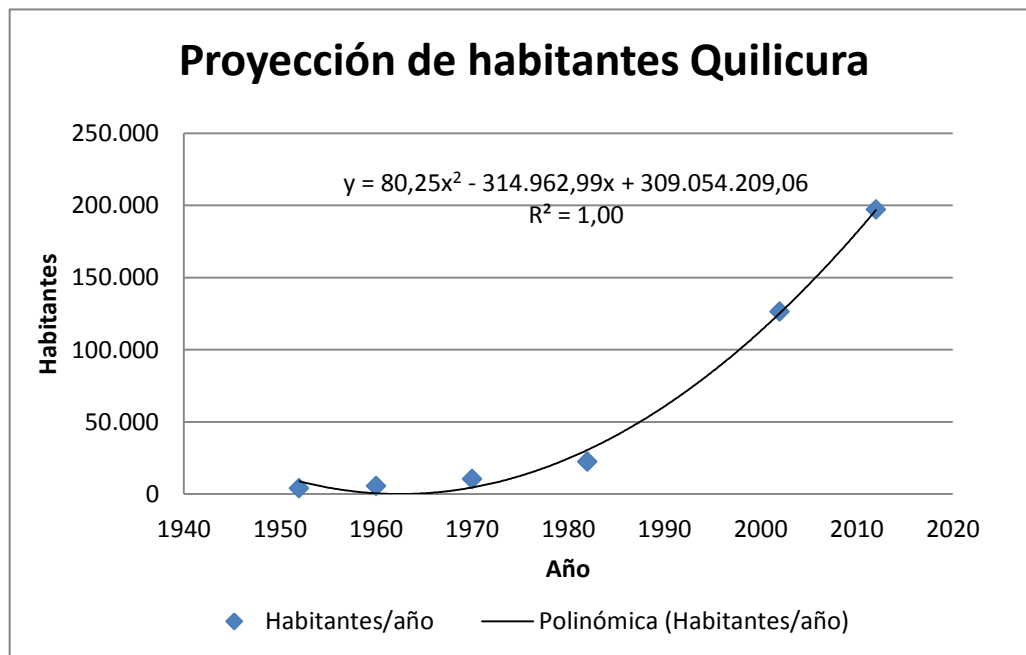


Figura 1.11: Proyección de población al 2050 en Quilicura  
 [Fuente: Elaboración propia en base a INE]

### 1.1.2 Contextualización

El crecimiento en la población de la comuna de Quilicura no afecta a la mantención y cuidado de áreas verdes directamente. La comuna de Quilicura presenta un crecimiento de población acelerado, y se encuentra entre las comunas con mayor crecimiento poblacional junto a Puente Alto y Maipú. La diferencia entre las tres comunas, es que Quilicura presenta aumentos en viviendas sociales lo que se traduce en habitantes con menos recursos, no así las otras dos comunas con altos crecimientos que presentan aumentos en viviendas de clase media. El crecimiento poblacional está ligado a la variable  $[m^3]/habitante/año$  la cual indica el agua anual disponible por cada habitante.

Si la extracción de agua aumenta en 2,5 a 3 % con un crecimiento poblacional de 1,5 a 2%. La comuna de Quilicura presentará graves problemas, ya que se puede estimar un aumento de extracción de agua entre 5 a un 6 % con el crecimiento de 3,01% anual.

Ante limitaciones de recursos hídricos (tensión hídrica) prevalece el agua destinada a consumo humano antes que la necesaria para mantener las áreas verdes de la comuna.

Según el sello de eficiencia hídrica (SEH) manifiesta que un jardín diseñado y mantenido con criterios de uso eficiente del agua consume apenas una cuarta parte del agua de riego que se gasta en áreas verdes convencionales.

### **1.1.3. Problematización**

En Chile existe en promedio alrededor de 4 [m<sup>2</sup>] de áreas verdes por habitante, la Organización mundial de la salud (OMS) en sus estándares internacionales indica un mínimo de 9 [m<sup>2</sup>] por habitante (Navarrete P. 2012).

Actualmente Chile está en déficit de 5 [m<sup>2</sup>] por habitante, esto llevó a investigar datos municipales entregados por el Sistema Nacional de Información Municipal (SINIM). Estos datos indican que la distribución desigual de las comunas no es nada alentadora para la comuna de Quilicura. Además demuestra que las comunas con más recursos, igualan o sobrepasan los estándares de la OMS.

La figura 1.12 muestra la realidad de dos comunas de Santiago, una con fuertes políticas de eficiencia hídrica y altos recursos como lo es Vitacura, versus la realidad de la comuna de Quilicura en el año 2011.

### Metros cuadrados de áreas verdes mantenidas en el año 2011

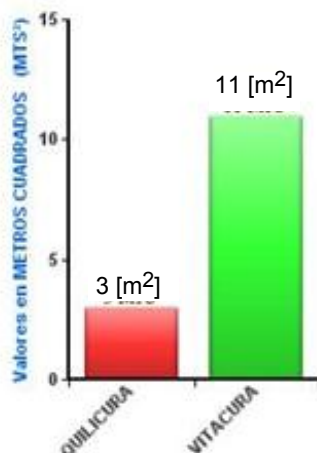


Figura 1.12: Metros cuadrados de áreas verdes mantenidas en el año 2011. Comuna de Vitacura vs Quilicura.

[Fuente: SINIM, (2013)]

En base al indicador de área verde mantenida por habitante y el crecimiento poblacional expuesto de 3,01% anual. La probabilidad de que el área verde mantenida por habitante disminuya es muy alta.

La población de Quilicura el año 2012 era de 197.346 habitantes relacionando los datos de áreas verdes de la comuna del mismo año 677.496 [m<sup>2</sup>], se deduce que existen 3,43 [m<sup>2</sup>] por habitante, de esto se concluye que existe un déficit de 5,57 [m<sup>2</sup>] de áreas verde por habitante.

Por otra parte la diferencia de 245 pesos entre el gasto de mantención y riego de áreas verdes en Vitacura (28 pesos/[m<sup>2</sup>]) versus Quilicura (273 pesos/[m<sup>2</sup>]). Según la superficie de 5620 [m<sup>2</sup>] de la Plaza de Armas de Quilicura, esta ahorraría aproximadamente 27,5 millones en 20 años en el caso más favorable y si tuviera la misma eficiencia hídrica que la comuna de Vitacura, lo que no es un gran ahorro considerando una gran inversión. Así también el Sello de eficiencia hídrica de la OCUC estima que el consumo de plantas con alto consumo hídrico es de aproximadamente 3,2 [lts/m<sup>2</sup>]/día Versus 0,57 [lts/m<sup>2</sup>]/día que consumen las plantas xerofitas. Considerando solo el 10% de la Plaza de Armas de Quilicura con planta xerofita, se estima un ahorro de 1,47 [m<sup>3</sup>]/día y 539,5 [m<sup>3</sup>]/año considerando condiciones normales.

## 1.2 Preguntas de Investigación

1. ¿Cuáles son las técnicas que permiten lograr el uso eficiente del recurso hídrico en áreas verdes y sean aplicables en la Región Metropolitana?
2. ¿Cuál es la situación actual en la plaza de Armas de Quilicura?
3. Mediante la información obtenida en los objetivos específicos. ¿Se puede lograr diseñar una propuesta que permita disminuir el consumo hídrico en la Plaza de Armas de Quilicura?
4. Al evaluar la propuesta de eficiencia hídrica. ¿Tendrá esta propuesta un beneficio tal que al evaluarla mediante indicador Costo/beneficio se pueda implementar en la comuna?

### 1.2.1 Relevancia y justificación

La principal causa de altos gastos hídricos en las áreas verdes de Santiago y sus comunas, es el uso de vegetación solo considerando su valor estético, sin conocer su origen o características invasivas. La comuna de Quilicura presenta crecimientos de población acelerado y no presenta un tipo de mantención adecuada, ya que esta se realiza mediante riego manual, que corresponde al tipo de riego menos eficiente, sumado a la gran densidad de especies que presenta la Plaza, se genera un gran gasto hídrico. Este proyecto busca dar solución a la mayor cantidad de puntos planteados que deriven de las preguntas específicas 1 y 2, optimizando los recursos municipales para trabajar en futuros proyectos de mejora hídrica de la comuna.

## **1.3 Objetivos de investigación**

### **1.3.1 Objetivo general**

Proponer un rediseño de la Plaza de Armas de Quilicura que mantenga o genere atractivos a la población, ahorro hídrico y económico a largo plazo, en base a técnicas de ahorro hídrico y condiciones de diseño deducidas del levantamiento.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

1. Identificar técnicas usadas para lograr eficiencia hídrica en áreas verdes y su factibilidad de uso en la Región Metropolitana.
2. Diagnosticar claramente la situación de la Plaza de Armas de Quilicura en cuanto a materia técnica y energía.
3. Diseñar una propuesta de eficiencia hídrica en áreas verdes, aplicada a las necesidades de la Plaza de Armas de Quilicura.
4. Evaluar mediante indicador Costo/Beneficio la propuesta de eficiencia hídrica en áreas verdes aplicada a la Plaza de Armas de Quilicura.



## 2. TÉCNICAS DE EFICIENCIA HÍDRICA EN ÁREAS VERDES

## **2.1 INTRODUCCIÓN A TERMINOLOGÍA DE DESARROLLO DE JARDINES**

En la presente sección se describe términos y definiciones que ayudan a la comprensión de los conceptos relacionados a la eficiencia hídrica del paisaje y la determinación de las necesidades hídricas reales.

### **2.1.1 Áreas verdes**

La Ordenanza General de Urbanismo y construcciones (OGUC) define el concepto de área verde como, una superficie de terreno destinada preferentemente al esparcimiento o circulación peatonal, conformada generalmente por especies vegetales y otros elementos complementarios.

#### **2.1.1.1 Áreas verde pública**

La OGUC define el concepto de área verde pública como, bien nacional de uso público que reúne las características de área verde.

### **2.1.2 Parque**

La OGUC define el termino Parque como, espacio libre de uso público arborizado, eventualmente dotado de instalaciones para el esparcimiento, recreación, prácticas deportivas, cultura u otros.

### **2.1.3 Plaza**

La OGUC define el termino Plaza como, espacio libre de uso público destinado, entre otros, al esparcimiento y circulación peatonal.

### **2.1.4 Jardín**

El manual de manejo de áreas verdes para proyectos concesionados, 2006. Define el término jardín como, un terreno que presenta especies vegetales herbáceas, arbustivas o arbóreas y tiene un fin de recreo o paisajístico.

#### **2.1.4.1 Jardinería**

El concepto jardinería se refiere a la disciplina dedicada al desarrollo de espacios donde se cultiven plantas con fines decorativos y ornamentales.

### 2.1.5 Clasificación de especies usadas en jardinería

Según la OGUC, las especies son grupos de individuos que presentan un conjunto de caracteres definidos en común, supuestamente determinado por su parentesco genético (tabla 2.1).

Tabla 2.1: Clasificación de especies usadas en jardinería

Clasificación	Tipo	Descripción	Imagen
Según su consumo hídrico	Hidrófilo	Organismo o comunidad biológica que se desarrolla en condiciones de alta pluviometría.	
	Mesófilo	Organismo o comunidad biológica que se desarrolla en condiciones de humedad intermedia entre hidrófilo y xerófito, también llamadas mesófitas.	
	Xerófito	Especie que vive en un medio seco presentando adaptaciones morfológicas, anatómicas o fisiológicas para resistir la sequedad. Tales adaptaciones le permiten captar débiles cantidades de agua, limitar su transpiración y acumular el agua en sus tejidos.	
Según su procedencia	Alóctono	No es originario del lugar en que se encuentra.	
	Autóctono	Material u organismo nativo. Es decir, tiene su origen en el mismo lugar en que vive o se encuentra	
Según su función y organización especial dentro del jardín	Área de Cerramiento	Corresponde a aquellas zonas empleadas para delimitar espacios o cubrir cierres construidos como rejas y muros medianeros	Ver figura 2.2 (a)
	Área de Recreación	Corresponde a zonas que tienen un uso intensivo, debido a que el hombre suele desplazarse o permanecer en ellas.	Ver figura 2.2 (b)
	Área de Sombra	Corresponde a zonas que cuentan con superficies de sombra asociadas a parrones y árboles de frondosas capas.	Ver figura 2.2 (c)
	Área de Goce Visual	Corresponde a zonas donde no se produce permanencia y el tráfico es mínimo. Suelen estar asociadas a la imagen pública del jardín.	Ver figura 2.2 (d)

[Fuente: SEH (2009)]

A continuación la figura 2.1 muestra la organización espacial de las especies dentro de un jardín.

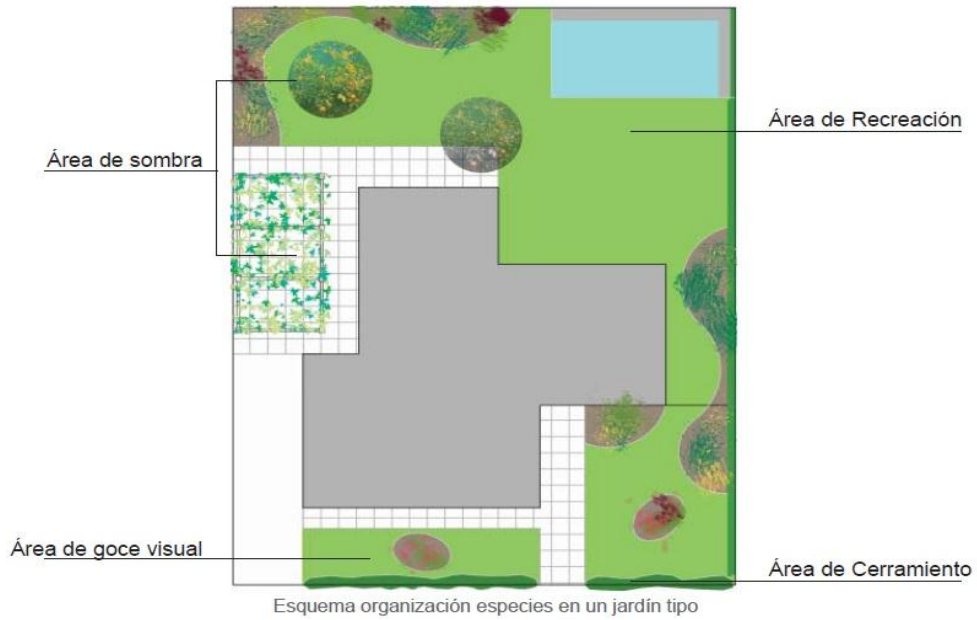


Figura 2.1: Zonas de acuerdo a su función y organización espacial  
[Fuente: SEH (2009)]

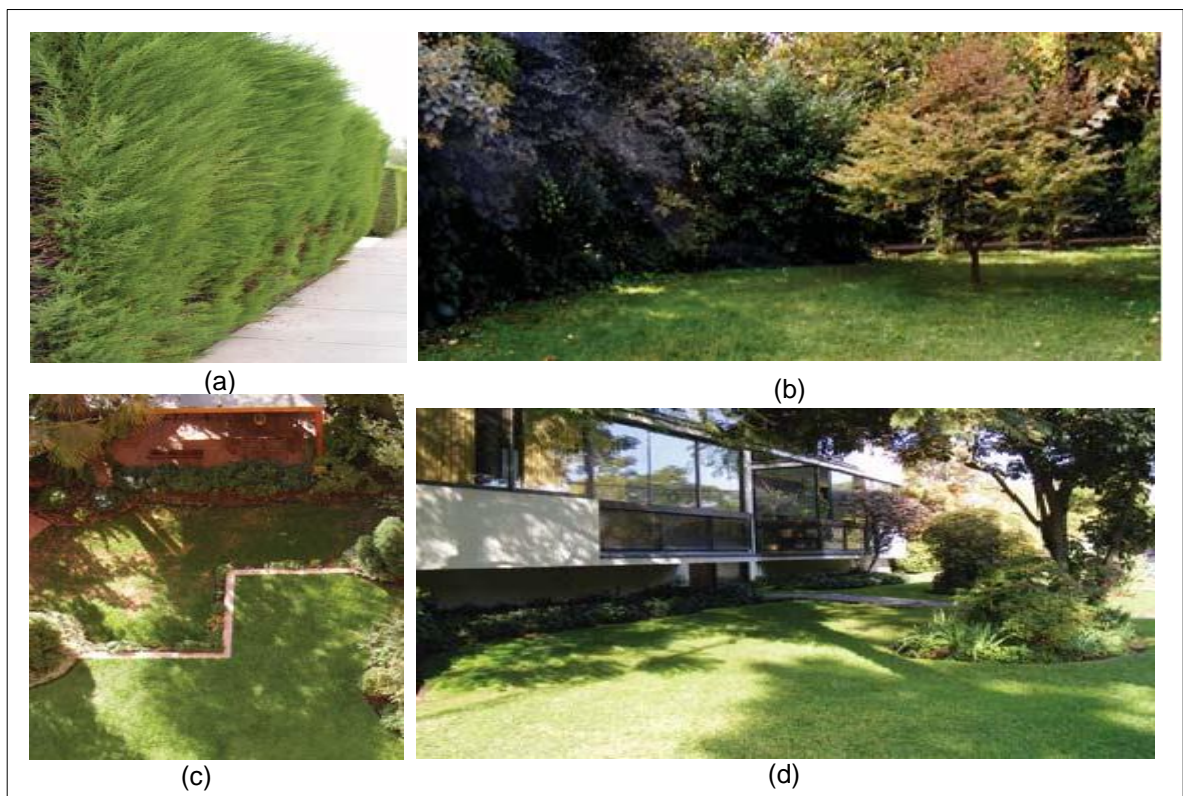


Figura 2.2: (a) Áreas de cerramiento (b) Áreas de recreación (c) Áreas de goce visual (d) Áreas de sombra  
[Fuente: SEH (2009)]

## 2.2 JARDÍN XERÓFITO

El xeriscape (paisaje seco) es un concepto acuñado en los Estados Unidos a principios de los años 80 tras la grave sequía que sufrieron en el oeste (California y Colorado), lo que puso en manifiesto la necesidad de construir jardines de bajo consumo de agua, evitando en todo momento el despilfarro.

La aplicación de los conceptos de jardín xerófito en nuestro país puede adquirir gran relevancia en el ahorro del consumo de agua, sobre todo en las regiones con reducidas precipitaciones, como es el caso de la Región Metropolitana.

La Región Metropolitana posee un Clima templado cálido con lluvias invernales (80%) y una estación seca prolongada de 7 a 8 meses, en que llueve menos de 40 [mm]. es cada uno de ellos. El agua caída en verano inclusive puede ser menor a 1 [mm]. (Sello de eficiencia hídrica, 2009)



Figura 2.3: Paisaje xerófito de baja mantención  
[Fuente: Bures, S (1993)]

El National Xeriscape Council de los Estados Unidos estableció siete principios fundamentales de la Xerojardinería.

### 2.2.1 Primer principio, planeamiento y diseño adecuados

El primer principio de la xerojardinería se basa en conocer las necesidades que deberá satisfacer un jardín (figura 2.4), ya sea público o privado, zonalizar el terreno según los requerimientos hídricos y definir un programa de establecimiento de jardín (Bures, S. 1993).

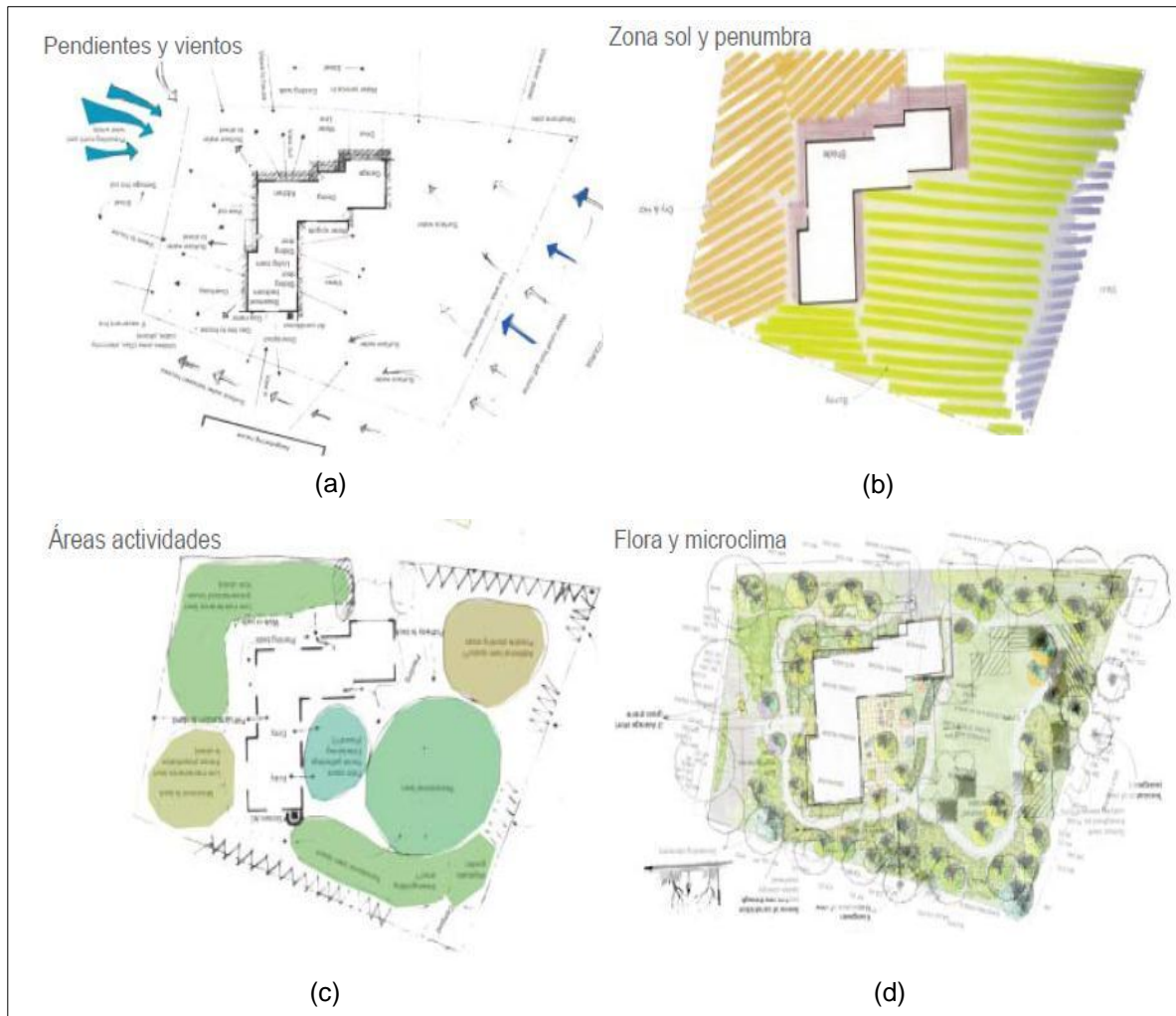


Figura 2.4: (a) Zona de pendientes y vientos (b) Zona de sol y penumbra  
(c) Zona de áreas y actividades (d) Zona de flora y microclima  
[Fuente: SEH (2009)]

### 2.2.1.1 Hídronzonas

Respecto a la vegetación es de suma importancia definir las hídronzonas, consistentes en la agrupación o zonificación de las especies de acuerdo a sus necesidades de agua. (SEH, 2009).

Existen 4 tipos de hídronzonas (tabla 2.2).

Tabla 2.2: Hídronzonas

Tipo	Descripción	Imagen
<b>Hídronzona Principal</b>	Área de mayor actividad humana e interacción con el espacio verde. Se localiza cerca de las viviendas para dar mayor sensación de frescor.	Ver figura 2.5 (a)
<b>Hídronzona secundaria</b>	Visualmente importante pero con menor tráfico, son funcionalmente más pasiva y sirven para delimitar espacios y diseños.	Ver figura 2.5 (b)
<b>Hídronzona mínima</b>	Contempla las plantas que requieren una cantidad mínima de agua para sobrevivir, prácticamente estas zonas no tienen contacto con la gente.	Ver figura 2.5 (c)
<b>Hídronzona elemental</b>	Incluye especies capaces de sobrevivir sólo con las precipitaciones naturales, rara vez interactúan con las actividades humanas. Son áreas utilitarias con mulching y plantas autóctonas.	Ver figura 2.5 (d)

[Fuente: SEH (2009)]





Figura 2.5: (a) Hídrona principal (b) Hídrona secundaria  
(c) Hídrona mínima (d) Hídrona elemental  
[Fuente: SEH (2009)]

### 2.2.1.2 Desarrollo de un jardín tradicional hacia la xerojardinería

El desarrollo de un jardín de acuerdo con la pautas de la xerojardinería se basa en establecer zonas según el uso de agua. En las siguientes figuras se muestra la evolución de un jardín tradicional hacia la xerojardinería.

Jardín inicial, poco eficiente en agua: utiliza gran superficie cubierta de césped. La presencia de árboles, arbustos y plantas de temporada en la zona de césped, esto en conjunto con los ángulos del edificio, dificultan el riego uniforme del césped, resultando en un consumo excesivo del agua (figura 2.6).

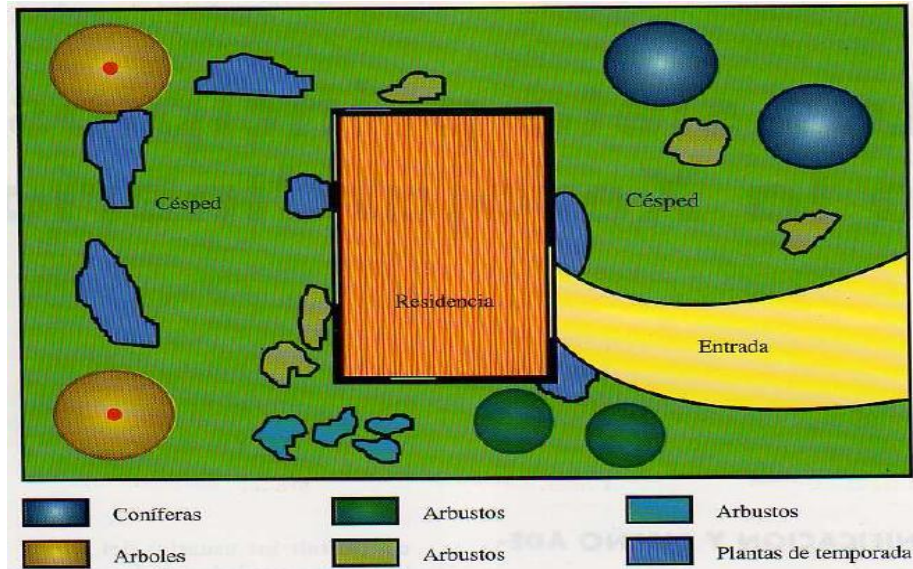


Figura 2.6: Jardín inicial poco eficiente en agua  
[Fuente: Bures, S (1993)]

Se determina el tipo de zonas, si corresponde a áreas de sombra, recreación, cerramiento o goce visual, en general se definen las zonas de alto o bajo tráfico de personas (figura 2.7).

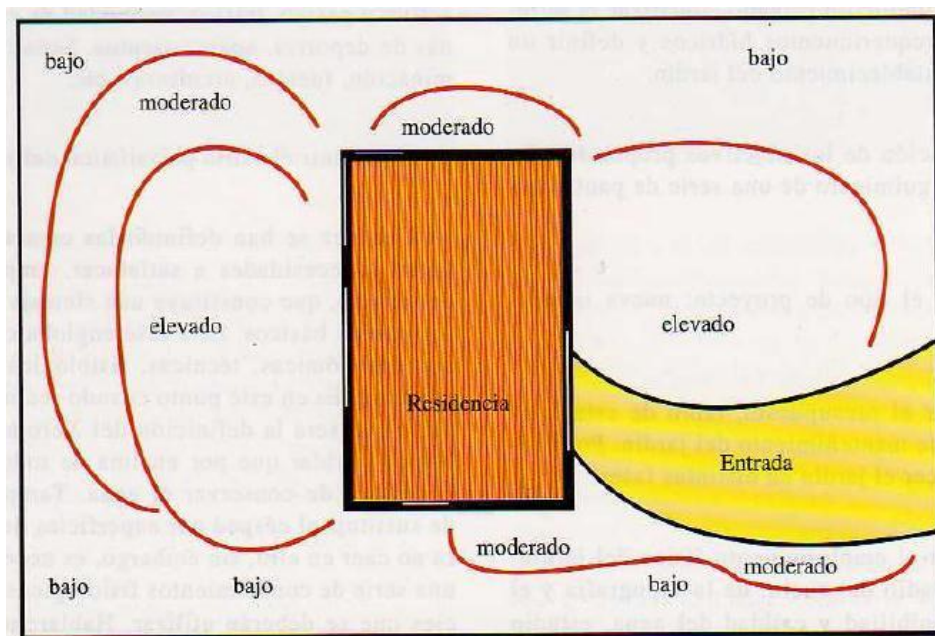


Figura 2.7: Desarrollo del plan del Xerojardín, donde están marcadas las zonas de consumo hídrico.  
[Fuente: Bures, S (1993)]

En base al tráfico de personas, se utiliza y distribuyen las diferentes especies, de manera que el consumo de agua sea uniforme para cada hídrona. Las zonas de bajo tráfico tendrán especies con menos consumo hídrico, en cambio las zonas de recreación generalmente poseen césped o especies de alto consumo hídrico (figura 2.8).

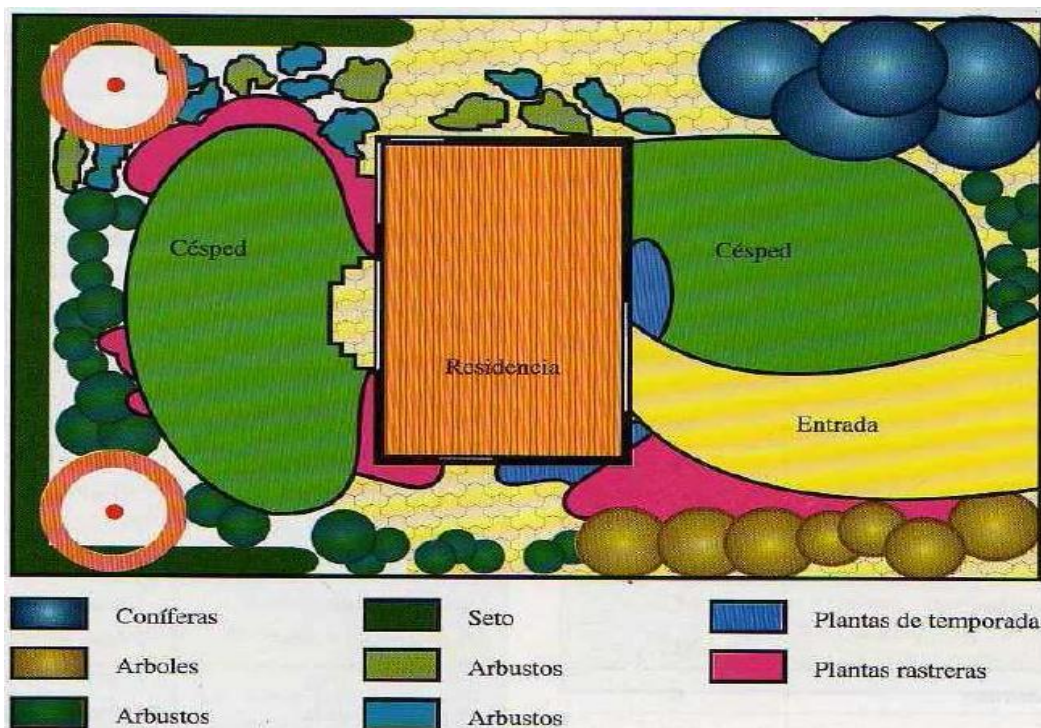


Figura 2.8: Plano del nuevo jardín desarrollado según las pautas de la xerojardinería, donde han mantenido las zonas establecidas de consumo de agua [Fuente: Bures, S (1993)]

### 2.2.2. Segundo principio, mejoramiento de la estructura del suelo

Es necesario un conocimiento detallado del suelo puesto que son sus características físicas, químicas, y topográficas las que van a condicionar la selección de las especies vegetales y el tipo de riego. Además se debe determinar si es necesario mejorar las características del suelo para conservar mejor el agua y plantar en éste.

Los suelos presentan diferentes cualidades de retención y conducción del agua dependiendo de su textura, es decir, de la proporción de arenas (partículas entre 0,05 y 2 [mm]. de diámetro), limos (entre 0,002 y 0,05 [mm]) y arcillas (menores de 0,002 [mm]) que contienen. (SEH, 2009)

Los suelos arenosos poseen generalmente un buen drenaje<sup>1</sup>, mientras que los suelos arcillosos presentan dificultad en la penetración y disponibilidad del agua para las plantas. La textura define también el movimiento del agua. Mientras que en los suelos arcillosos el agua penetra lentamente y se extiende en superficie, en los suelos arenosos el agua penetra con facilidad y se pierde en el subsuelo, arrastrando consigo los nutrientes solubles (Bures, S. 1993).

Al añadir material orgánico como paja, hojas o corteza se refresca la superficie del suelo, mejorando el drenaje, la penetración de la humedad y la capacidad del terreno de retener agua, obstaculizando así la evaporación.

### **2.2.3. Tercer principio, empleo de mulch**

El mulch es una técnica que utiliza materiales orgánicos e inorgánicos para mejorar el crecimiento y desarrollo de las plantas, facilitando las labores de mantenimiento en el jardín. El mulch consiste en una cubierta o mantillo sobre el suelo de materiales orgánicos como hojas, astillas, corteza, coníferas de pino, cáscaras de nuez y compost grueso, e inorgánicos como minerales, grava, granito, piedras de río y volcánicas (SEH, 2009).

El mulching evita la pérdida de agua en superficie, al disminuir la temperatura del suelo y el efecto del viento. El mulching evita también la reflexión de calor del suelo desnudo hacia las plantas, edificios adyacentes y regula la temperatura del suelo, que se

---

<sup>1</sup> Drenaje: Propiedad natural de ciertos suelos, que permite la rápida penetración del agua en capas inferiores.

mantiene más uniforme durante las distintas épocas del año, protegiendo a la vez del calor excesivo en verano y de las heladas en invierno (Bures, S. 1993).

Los productos de mulch para jardinería varían en qué tan apropiados son para variados usos. Los mulches orgánicos mantienen húmedo el suelo y reflejan menos calor, otorgando buenos resultados con plantas adaptadas a microclimas más frescos (SEH, 2009). Los materiales inorgánicos, como la grava o tierra volcánica también puede utilizarse como material de mulching y tienen como ventaja el hecho de que son muy duraderos y poseen muchas veces un mayor valor ornamental (Bures, S. 1993).

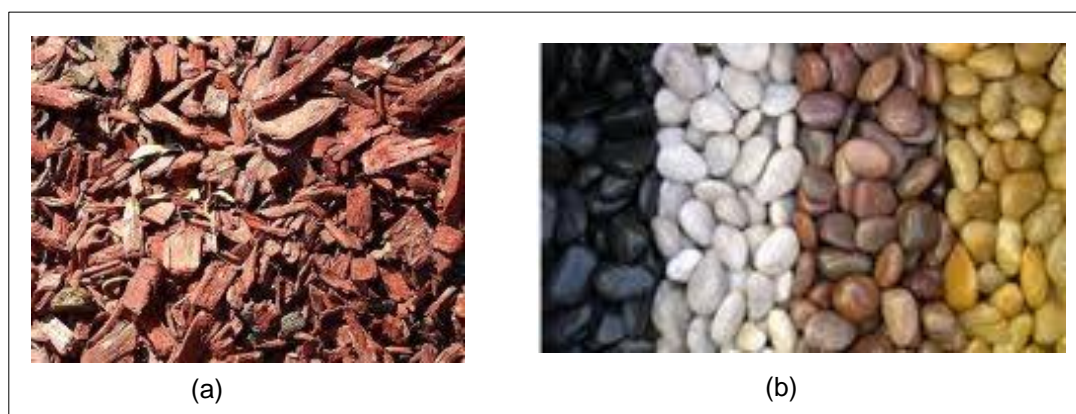


Figura 2.9: (a) Mulch orgánico (b) Mulch inorgánico  
[Fuente: SEH, (2009)]

#### 2.2.4. Cuarto principio, selección adecuada de la flora

Todas las plantas pueden ser utilizadas en xerojardinería, siempre y cuando estén adaptadas a las características de la zona donde se establecerá el jardín (Bures, S. 1993).

Los jardines de bajo consumo de agua no están constituidos únicamente por plantas de climas semiáridos, ni se limitan a utilizar sólo especies nativas. La ventaja del uso de especies nativas es que están mejor adaptadas, por lo que son resistentes a la sequía, suelo salino, clima, plagas, entre otros). Emplear flora nativa es además económico puesto que las plantas son producidas en un entorno próximo, y su coste de conservación y mantenimiento es mínimo.

Existe una variedad de especies nativas muy amplia que cubren todas las necesidades de formas, texturas, tamaños, colores, clima y suelos. Al momento de seleccionar especie, hay que considerar que estas posean requerimientos similares, ya que deberán compartir un espacio con iguales características de luz, agua, entre otros. (SEH, 2009). Es importante, sin embargo, estudiar detenidamente el hábitat de desarrollo de estas plantas: las plantas nativas que crecen a la sombra de los árboles se desarrollarán mal cuando estén instaladas en medio de un jardín a pleno sol (Bures, S, 1993).

Las especies invasivas constituyen una de las amenazas más serias a la sobrevivencia de miles de especies en la actualidad. Ayudadas por los humanos, innumerables especies han colonizado nuevos ambientes contribuyendo a la extinción de muchos organismos a través de competencia, predación o alteración del hábitat. A las complicaciones técnicas de la erradicación de especies exóticas se suma la falta de comprensión del problema por parte de la sociedad (Ministerio del medio ambiente, Chile, 1998).

### **2.2.5. Quinto principio, uso eficaz del césped**

El césped es en muchos jardines la planta por excelencia. Hoy en día casi nadie se plantea realizar un jardín sin cubrirlo de grandes superficies de césped. El césped tiene sus ventajas: evita la erosión y la escorrentía, pero también sus grandes inconvenientes: es el consumidor principal de agua en el jardín (Bures, S. 1993). Se calcula que consume aproximadamente el 70% del agua que se aporta en un área verde convencional (SEH, 2009). El césped no es un elemento imprescindible, se pueden realizar jardines sin césped empleando masas arbustivas, plantas tapizantes, gravillas, áridos, corteza de pino. De ser necesario, se debe emplear césped solo en pequeñas áreas acotadas como aquellas de mayor visibilidad, de recreación o alrededor de una piscina.

Para el manejo del césped se recomienda no regar con tanta frecuencia para así estimular el crecimiento radicular<sup>2</sup> en profundidad, se debe acostumbrar al césped a poca agua para que sus raíces profundicen más (SEH, 2009). Con el mismo fin (Bures, S 1993) plantea una mejora del suelo en profundidad, ya que se dispone de una mayor reserva de agua en épocas de escasa precipitación.

### 2.2.6 Sexto principio, sistemas de irrigación eficientes

En general se riega mucho más de lo necesario, con el consiguiente despilfarro de agua, tanto en jardines privados como áreas verdes públicas. El estado de Colorado en EE.UU. dirigió un estudio que concluyó que más del 50% del consumo de agua potable urbano es destinado al riego de áreas verdes. El riego puede ser manual o tecnificado.

#### 2.2.6.1 Riego Manual

Por riego manual entendemos aquel que no es automatizable y cuya inversión es mínima. Normalmente se ejecuta por medio de una manguera o regadera conectada a una matriz de agua, también puede ser por inundación, práctica frecuente en las zonas rurales (figura 2.10).



Figura 2.10: Riego manual  
[Fuente: SEH (2009)]

---

<sup>2</sup>Zona radicular: Capa del suelo que contiene raíces de plantas.

### 2.2.6.2 Riego Tecnificado

El riego tecnificado requiere mayor inversión y puede ser automatizable. Consiste básicamente en un sistema de cañerías y difusores de agua (aspersores, goteros) conectados a un programador que permiten un riego dirigido y preciso. Puede contar con sensores de lluvia y humedad que permiten una programación acorde con los requerimientos ambientales del momento para el suministro de agua (SEH, 2009).

#### 2.2.6.2.1 Riego por aspersión

En el riego por aspersión el agua se distribuye en el campo en forma de llovizna artificial, con la finalidad de reproducir una lluvia natural, por medio del rociado del agua sobre la superficie del suelo a través de equipo especiales de rociado (figura 2.11). La eficiencia de riego<sup>3</sup> para este sistema es en promedio del 85%. (Fernández, R. 2005. El Impacto de la Tarifa Eléctrica Subsidiada sobre la Adopción de Tecnología de Riego, Licenciatura en economía, Universidad de las Américas Puebla).



Figura 2.11: Riego por aspersión  
[Fuente: SEH (2009)]

<sup>3</sup> Entiéndase por eficiencia el porcentaje de agua que realmente aprovecha la planta que se está regando, el resto se pierde principalmente por evaporación o percolación profunda. (SEH, 2009)



### 2.2.6.2.2 Riego por goteo

En el riego por goteo, el agua se suministra en forma de gotas directamente a la zona radicular de la planta en cantidades extraordinariamente pequeñas (gota a gota) de agua mezclada con fertilizantes, utilizando dispositivos especiales que se colocan en el terreno, encima de la superficie de la tierra o sobre ella. La eficiencia de riego para este sistema es en promedio del 95% (Fernández, R. 2005).

Aunque los tres sistemas tienen sus ventajas e inconvenientes, en general, el riego por goteo es el más apropiado para un jardín xerofito, ya que el agua se entrega a ritmo lento y va directamente a la base de la planta, reduciendo la erosión y pérdida por evaporación (figura 2.12).

Las plantas nativas de cada región viven de la lluvia natural. Sin embargo se deben regar desde que se plantan y hasta que pasa el primer año o segundo año, luego sobreviven por si mismas necesitando únicamente riegos de apoyo esporádicos (SEH, 2009).



Figura 2.12: Riego por goteo  
[Fuente: SEH (2009)]

### 2.2.7 Séptimo principio, mantenimiento apropiado

El jardín es un ente vivo que necesita cuidado y mantención constante. Incluso en el caso de la xerojardinería, que implica jardines de bajo mantenimiento, existe una serie de prácticas inevitables, como eliminar malas hierbas, podar, cortar el césped, abonar, controlar plagas, enfermedades y por supuesto, regar. El objetivo principal del mantenimiento del xerojardín será evitar que el jardín derive a un jardín tradicional. Las prácticas inadecuadas pueden fomentar la demanda hídrica de las especies utilizadas. El jardín debe mantenerse en un estado óptimo, pero no puede permitirse una vegetación con consumo de lujo respecto al agua. La mayoría de las plantas pueden considerarse oportunistas respecto al agua: si se aporta más agua, crecen más, desarrollan sistemas radiculares ineficientes y necesitarán más agua. Así, el xerojardín requerirá un menor aporte de fertilizantes, una poda superficial, y menos agua. Como ventaja podemos indicar que una menor cantidad de agua contribuirá a disminuir los problemas de malas hierbas y enfermedades.

A continuación se presentan algunas pautas para el mantenimiento (tabla 2.3).

Tabla 2.3: Pautas para el mantenimiento de jardines xerófitos

Tipo de mantención	Descripción
<b>Abonado</b>	Basarse en el análisis del suelo, controlar la dosis; es preferible utilizar abonos de liberación lenta, suelen ser más caros, pero permanecen durante más tiempo en el suelo y no son lavados hacia el subsuelo tan rápidamente como los fertilizantes tradicionales, resultando más económicos a largo plazo.
<b>Poda</b>	Una poda fuerte favorece el crecimiento vigoroso de las plantas, resultando en un mayor consumo de agua. Es mejor que los arbustos tengan un crecimiento abierto de aspecto más natural, que resulta menos estresante para la planta.
<b>Cortar el Césped</b>	Un alto corte de césped y poco frecuente favorece el endurecimiento del césped, un mejor desarrollo radicular, y a la larga, éste poseerá una mayor resistencia a plagas, enfermedades y a la sequía.
<b>Control de plagas</b>	El xerojardín combina una amplia multitud de especies vegetales; esto favorece el desarrollo de insectos beneficiosos, que contribuyen al control de plagas, evitando a la vez la propagación de enfermedades como ocurre en jardines donde se utilizan pocas especies.

[Fuente: Bures(1993)]

## 2.3 NECESIDADES HÍDRICAS EN ÁREAS VERDES

“Un buen cálculo de las necesidades de agua, es la base para el diseño del sistema de riego y a su vez para dar una respuesta adecuada a las necesidades hídricas de las plantas, lo que se reflejará finalmente en las propiedades visuales que exhibirá la zona afectada”(Muncharaz. M, 2006).

### 2.3.1 Evapotranspiración

El Ministerio de la vivienda y urbanismo (MINVU) define que el concepto evapotranspiración (ET), corresponde a la tasa de agua debida a la transpiración de la vegetación, más la evaporación del suelo y de la superficie húmeda de la vegetación

Se justifica debido a que la cantidad de agua retenida por las plantas, es insignificante frente al agua evaporada en forma de vapor por las distintas partes de la planta (transpirada). Además desde el suelo se produce una evaporación de agua a la atmósfera de las capas más superficiales (figura 2.13).

Así la evapotranspiración es el producto de un valor que representa el clima, evapotranspiración de referencia (ET0), por un valor que representa el jardín y los factores que hacen variar su ET, coeficiente de jardín (kj).

$$ET= ET0 \times K_j \quad (\text{ec. 2.1})$$

Donde:

- ET Evapotranspiración,
- ET0 Evapotranspiración de referencia,
- Kj Coeficiente de jardín.

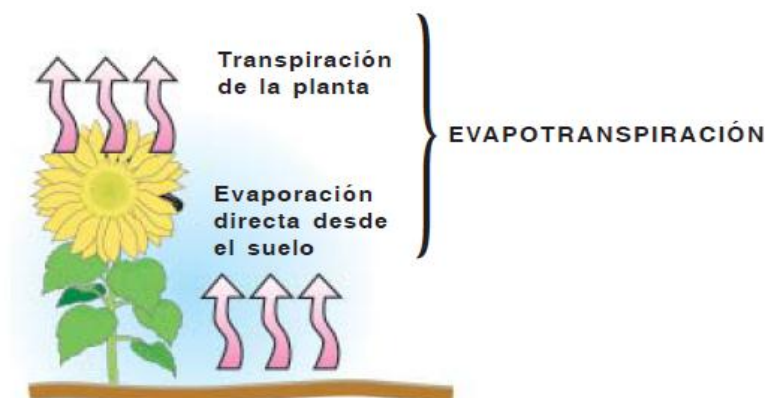


Figura 1. Necesidades de agua de las plantas.

Figura 2.13: Evapotranspiración  
[Fuente: Manual de riego de Jardines, Junta de Andalucía (2004)]

### 2.3.1.1 Evapotranspiración de referencia

“La  $ET_0$  estima los efectos de las condiciones climáticas sobre la ET que presenta un tipo vegetal estándar tomado como referencia, habitualmente alfalfa o, más comúnmente, una gramínea, que crece disponiendo de toda el agua necesaria y libre de enfermedades” (Sánchez, M. & Carvacho, L. 2011 Comparación de ecuaciones empíricas para el cálculo de la evapotranspiración de referencia en la Región del Libertador General Bernardo O’higgins, Revista de Geografía Norte Grande, Chile, N°50). Este parámetro varía según las condiciones climáticas (Radiación solar, temperatura, humedad, entre otros).

Para determinar la  $ET_0$  existen diversas ecuaciones que han sido utilizadas en nuestro país (Sánchez, M & Carvacho, L. 2011). Expuso resultados de un experimento de medición, al usar distintos métodos para determinar la  $ET_0$ . Una de las combinaciones de ecuaciones con coeficiente de correlación entre 0,99 fue Turc y Jensen-Haise.

Según (McKenney & Rosenberg, 1993). Aunque se reconoce que los conceptos de ETP (método Turc) y  $ET_0$  (método Jensen-Heise), en estricto rigor, son diferentes, ambos indican cantidades máximas de agua perdida a favor del ambiente, y por ello en algunos estudios han sido considerados equivalentes

En el presente estudio, no se consideran los conceptos ETP y ET0 equivalentes, para que de esta manera se obtenga un valor estrictamente de ET0.

#### 2.3.1.1.1 Método de Jensen-Haise

El método propuesto por M.E. Jensen y H.R. Haise, en 1963, también basado sobre la radiación solar y la temperatura del aire, tomado de Rosenberg et al. (1983), se presenta como:

$$ET0 = R_s \times (0,025 \times T_m + 0,08) \text{ [mm]/día} \quad (\text{ec.2.2})$$

Donde:

ET0 evapotranspiración de referencia, expresada en [mm]/día,

R<sub>s</sub> radiación global incidente, expresada en [mm]/día,

T<sub>m</sub> temperatura media diaria, expresada en [°C].

#### 2.3.1.2 Coeficiente de Jardín (Kj)

El coeficiente de jardín (Kj) describe las necesidades hídricas de las plantas de jardín, teniendo en cuenta tres coeficientes en función:

- Las especies que componen el jardín (Ke),
- La densidad de plantación (Kd),
- Las condiciones microclimáticas (Km).

El coeficiente de jardín utilizado debe proporcionarnos la evapotranspiración del jardín (ET), que a su vez nos servirá para el cálculo de las necesidades de agua, y en este caso no serán las necesidades totales, si no las necesidades para cumplir con la apariencia de las plantas y que estas tengan un crecimiento adecuado, siempre inferiores a las anteriores (Muncharaz, M.2006).

Se define según la siguiente expresión:

$$K_j = K_e \times K_d \times K_m \quad (\text{ec.2.3})$$

Donde:

- K<sub>j</sub> Coeficiente de jardín,
- K<sub>e</sub> Coeficiente de especie,
- K<sub>d</sub> Coeficiente de densidad,
- K<sub>m</sub> Coeficiente de Microclima.

A continuación se describe cada uno de estos coeficientes (tabla 2.4).

Tabla 2.4: Factores para determinar el coeficiente de jardín

Tipo de Coeficiente	Tipo	Descripción	Valor del coeficiente
<b>Coeficiente de especie (Ke)</b>	<b>Muy bajo</b>	Este coeficiente se utiliza para el cálculo del agua según necesidades particulares de cada especie botánica. Se emplean valores menores a 0,1	< 0,1
	<b>Bajo</b>	Este coeficiente se utiliza para el cálculo del agua según necesidades particulares de cada especie botánica. Se emplean valores entre 0,1 y 0,3	0,1 - 0,3
	<b>Medio</b>	Este coeficiente se utiliza para el cálculo del agua según necesidades particulares de cada especie botánica. Se emplean valores entre 0,4 y 0,6	0,4 - 0,6
	<b>Alto</b>	Este coeficiente se utiliza para el cálculo del agua según necesidades particulares de cada especie botánica. Se emplean valores entre 0,7 y 0,9	0,7 - 0,9
<b>Coeficiente de densidad (Kd)</b>	<b>Bajo</b>	Un solo nivel de árboles con cobertura inferior al 70%. Un solo nivel de arbustos o tapizantes con cobertura inferior al 90%. Jardín con más de un nivel con muy baja densidad (figura 2.14).	0,5 - 0,9
	<b>Medio</b>	Un solo nivel de árboles con cobertura entre el 70% y 100%. Un solo nivel de arbustos o tapizantes con cobertura del 90% al 100%. Plantaciones de varios niveles de densidad media	1
	<b>Alto</b>	Plantaciones de varios niveles con densidad alta, es decir cobertura completa en algún nivel (Muncharaz, M. 2006). Se considera un Kd alto en jardines, cuando tienen árboles y arbustos plantados sobre una capa de tapizantes (figura 2.14).	1,1 - 1,3
<b>Coeficiente de microclima (Km)</b>	<b>Bajo</b>	En esta categoría se incluirán los jardines en umbría (ya sea por exposición o por protección), y aquellos que están fuertemente protegidos de los vientos dominantes.	0,5 - 0,9
	<b>Medio</b>	Es aquella en la que las estructuras, edificaciones, entre otros. no influyen en el microclima del jardín. En condiciones microclimáticas "altas" o "bajas" existe una influencia externa sobre las condiciones naturales del jardín.	1
	<b>Alto</b>	Se considera en esta categoría cuando la zona está influida por fuentes externas de calor o está sometida al aumento de la evaporación. Las fuentes de calor pueden proceder de vehículos, edificios, estructuras o uso masivo de pavimentos.	1,1 - 1,4

[Fuente: Manual de riego de jardines, Junta de Andalucía. (2004)]

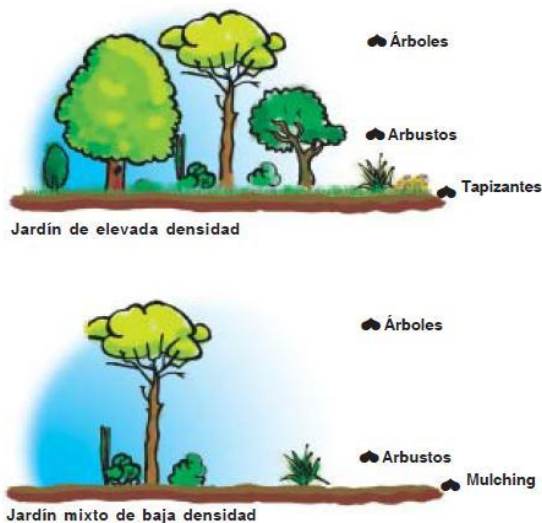


Figura 2.14: Jardines de elevada y baja densidad  
[Fuente: Manual de riego de Jardines, Junta de Andalucía. (2004)]

### 2.3.2 Necesidades de riego del jardín

La cantidad de agua que necesita la planta se debe aportar con el riego, o mejor dicho con las necesidades netas de riego ( $N_n$ ). Las  $N_n$  corresponden a la diferencia entre la cantidad de agua que se pierde por la ET y el agua que se aporta en forma de lluvia ( $P$ ).

No se debe considerar la precipitación total de cada mes, pues toda la lluvia que cae no es aprovechable por las plantas. La introducción de la lluvia efectiva ( $P_e$ ) se debe a tres factores:

- Cuando las lluvias son muy fuertes, parte del agua se infiltra en el suelo en profundidad y no queda almacenada a nivel del sistema radicular.
- En estas situaciones las lluvias intensas, otra parte de ellas no se infiltra y se pierde por escorrentía superficial.
- Por el contrario, precipitaciones de escaso caudal no son aprovechables, ya que no llegan a penetrar al nivel del sistema radicular y se evaporan a nivel de suelo. En ningún caso se deben considerar precipitaciones inferiores a 2 [mm] en 24 horas, o inferiores a 10 [mm] en un mes.



La Organización de las Naciones para la Alimentación (FAO) recomienda utilizar las siguientes formulas en zonas donde la pendiente sea inferior al 5%:

- Si la precipitación es mayor a 75 [mm]/mes:

$$Pe = 0,8 P - 25 \text{ [mm]/mes} \quad (\text{ec.2.4})$$

Donde:

Pe Lluvia efectiva,

P Lluvia.

- Si la precipitación es menor de 75 [mm]/mes:

$$Pe = 0,6 P - 10 \text{ [mm]/mes} \quad (\text{ec.2.5})$$

Donde:

Pe Lluvia efectiva,

P Lluvia.

Considerando la lluvia efectiva en (Pe), las necesidades netas (Nn) de agua en el jardín serán:

$$Nn = ET - Pe \text{ [mm]/mes} \quad (\text{ec.2.6})$$

Donde:

Nn Necesidades netas de riego ([mm]/mes)

ET Evapotranspiración ([mm]/mes)

Pe Lluvia efectiva ([mm]/mes)

Sin embargo, el agua que se aporta al suelo con un tipo de riego no es aprovechada en su totalidad por la planta, sino que, parte se pierde por escorrentía y/o filtración profunda. Por tanto, la cantidad de agua que se debe aportar con el agua de riego o Necesidades brutas (Nb) se calculará teniendo en cuenta una serie de factores como:

- La eficiencia de aplicación de riego (Ea)
- La fracción de lavado (FL)

Teniendo en cuenta la eficiencia de aplicación (Ea), las necesidades brutas de riego se calcularían con la siguiente expresión.

$$Nb = Nn / Ea \text{ [mm]/mes} \quad (\text{ec.2.7})$$

Donde:

Nb = Necesidades brutas de riego [mm]/mes,

Nn = Necesidades netas de riego [mm]/mes,

Ea = Eficiencia de aplicación [mm]/mes.

Como valores para la eficiencia en la aplicación se pueden considerar los descritos en la tabla 2.5.

Tabla 2.5: Eficiencia de aplicación según cada sistema de riego

Tipo de riego	Eficiencia de aplicación (Ea)
Riego localizado Subterráneo	0,95
Riego localizado en superficie	0,9
Difusores y micro-aspersores	0,8
Aspersores	0,7 - 0,8
Superficie	0,5 - 0,65

[Muncharaz, M. (2006)]

Se debe considerar que si las aguas de riego tienen cierta salinidad, las necesidades brutas son mayores, ya que se debe introducir un factor de corrección denominado fracción de lavado (FL). Esta fracción nos sugiere una sobredosis de agua para evitar la acumulación de sales en la zona radicular de la planta.

La cantidad de agua de lavado se puede estimar a partir de una curva de necesidades de lavado, calculando previamente el factor de concentración permisible (FC). Este factor se obtiene dividiendo el umbral de tolerancia a la salinidad de una planta por la salinidad del agua de riego, que se desprende del análisis de la misma. Una vez establecidas las necesidades de lavado, se transforman en fracción de lavado dividiendo por 100.

$$F_c = \frac{\text{Umbral de tolerancia del cultivo (Ds/[m])}}{\text{Salinidad del agua de riego (Ds/[m])}} \quad (\text{ec.2.8})$$

Donde:

Fc = Factor de concentración concentración permisible.

Umbral de tolerancia del cultivo = es aquella cantidad de sales en la zona radicular por encima de la cual la planta sufre reducciones en su crecimiento y producción con respecto a condiciones no salinas y suele darse en milimhos por centímetro [mmho/cm] o decisiemens por metro [dS/m].

Salinidad del agua de riego= Se refiere a la cantidad de sales que contiene el agua de riego, se mide mediante la conductividad eléctrica en unidades de milimhos por centímetro [mmho/cm] o decisiemens por metro [dS/m].

Se determina las necesidades de lavado mediante la siguiente curva (figura 2.15):



Figura 2.15: Curva de necesidades de lavado  
[Fuente: Manual de riego de Jardines, Junta de Andalucía. (2004)]

Finalmente en suelos salinos las necesidades brutas de riego se determinan con la siguiente ecuación:

$$N_b = \frac{N_n}{E_a \times (1-FL)} \quad (\text{ec.2.9})$$

Donde:

- N<sub>b</sub> Necesidades brutas,
- N<sub>n</sub> Necesidades netas,
- E<sub>a</sub> Eficiencia en la aplicación,
- FL Fracción de lavado.

Al usar la fracción de lavado para el cálculo de las necesidades brutas de riego, estas se mayoran demasiado. Es por este motivo que las necesidades brutas de riego se calculan con las siguientes expresiones según se trate de riego localizado o aspersión.

Riego localizado: Para calcular las necesidades bruta de riego se compara la eficiencia de aplicación (ecuación 2.10) con la expresión (1-Fracción de lavado) en la ecuación 2.11. La ecuación que presente la menor necesidad bruta es la que se emplea.

$$N_b = \frac{N_n}{E_a} \quad (\text{ec.2.10})$$

$$N_b = \frac{N_n}{(1-FL)} \quad (\text{ec.2.11})$$

Donde:

N<sub>b</sub> Necesidades brutas,  
 N<sub>n</sub> Necesidades netas,  
 E<sub>a</sub> Eficiencia en la aplicación,  
 FL Fracción de lavado.

### Riego por Aspersión

- Si la fracción de lavado es inferior al 10%

$$N_b = \frac{N_n}{E_a} \quad (\text{ec.2.12})$$

- Si la fracción de lavado es superior al 10%

$$N_b = \frac{0,9 \times N_n}{E_a \times (1-FL)} \quad (\text{ec.2.13})$$

Donde:

N<sub>b</sub> Necesidades brutas,  
 N<sub>n</sub> Necesidades netas,  
 E<sub>a</sub> Eficiencia en la aplicación,  
 FL Fracción de lavado.

## **2.4 RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIA**

En muchos lugares del mundo con alta o media precipitación y en donde no se dispone de agua en cantidad y calidad necesaria para consumo humano, se recurre al agua de lluvia como fuente de abastecimiento. Al efecto, el agua de lluvia es interceptada, colectada y almacenada en depósitos para su posterior uso.

### **2.4.1 Captación de estructuras impermeables superficiales**

Se pueden mantener estructuras específicas para la captación de agua, como canchas, patios impermeables y estacionamientos (tabla 2.6), los cuales pueden ser de diferentes materiales:

- mampostería u hormigón,
- cubierta de lámina plástica,
- piso emparejado y compactado,
- lajas de piedra natural (rocas calizas, por ejemplo), donde existan.

#### **2.4.1.1 Ventajas de la captación de estructuras impermeables superficiales**

Las superficies impermeables construidas sobre el terreno para la captación de agua presentan algunas ventajas en relación a la captación de techos:

- Son más flexibles en términos de dimensión del área de captación que la captación de techo. La superficie se puede aumentar sin necesidad de construir una estructura (casa o galpón) para sostenerla.
- Pueden ser construidas en las proximidades del lugar donde será usada el agua.

### 2.4.1.2 Desventajas de la captación de estructuras impermeables superficiales

- Por estar al nivel del suelo, la superficie de captación está más expuesta a la contaminación, lo cual limita la utilización del agua para consumo doméstico.

Tabla 2.6: Tipos de piso

Tipo de piso	Descripción	Coefficiente de escorrentía
<b>Suelo emparejado y compactado</b>	Es la superficie más simple y barata, El suelo tiene que ser arcilloso, pero sin grietas cuando se encuentra seco.	< 0,5
<b>Lajas de rocas</b>	Si existen en el lugar lajas de rocas expuestas en la superficie, se pueden aprovechar para establecer el área de captación. Si el tipo de roca es impermeable y la superficie es uniforme se obtiene un gran coeficiente de escorrentía.	> 0,8
<b>Lámina plástica</b>	La cobertura plástica presenta como ventaja la facilidad y rapidez para establecer la captación y el elevado coeficiente de escorrentía, si el terreno está bien emparejado y uniforme.	> 0,8
<b>Hormigón</b>	Probablemente es la opción de piso más trabajosa y de costo más alto, pero es la más eficiente, duradera y fácil de manejar.	0,8

[Fuente: Manual de riego de Jardines, Junta de Andalucía. (2004)]

### 2.4.2 Reconocimiento y preparación de la superficie del terreno

Al no existir condiciones de captación superficial, el lugar del estanque de almacenamiento deberá ser excavado. La superficie del patio se prepara con una ligera pendiente hacia el punto de salida (1%, como máximo) para que el agua escurra, pero suavemente. Si se emplea hormigón, la pendiente puede llegar a un 2%.

### 2.4.3 Delimitación del patio

La superficie definida como patio debe estar delimitada por una barrera (10 a 20 [cm] de alto), construida generalmente de ladrillos. También se pueden utilizar otros materiales más baratos, como piedra-mortero, tablas usadas u otros materiales que cumplan la

función. La selección dependerá de los recursos disponibles y del nivel de eficiencia que se proyecta.

#### 2.4.4 Dimensionamiento de la captación y del almacenamiento

Una etapa importante de los proyectos de captación de agua de lluvia para su aprovechamiento posterior es la estimación correcta de las dimensiones del sistema, el cual debe estar en conformidad con la lluvia local, las necesidades de uso y la relación que debe existir entre los componentes de captación y almacenamiento.

“Se puede calcular el área de techo o de superficie impermeable que se necesita y el tamaño de la estructura de almacenamiento, por medio de la relación (FAO, 2013):

$$AC = \frac{VT}{C \times P_m} \quad (\text{ec.2.14})$$

Donde:

- Ac Área de captación [m<sup>2</sup>],
- VT Volumen total de la estructura [m<sup>3</sup>],
- C Coeficiente de escorrentía,
- Pm Precipitación promedio anual [mm].

#### 2.4.5 Estanques de mampostería y hormigón

Los estanques construidos en mampostería generalmente son rectangulares o cuadrados, con materiales variados (hormigón, hormigón con ladrillos y mezcla, bloques de cemento y mezcla, ladrillos y mezcla, piedra y mezcla, entre otras combinaciones).

También los estanques pueden ser construidos sobre el terreno o estar parcialmente o totalmente bajo la superficie. Cuando son construidos en corte (excavados), la estructura normalmente gana en resistencia. Sin embargo, en las estructuras ubicadas bajo el nivel de la superficie es más difícil detectar escapes de agua.



### 3. LEVANTAMIENTO DE PLAZA EN ESTUDIO

### 3.1 UBICACIÓN

La plaza pública en estudio se ubica en la ciudad de Santiago, en la comuna de Quilicura y corresponde a la Plaza de Armas de la comuna, ubicada en calle José Francisco Vergara entre la numeración 394 y 413.



Figura 3.1. (a) Ubicación plaza en estudio (b) Vista aérea plaza en estudio  
[Fuente: Google maps]

El centro de Quilicura donde se emplaza la Plaza de Armas de la comuna, corresponde a una zona de alto tránsito, en la cual se encuentra la Municipalidad (ver figura 3.2), el Centro Cultural (ver figura 3.3), la Escuela Municipal de Música Enrique Soro y servicios de atención pública, como el SAPU N° 1- Rodrigo Rojas Denegri.

Además el lugar es un sector comercial, que cuenta con supermercados, ferreterías, gimnasio, odontología, veterinaria, Pubs, discoteque y desde mayo del 2013 el Mall Arauco Quilicura.



Figura 3.2. Municipalidad de Quilicura  
[Fuente: Elaboración propia (2013)]



Figura 3.3. Centro cultural de Quilicura  
[Fuente: Elaboración propia (2013)]

### 3.2 DESCRIPCIÓN

La plaza en estudio tiene un uso principalmente de tránsito peatonal con zonas de recreación. La plaza se compone de dos áreas principales; La primera es el área de vegetación, que se divide en cuatro zonas, desde ahora enumeradas de 1 a 4, divididas en a y b respectivamente. Presenta una gran densidad de vegetación, compuesta de césped en toda su extensión, árboles y un pequeño jardín de flores, todo esto con una superficie aproximada de 2307 [m<sup>2</sup>]. La segunda área corresponde a pavimentos, divididas en dos zonas, el pavimento interior desde ahora llamado P1, con una superficie de 1282 [m<sup>2</sup>] y el pavimento exterior desde ahora llamado P2, con una superficie de 2031 [m<sup>2</sup>]. A continuación se da a conocer el tipo de zonas en la figura 3.4 y las superficies asociadas a cada zona en la tabla 3.1.

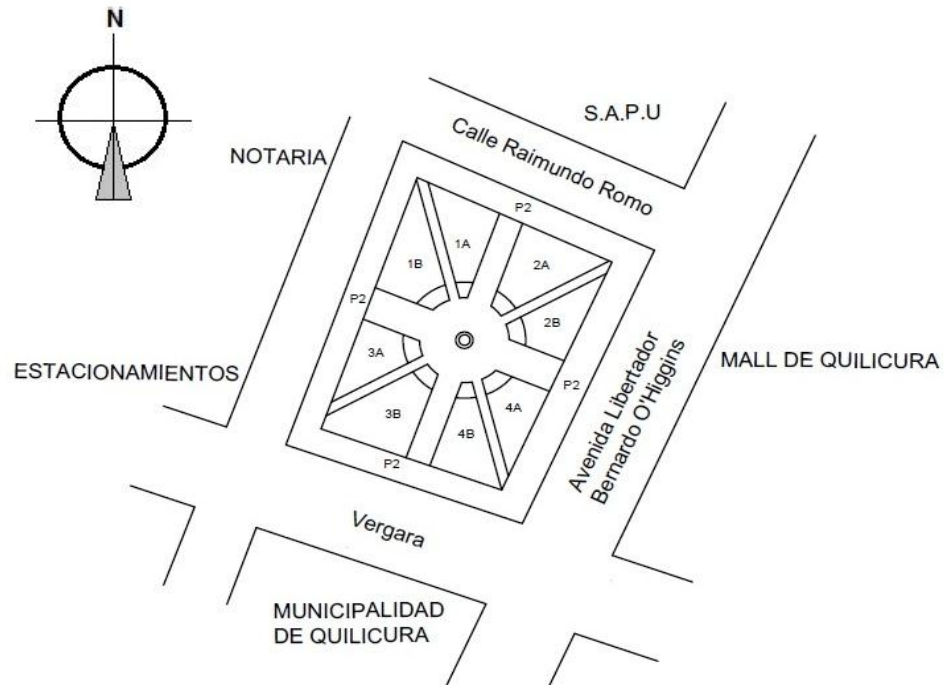


Figura 3.4. Emplazamiento Plaza de Armas de Quilicura  
[Fuente: Google maps, elaboración propia (2013)]

Tabla 3.1: Cuadro de Superficies de la Plaza de Armas de Quilicura

Área	Descripción	Superficie	Unidad
P1	Zona de pavimentos interiores	1282	[m <sup>2</sup> ]
P2	Zona de pavimentos exteriores	2031	[m <sup>2</sup> ]
1A	Zona de vegetación	273	[m <sup>2</sup> ]
1B	Zona de vegetación	325	[m <sup>2</sup> ]
2A	Zona de vegetación	342	[m <sup>2</sup> ]
2B	Zona de vegetación	253	[m <sup>2</sup> ]
3A	Zona de vegetación	236	[m <sup>2</sup> ]
3B	Zona de vegetación	370	[m <sup>2</sup> ]
4A	Zona de vegetación	238	[m <sup>2</sup> ]
4B	Zona de vegetación	270	[m <sup>2</sup> ]
<b>Área total de pavimentos</b>		<b>3313</b>	<b>[m<sup>2</sup>]</b>
<b>Área total de vegetación</b>		<b>2307</b>	<b>[m<sup>2</sup>]</b>
<b>Área total</b>		<b>5620</b>	<b>[m<sup>2</sup>]</b>

[Fuente: Google maps, elaboración propia (2013)]

A continuación se muestra algunas imágenes del interior de la plaza de armas de Quilicura.

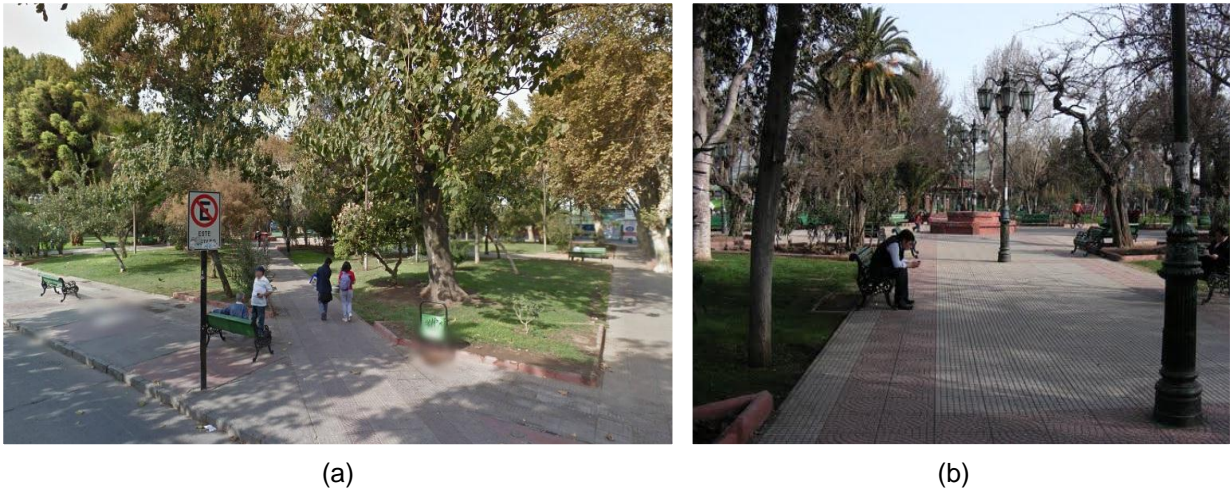


Figura 3.5: (a) vista exterior (b) vista interior  
[Fuente: maps.google.cl (2012)]

La plaza proyectada presenta una pendiente del 2% en dirección hacia los pavimentos de tránsito vehicular. El suelo correspondiente a la zona de Quilicura es del tipo arcilloso según el Plan de Desarrollo comunal de Quilicura (PLADECO 2010).

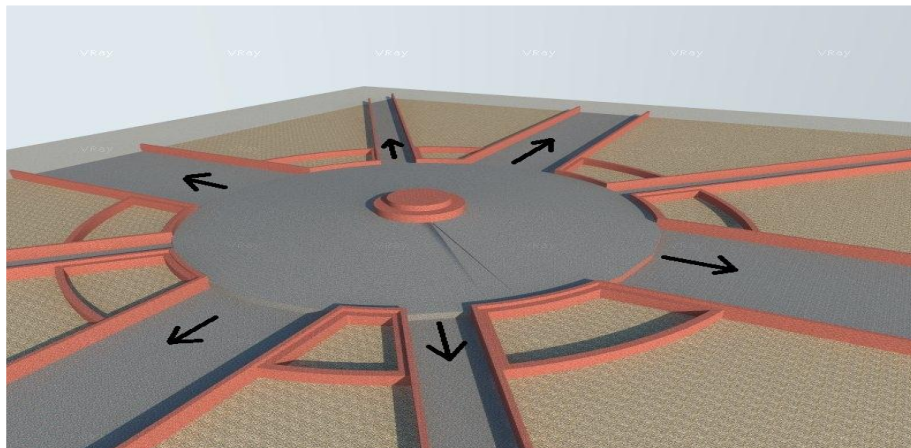


Figura 3.6: Pendiente de la Plaza en Estudio  
[Fuente: Elaboración propia, Google Sketchup]

Respecto a su materialidad, presenta:

- Solerillas, las cuales rodean las zonas de vegetación



Figura 3.7: (a) solerilla (b) Solerilla en plaza de armas de Quilicura  
[Fuente: Elaboración propia (2013)]

- Pavimento de pastelón tipo loseta española cuadro antiguo y loseta española modelo abanico.

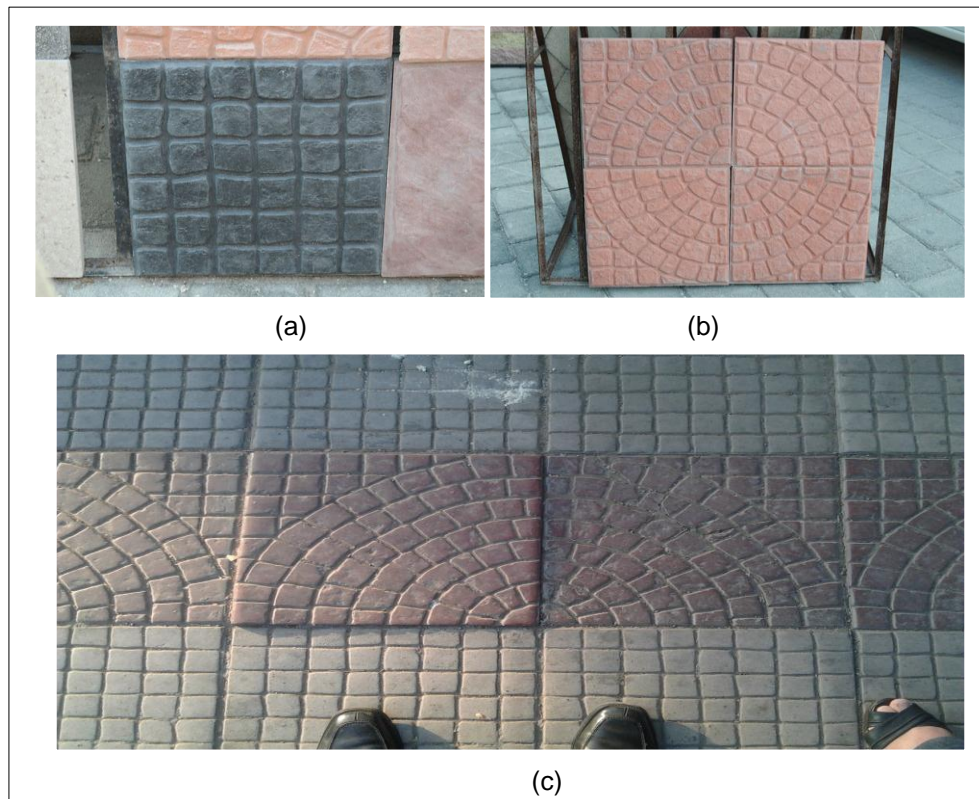


Figura 3.8: (a) Loseta española cuadro antiguo (b) Loseta española modelo abanico (c) Pastelón en plaza de armas de Quilicura  
[Fuente: Elaboración propia (2013)]

- postes metálicos de alumbrado.



Figura 3.9: Postes de alumbrado  
[Fuente: elaboración propia (2013)]

- bancas de madera.



Figura 3.10: Bancas de madera  
[Fuente: Elaboración propia (2013)]

La información que se presenta a continuación fue recopilada mediante la secretaria comunal de planificación de Quilicura (SECPLAN). En forma global la vegetación de la plaza de armas de Quilicura se compone de algunas de las siguientes especies: Platano Oriental, Fenix Canadiense, Washintoria filifera, Pronus (ciruelos), Araucaría Brasileira (Angustifolia), Desordenada Brasileira, Cipress, Robinia pseudo Acacia y Acacia Caven. Respecto a las especies que nos menciona SECPLAN Quilicura, se procede a analizar los especies con el Manual de plantas invasoras del centro- Sur de Chile, Laboratorio de invasiones biológicas, 2009. De lo cual se deduce, que una de las especies que se nombra a continuación, presenta impactos invasivos para la vegetación de la Plaza de Armas.

Robinia Pseudoacacia L: Al alcanzar altas abundancias impide el crecimiento de especies nativas, puede ser tóxica, su sombra reduce la competencia de otras especies que prefieren el sol, compite con especies nativas por polinizadores.

### 3.3 LEVANTAMIENTO HÍDRICO

Para considerar el levantamiento hídrico en la Plaza de estudio, se analiza el año que presenta más datos en el informe SEH, 2009. Estos datos consisten en consumo hídrico y cantidad de  $[m^2]$  de áreas verdes.

En el SEH 2009 se exponen datos del año 2007, donde se da a conocer la diferencia entre el consumo hídrico real de la comuna (273.418  $[m^3]$ ) y el consumo hídrico estimado por el SINIM (164.051  $[m^3]$ ). Por lo cual se duda de los últimos datos de consumo hídrico de Quilicura entregados por el SINIM en el 2012 (248.200  $[m^3]$ ). Finalmente sin conseguir información del municipio, se estima el consumo hídrico promedio de áreas verdes de dos formas:

- Según los datos del año 2007 entregados en Informe SEH, 2009.
- Según promedio de consumo hídrico en áreas de césped del informe SEH, 2009.

Datos del año 2007 (Análisis 1)	Promedio de consumo hídrico en áreas de césped. (Análisis 2)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consumo hídrico municipal: 273.418 <math>[m^3]</math>/año</li> <li>• Áreas verdes de la comuna: 600.000 <math>[m^2]</math></li> <li>• Áreas verdes de la Plaza: 5600 <math>[m^2]</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consumo hídrico promedio de Césped: 3,2 <math>[lts/m^2]</math>/día</li> <li>• Áreas de vegetación: 2307 <math>[m^2]</math></li> <li>• Días del año: 365 días</li> <li>• Lts por <math>[m^3]</math>: 1000 <math>[Lts]</math></li> </ul>

Figura 3.11: Datos para el cálculo del consumo hídrico  
[Fuente: SEH, 2009]



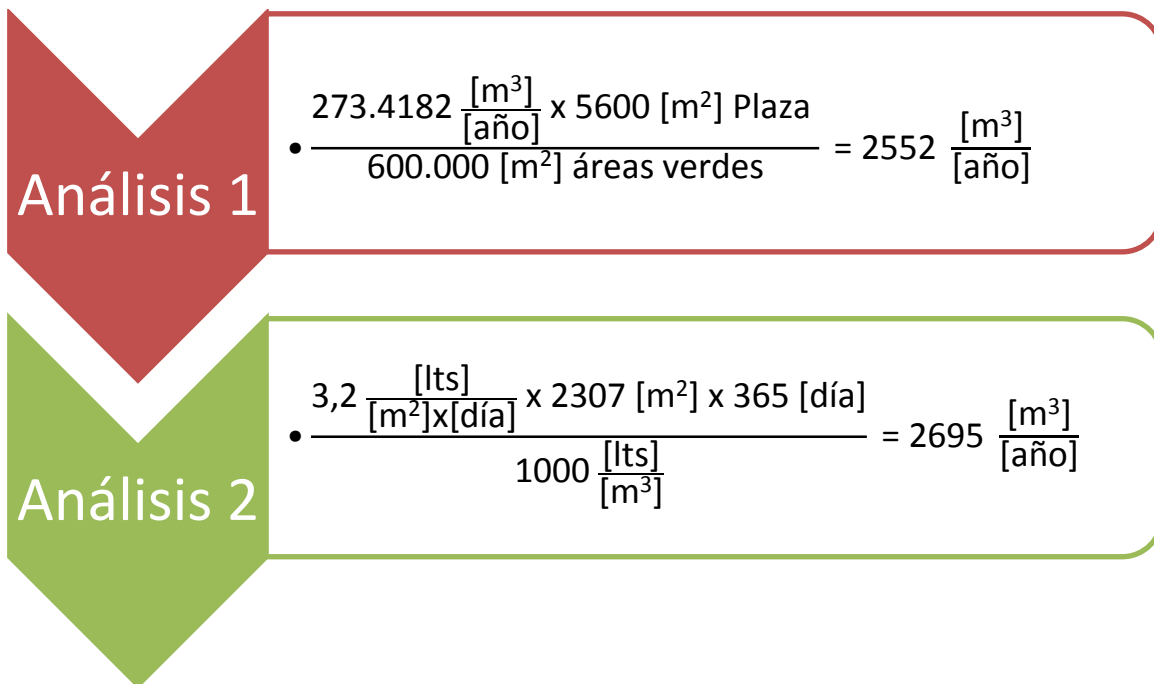


Figura 3.12: Análisis para la determinación del consumo hídrico  
[Fuente: Elaboración propia]

Se considera el consumo hídrico promedio de áreas verdes de la Plaza de Armas de Quilicura en 2695 [m<sup>3</sup>] por ser el valor más desfavorable, sin embargo lo que actualmente consume la Plaza no es necesariamente la cantidad de agua que necesita. Esto se puede deducir del porcentaje de vegetación dañada dentro de esta, por lo cual en esta sección se definirá las necesidades de riego de la Plaza de Armas de Quilicura.

### 3.4 LEVANTAMIENTO CLIMÁTICO

La Comuna de Quilicura por ser parte de la Región Metropolitana tiene las mismas características climáticas definidas para toda la zona central, vale decir, un clima mediterráneo templado con estación seca prolongada, con temperaturas promedios que bordean los 14 [°C], alcanzando temperaturas máximas en verano que superan los 30 [°C], y precipitaciones promedio sobre 300 [mm] anuales.

### 3.4.1 Temperatura

La Región Metropolitana para el año 2013 tiene una temperatura máxima estimada de 30 [°C] entre diciembre a enero, y una temperatura mínima estimada bajo los 5 [°C] entre los meses junio y julio. Esta información fue recopilada del Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile (DGF).

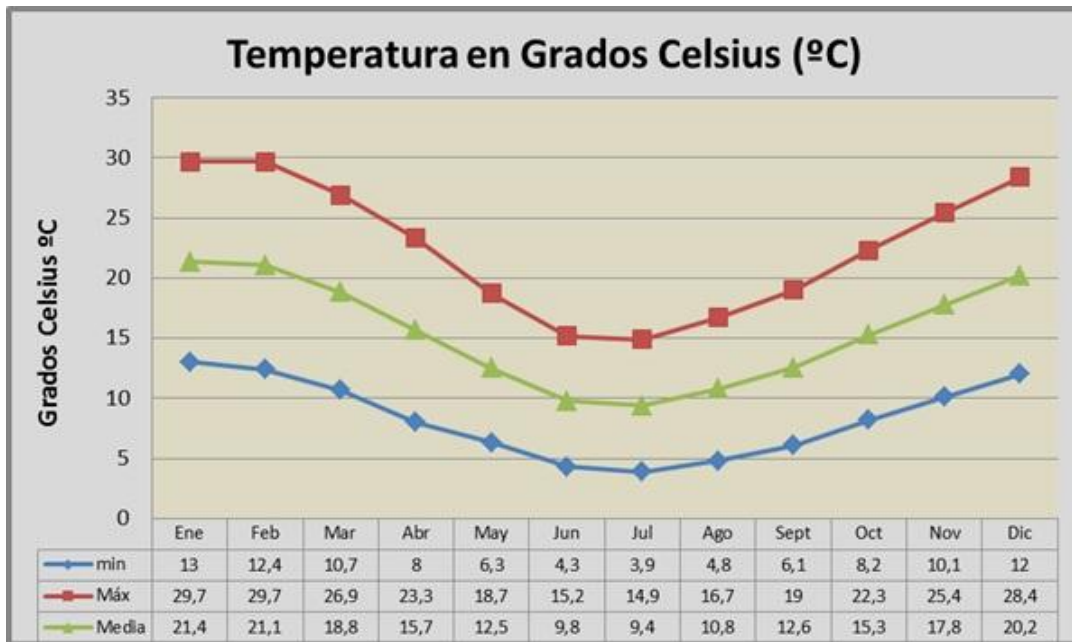


Figura 3.13: Temperatura Máxima, media y mínima mensual  
[Fuente: atmosfera.cl, elaboración propia]

### 3.4.2 Precipitación Normal Mensual

La Región Metropolitana para el año 2013 presenta una precipitación acumulada mensual máxima estimada de 86,6 [mm]/mes el mes de julio y una precipitación mínima estimada de 0,4 [mm] el mes de enero, según el siguiente gráfico. Se estima un déficit de 43 [mm].

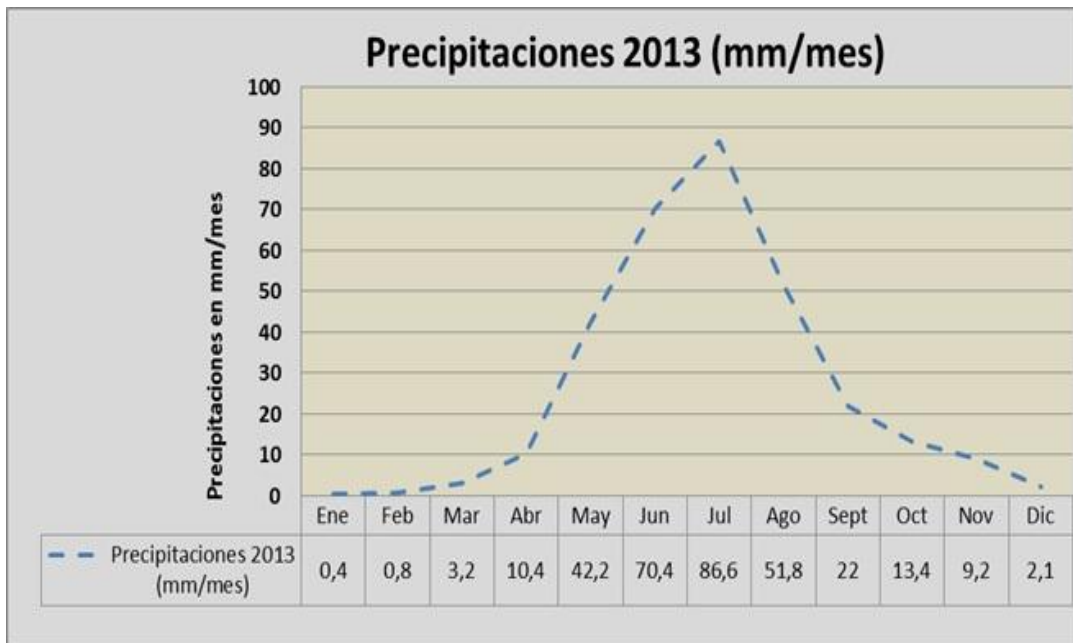


Figura 3.14: Precipitación normal mensual  
[Fuente: atmosfera.cl, elaboración propia]

Según datos de la Dirección Meteorológica de Chile la precipitación acumulada en Santiago de Chile el 10 de Octubre es de 165,1 [mm] y de acuerdo a la precipitación normal acumulada de 290,7 [mm] correspondiente al mes de Octubre. Santiago presenta un déficit de 125,6 [mm] de agua caída.

### 3.4.3 Humedad

El porcentaje de humedad que presenta la RM varía de rangos de 50% de humedad, llegando a 75% de humedad en los meses de altas precipitaciones. Dicho porcentaje de humedad fue medido en la comuna de Pudahuel, la cual presenta gran cercanía con la comuna de Quilicura.

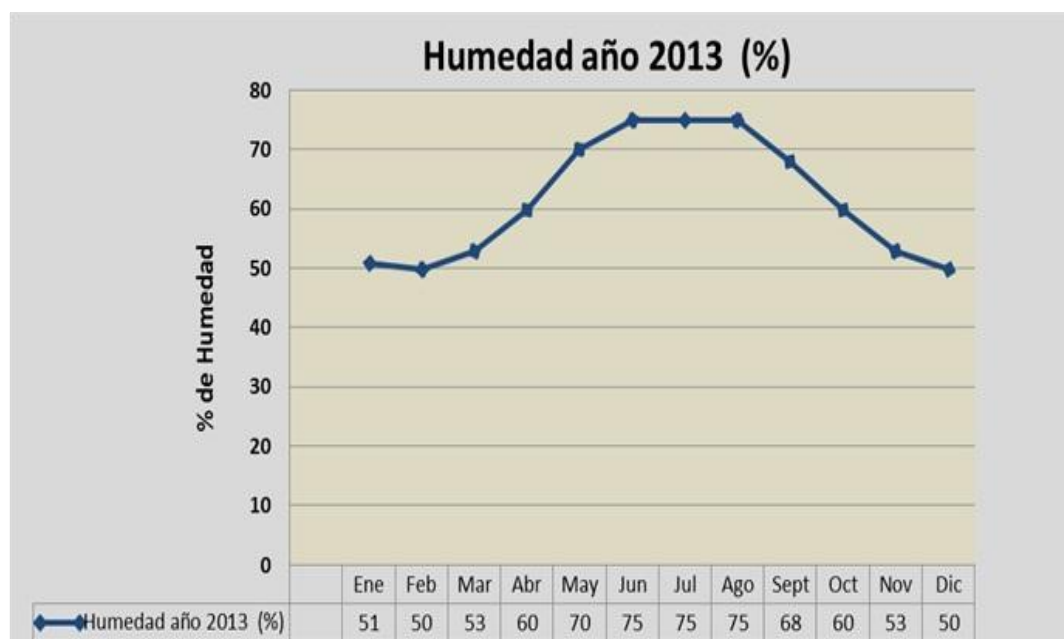


Figura 3.15: Porcentaje de Humedad año 2013  
[Fuente: tititudorancea.es, elaboración propia]

### 3.4.4 Radiación

La radiación solar mensual es entregada por el manual (Irradiancia Solar en territorios de la república de Chile, CNE / PNUD / UTFSM, 2008) y es la fuente de radiación solar en meses mas cercana al año 2013. El manual entrega la radiación solar de diferentes comunas de la RM, no existiendo datos de la radiación en la comuna de Quilicura. Para efectos de esta investigación se utilizará el manual y los datos de radiación de la comuna más cercana a Quilicura. En este caso, Pudahuel.

La radiación entregada por dicho manual la radiación se encuentra en unidades de Megajoules por metros cuadrado por día [ $\text{MJ}/\text{m}^2/\text{día}$ ], para el cálculo del método Jensen-Haise se necesita la radiación en unidades [ $\text{mm}/\text{día}$ ].

Según las equivalencias expuestas por FAO (Evapotranspiración de cultivo, FAO, 2006).

- $1[\text{mm}]/\text{día} = 2,45 [\text{MJ}/\text{m}^2]/\text{día}$

Por lo tanto se deduce que para convertir de unidades  $[\text{MJ}/\text{m}^2]/\text{día}$  a  $[\text{mm}/\text{día}]$  se debe utilizar el factor 0,408

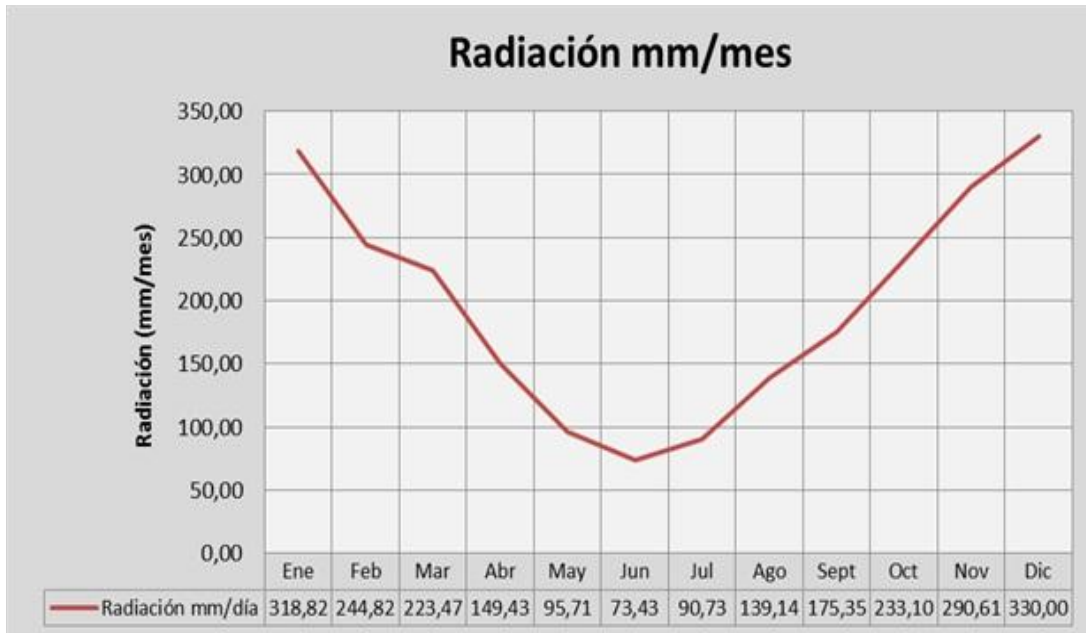


Figura 3.16: Radiación mensual año 2013

[Fuente: elaboración propia en base a Irradiancia solar en los territorios de la república de Chile (2008)]

## 3.5 EVAPOTRANSPIRACIÓN

### 3.5.1 Evapotranspiración de referencia

La evapotranspiración de referencia se calcula en base al levantamiento climático del presente capítulo y la ecuación del método Jensen Heise, se obtienen los siguientes resultados.

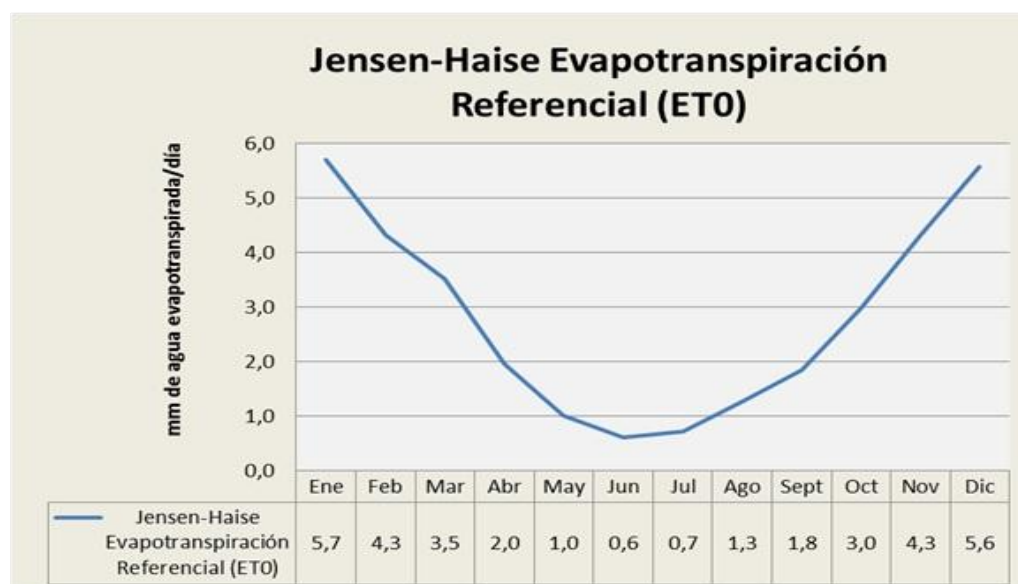


Figura 3.17 Evapotranspiración de referencial mensual  
[Fuente: Elaboración propia]

Para determinar el coeficiente de Jardín de la Plaza de Armas, a continuación se expone y justifica la utilización de cada coeficiente.

$K_e$  = Coeficiente de especie de 0,9, se justifica por poseer césped en toda su extensión, teniendo este un gran consumo hídrico

$K_d$  = Coeficiente de densidad de 1, se justifica por poseer diversos tipos de niveles de especies, de alta, media y baja densidad. Posee Césped, Árboles y arbustos en conjunto.

$K_m$  = Coeficiente de Microclima de 1, se justifica debido a que es una plaza rodeada de un Mall, La municipalidad de Quilicura, una notaría y una posta por sus cuatro frentes. Finalmente utilizando formula de coeficiente de jardín, se estima un  $K_j$  de 1,144.

### 3.5.2 Evapotranspiración Calculada

Para determinar la Evapotranspiración, se utiliza el método de Jensen-Haise multiplicado por el coeficiente de jardín. Se procede a calcular la evapotranspiración mensual, por lo cual se considera que cada mes tiene 30 días (tabla 3.2).

Tabla 3.2: Evapotranspiración mensual

<b>Jensen-Haise</b>			
<b>Mes</b>	<b>Evapotranspiración Referencial (ET<sub>0</sub>) [mm]/mes</b>	<b>Coeficiente de jardín actual (KJ)</b>	<b>Evapotranspiración MES (ET) [mm]/mes</b>
<b>Enero</b>	170,8	0,9	153,7
<b>Febrero</b>	129,3	0,9	116,4
<b>Marzo</b>	105,5	0,9	94,9
<b>Abril</b>	58,8	0,9	52,9
<b>Mayo</b>	30,1	0,9	27,1
<b>Junio</b>	18,0	0,9	16,2
<b>Julio</b>	21,5	0,9	19,4
<b>Agosto</b>	37,7	0,9	33,9
<b>Septiembre</b>	55,4	0,9	49,8
<b>Octubre</b>	89,3	0,9	80,4
<b>Noviembre</b>	129,5	0,9	116,6
<b>Diciembre</b>	167,3	0,9	150,6

[Fuente: Elaboración propia]

### 3.6 PRECIPITACIÓN EFECTIVA

La Precipitación efectiva se calcula en base a las ecuaciones planteadas en el punto el capítulo 2 y el levantamiento de precipitaciones del presente capítulo, se obtienen los siguientes resultados (tabla 3.3):

Tabla 3.3: Precipitaciones efectivas 2013

<b>Mes</b>	<b>Precipitaciones</b>	<b>Precipitaciones</b>	<b>Precipitaciones</b>
	<b>mes 2013 [mm]</b>	<b>Efectivas 2013 [mm]</b>	<b>Efectivas Corregidas 2013 [mm]</b>
<b>Enero</b>	0,4	-9,8	0,0
<b>Febrero</b>	0,8	-9,5	0,0
<b>Marzo</b>	3,2	-8,1	0,0
<b>Abril</b>	10,4	-3,8	0,0
<b>Mayo</b>	42,2	15,3	15,3
<b>Junio</b>	70,4	32,2	32,2
<b>Julio</b>	86,6	44,3	44,3
<b>Agosto</b>	51,8	21,1	21,1
<b>Septiembre</b>	22,0	3,2	3,2
<b>Octubre</b>	13,4	-2,0	0,0
<b>Noviembre</b>	9,2	-4,5	0,0
<b>Diciembre</b>	2,1	-8,7	0,0

[Fuente: atmosfera.cl, elaboración propia]

### 3.7 CÁLCULO DE LAS NECESIDADES DE RIEGO

Las necesidades de riego se calculan mediante las formulas expuestas en esta sección, así se deduce las necesidades brutas de riego en [mm]. Conociendo la superficie de áreas verdes, se calcula los m<sup>3</sup> de riego necesarios que consume la plaza de Armas de Quilicura actualmente (tabla 3.4).



Tabla 3.4: Necesidad hídrica año 2013

<b>Mes</b>	<b>Necesidades netas de riego [mm]/mes</b>	<b>Necesidades brutas de riego [mm]/mes</b>	<b>[m<sup>2</sup>] de Plaza</b>	<b>Agua requerida mensual [m<sup>3</sup>]</b>
<b>Enero</b>	152,9	254,9	2307,0	588,0
<b>Febrero</b>	116,4	194,0	2307,0	448,0
<b>Marzo</b>	94,9	158,2	2307,0	365,0
<b>Abril</b>	52,9	88,1	2307,0	203,0
<b>Mayo</b>	11,8	19,6	2307,0	45,0
<b>Junio</b>	-16,0	-16,0	2307,0	0,0
<b>Julio</b>	-24,9	-24,9	2307,0	0,0
<b>Agosto</b>	12,8	21,4	2307,0	49,0
<b>Septiembre</b>	46,6	77,7	2307,0	179,0
<b>Octubre</b>	80,4	134,0	2307,0	309,0
<b>Noviembre</b>	116,6	194,3	2307,0	448,0
<b>Diciembre</b>	150,6	251,0	2307,0	579,0
			<b>Total [m<sup>3</sup>]/año</b>	<b>3214</b>

[Fuente: Elaboración propia]

#### 4. PROPUESTA DE EFICIENCIA HÍDRICA EN PLAZA DE ESTUDIO

## 4. PROPUESTA DE EFICIENCIA HÍDRICA EN PLAZA DE ESTUDIO

En base a la información recolectada en el levantamiento de la Plaza de Armas de Quilicura, se plantea una propuesta que busca disminuir el consumo hídrico actual, además de acumular las precipitaciones que estén a disposición de la Plaza en estudio.

### 4.1 PAVIMENTOS

Con el fin de recolectar el agua de las precipitaciones caídas en la Plaza de Armas de Quilicura y resolver los daños en pavimentos, se propone rediseñar los pavimentos y la pendiente de evacuación de aguas lluvias en el pavimento P1.

#### 4.1.1 Pavimentos de Zona P1

El tipo de pavimento que se propone, corresponde a pastelón artístico, revestido de material impermeabilizante. Este pavimento tomará una pendiente del 2% dirigida al centro de la Plaza, por cual se asocia un costo por movimiento de tierras, provisión e instalación de este pavimento. Las consideraciones en pavimentos se describen en la tabla 4.1.

Tabla 4.1: Consideraciones en pavimento P1

#### **Descripción de consideraciones - Proyecto pavimento P1**

<b>1</b>	Servicios de topografía para medición de puntos.
<b>2</b>	Excavación de 1,5 [m] de profundidad en zona P1 con un volumen total de 1916 [m <sup>3</sup> ].
<b>3</b>	Relleno del 30% de volumen de excavación, debido a reutilización. Se considera 575 [m <sup>3</sup> ].
<b>4</b>	Pavimento con 2% de pendiente en zona P1 y P2 con un área total de 3313 [m <sup>2</sup> ], este pavimento será colocado con mortero de pega y fragüe.
<b>5</b>	Impermeabilizante de silicona en base a agua, se considera volumen 1405 [lts]

[Fuente: Elaboración propia]

## 4.2 ESTANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIA

Estanque de almacenamiento de aguas lluvia, el estanque será rectangular o cuadrado con un volumen de almacenamiento mínimo de 321 [m<sup>3</sup>] según ecuaciones expuestas en capítulo 2. Las consideraciones en estanque de aguas lluvia se describen en la tabla 4.2.

Tabla 4.2: Consideraciones en estanque de captación de aguas lluvia

<b>Descripción consideraciones - Estanque de captación de aguas lluvia</b>	
1	Diseño de estanque. Se estima estanque de 13 [m] de ancho, 13 [m] de profundidad y 2 [m] de alto con un volumen de almacenamiento de 338 [m <sup>3</sup> ]
2	Hormigón con aditivo impermeabilizante para construcción de estanque. Se considera un volumen de 35 [m <sup>3</sup> ]
3	Hormigón con aditivo impermeabilizante para construcción de losa. Se considera un volumen de 35 [m <sup>3</sup> ]
4	Hormigón con aditivo impermeabilizante para fundación. Se considera un volumen de 35 [m <sup>3</sup> ]
5	Enfierradura para construcción de estanque y losa. Se considera 150 [kg]/[m <sup>3</sup> ] de hormigón con un peso total de 15.750 [kg]

[Fuente: Elaboración propia]

## 4.3 REDISEÑO DE VEGETACIÓN

Se rediseña la vegetación en base a los principios del jardín xerofito. Las consideraciones en el rediseño de vegetación se describen en la tabla 4.3.

Tabla 4.3: Consideraciones en rediseño de vegetación

<b>Descripción consideraciones – Rediseño de vegetación</b>	
1	Especialista en paisaje encargado de diseñar hidrozonas en base a vegetación nativa, xerófita y especies de similares características a las que están actualmente en la plaza de armas de Quilicura. El especialista deberá utilizar especies expuestas por SEH, 2009 y base de datos chiliflora disponible en su página web.
2	Mejora de suelo arcilloso a pequeña escala en zonas de alto tránsito. Volumen de mejora 1000 [m <sup>3</sup> ]
3	Utilización de mulch orgánico como corteza de árboles e inorgánico como gravas. Se considera área de mulch en un 50% del área total de vegetación. Área de mulch 1154 [m <sup>2</sup> ].

[Fuente: Elaboración propia]

### 4.3.1 Diseño Estimado

Para el realizar un diseño previo con el fin de medir las necesidades hídricas del nuevo jardín, se seguirán los pasos descritos en el capítulo 2. Se tomará la Plaza de estudio, se analizará su vegetación actual, el nivel de tránsito peatonal (Alto-moderado-bajo) y posteriormente se propone un rediseño en base a técnicas de jardinería.

#### 4.3.1.1 Plaza de estudio Inicial

La Plaza en su fase inicial, presenta grandes requerimientos hídricos debido a su gran área de césped utilizado en conjunto con una gran densidad de árboles. El problema de usar estas especies en conjunto, es que ambas tienen diferentes necesidades hídricas y al ser utilizadas en conjunto se debe regar según la especie que presente mayor necesidad. El césped es la especie con mayor necesidad hídrica, es por eso que el diseño de la Plaza Inicial demanda gran cantidad de agua para ser mantenida (figura 4.1).

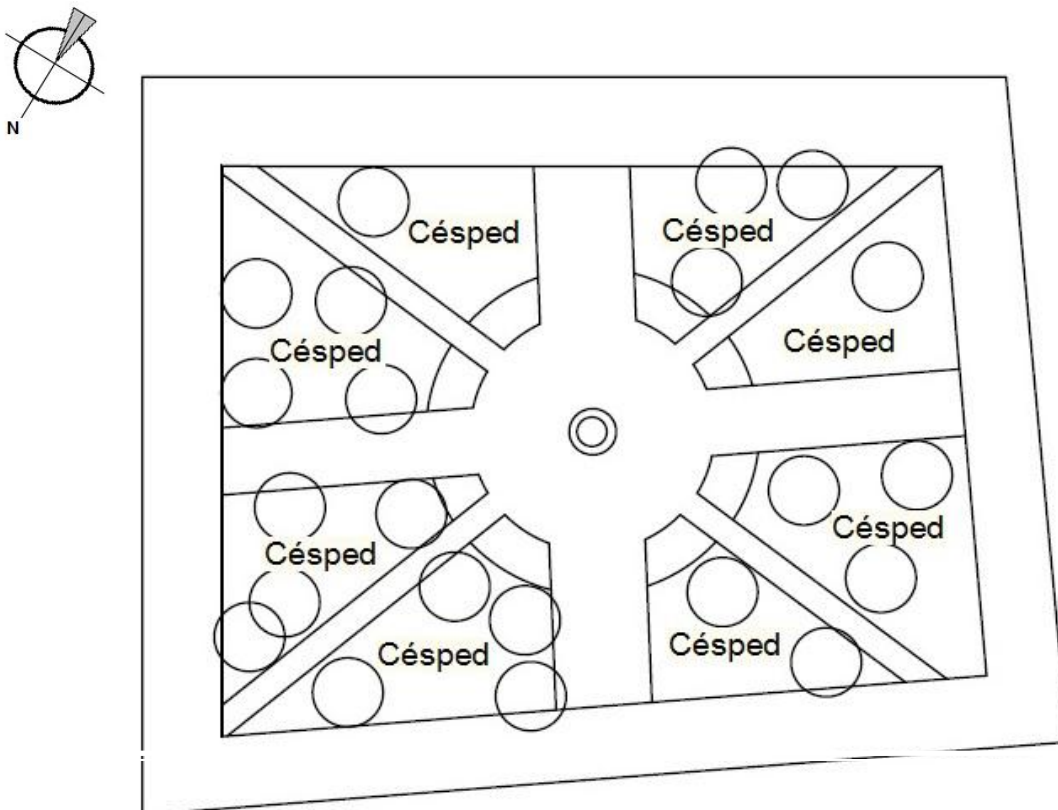


Figura 4.1: Plaza de estudio Inicial  
[Fuente: Elaboración propia.]

## 4.3.1.2 Clasificación de zonas de alto tránsito peatonal en plaza de estudio

A continuación se determinan las zonas con mayor tránsito peatonal dentro de la plaza de estudio en base a observación en la zona (figura 4.2) .

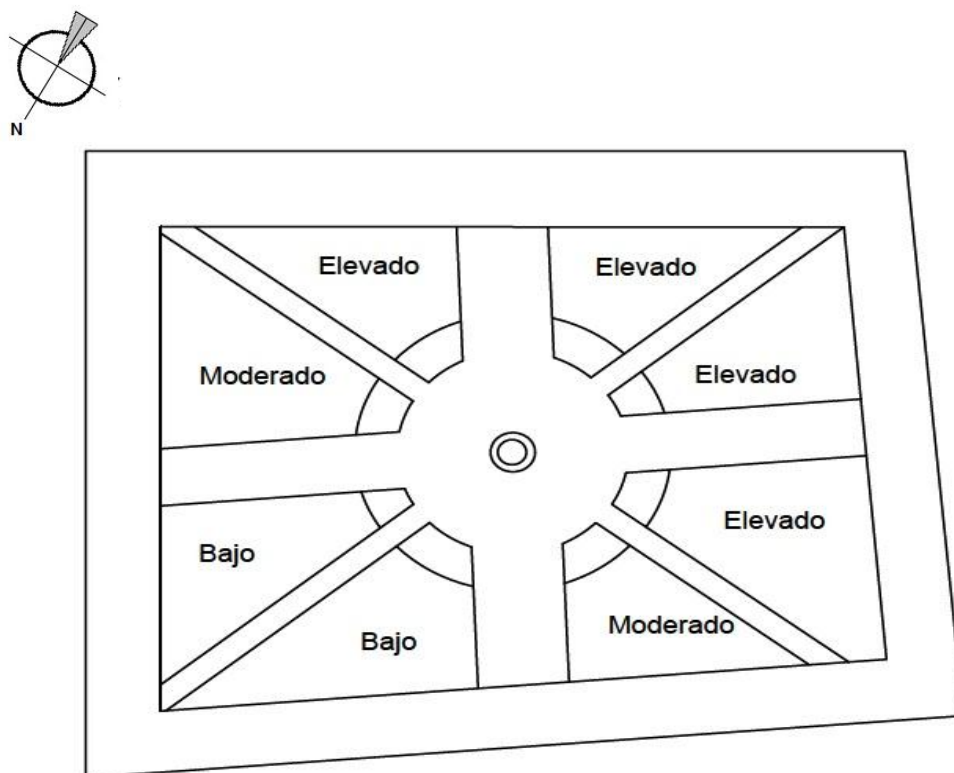


Figura 4.2: Plaza de estudio y su tránsito peatonal  
[Fuente: Elaboración propia]

### 4.3.1.2 Hídrozonas en Plaza de Estudio

En base al tránsito peatonal se proponen hídrozonas principal, secundaria y mínima (figura 4.3).

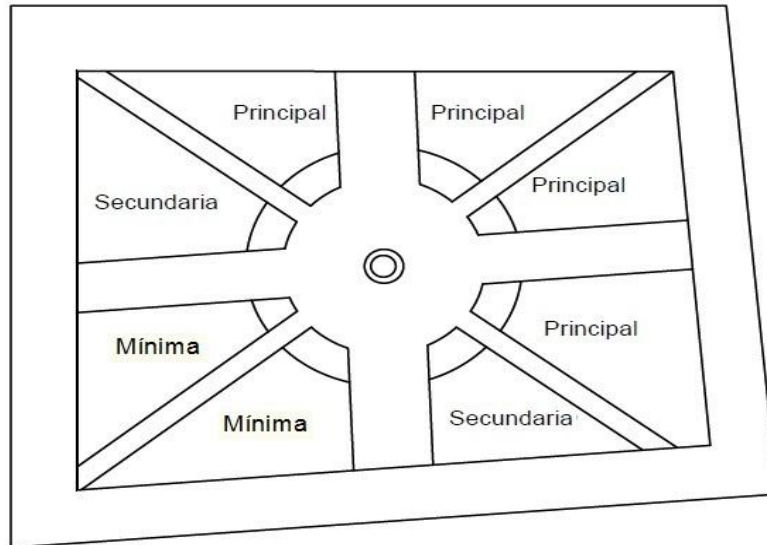
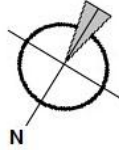


Figura 4.3: Hídrozonas plaza de estudio  
[Fuente: Elaboración propia]

En base al tránsito peatonal e hídrozonas consideradas, se proponen las siguientes especies según la necesidad hídrica de cada una de ellas (tabla 4.4).

Tabla 4.4: Consideraciones de especies en cada hídrozona

<b>Especies propuestas en cada hídrozona</b>	
<b>Hídrozona principal</b>	Propone césped en toda su extensión y árboles, estos últimos con cubierta de mulch.
<b>Hídrozona secundaria</b>	Propone arbustos y árboles nativos de la Región Metropolitana con requerimiento hídrico medio.
<b>Hídrozona mínima</b>	Propone arbustos y árboles nativos de la Región Metropolitana con requerimiento hídrico bajo.

[Fuente: Elaboración propia]

#### 4.4 TECNIFICACIÓN DE RIEGO

Se realiza un diseño de riego tecnificado en todo el emplazamiento de la Plaza de estudio, riego por aspersión en césped y riego por goteo en árboles y arbustos.

El diseño contiene como opción complementarse con el estanque de almacenamiento de aguas lluvia (tabla 4.5).

Tabla 4.5: Consideraciones en tecnificación de riego

<b>Descripción consideraciones - Tecnificación de riego</b>	
1	Diseño de especialista sanitario de una red riego por goteo en especies arbóreas y aspersión en zonas de césped. Este diseño se debe complementar con el estanque de almacenamiento de aguas lluvia.
2	Decantadora para la eliminación de sólidos en el estanque
3	Bomba de impulsión para impulsión de agua en la red
4	Sistema programador de riego

[Fuente: Elaboración propia]

#### 4.5 NECESIDAD HÍDRICA DE PROPUESTA DE RIEGO TÉCNIFICADO Y XERÓJARDINERÍA

Las necesidades hídricas de la plaza en estudio se calculan mediante la sección 8, ANEXO A y B. Las necesidades hídricas del proyecto de xerójardinería en conjunto con el proyecto de riego tecnificado incurre en un consumo hídrico de 2075 [m<sup>3</sup>].

#### 4.6 CÁLCULO DEL AGUA RECOLECTADA EN PROYECTO DE PAVIMENTOS Y ESTANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIA

El agua recolectada por el proyecto de pavimentos en conjunto con estanque de almacenamiento de aguas lluvia se calcula mediante la sección 8, ANEXO C. El agua recolectada por ambos proyectos incurre en una captación de 401 [m<sup>3</sup>] de aguas lluvia el año 2013.



## 4.7 PRESENTACIÓN DE ALTERNATIVAS DE PROPUESTA EN PLAZA DE ESTUDIO

A continuación se presentan tres alternativas de propuesta para la plaza en estudio, de manera que sean descartables al momento de evaluar sus costos.

### 4.7.1 Propuesta de proyecto completo

Esta propuesta comprende rediseño de especies en base a los principios del jardín xerófito, tecnificación de riego, pavimento impermeable y estanque para captación de aguas lluvia (figura 4.4).

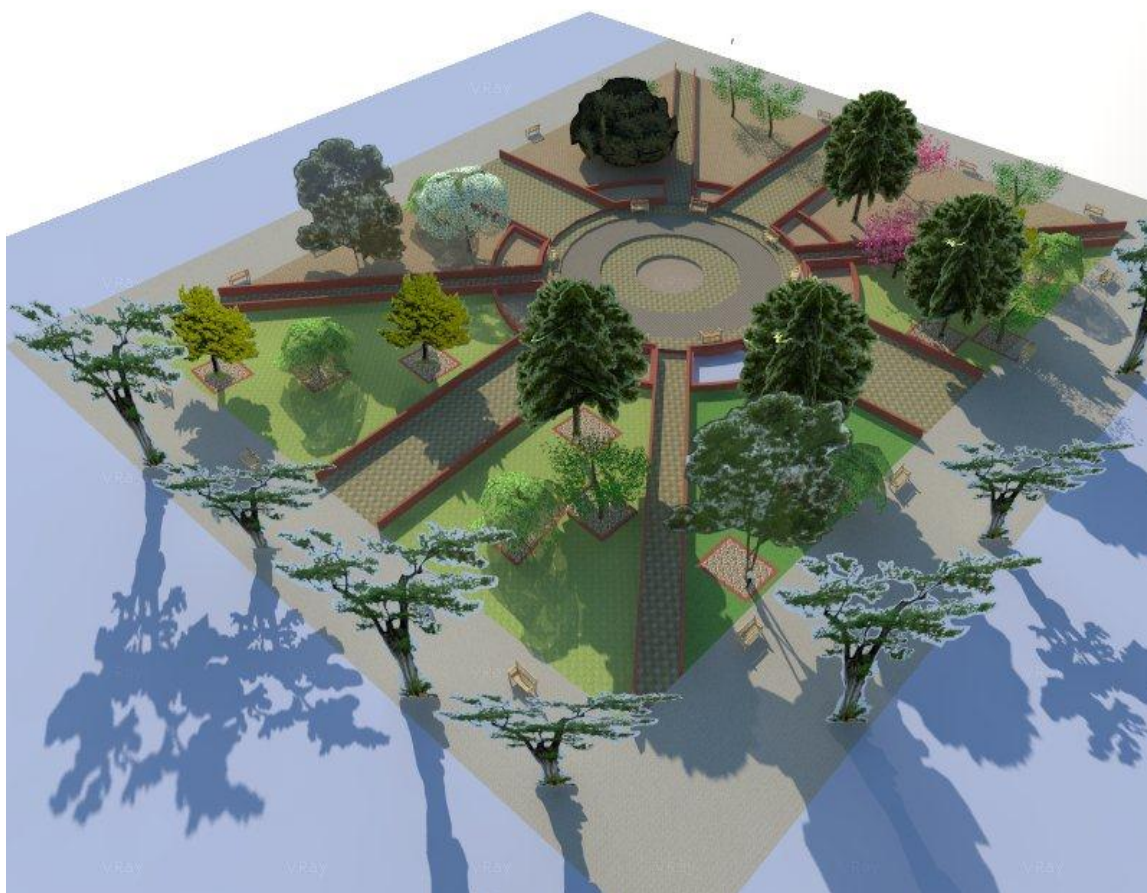


Figura 4.4: Propuesta de proyecto completo  
[Fuente: Elaboración propia, google Sketchup]

#### 4.7.2 Propuesta de proyecto xerójardinería y riego

Esta propuesta comprende el rediseño de especies en base a los principios del jardín xerófito y tecnificación de riego (figura 4.5).



Figura 4.5: Propuesta de xerójardinería y riego  
[Fuente: Elaboración propia, google Sketchup]

### 4.7.3 Propuesta de proyecto captación y riego

Esta propuesta comprende tecnificación de riego, pavimento impermeable y estanque para captación de aguas lluvia (figura 4.6).



Figura 4.6: Propuesta de captación y riego  
[Fuente: Elaboración propia, google Sketchup]

## 5. EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA

## 5.1 EVALUACIÓN COSTO-BENEFICIO

La evaluación social al igual que la privada trabajar con los mismos criterios para estudiar la viabilidad de un proyecto, se diferencian en la valoración de las variables de costos y beneficios asociados. La evaluación privada trabaja con precios de mercado, mientras que la evaluación social trabaja con precios sociales o sombra. Los precios sociales consideran efectos indirectos y externalidades que generan sobre el bienestar de la comunidad. (Sapag, N.CH. & Sapag R.CH.1989, Preparación y evaluación de proyectos 2da edición).

“En un enfoque costo beneficio, el objetivo de la evaluación es determinar si los beneficios que se obtienen son mayores que los costos involucrados. Para ello, es necesario identificar, medir y valorar los costos y beneficios del proyecto.”. (Ministerio de desarrollo social, 2013. Metodología general de evaluación de proyectos)

## 5.2 COSTOS ASOCIADOS A PROYECTOS

### 5.2.1 Costos de construcción de proyecto

Los costos de construcción del proyecto están asociados a las medidas propuestas acerca de: estanque de captación de aguas lluvia, pavimentos impermeables para transportar aguas, rediseño en áreas de vegetación mediante técnicas de xerojardinera y sistema de riego eficiente en estas.

Tabla 5.1: Costos de construcción- Obras generales

ITEM	DESCRIPCIÓN	PRECIO TOTAL (UF)
<b>1</b>	<b>OBRAS GENERALES</b>	<b>384,63</b>
1.1	Instalación de Faenas	129,87
1.2	Empalmes provisorios	86,58
1.4	Cierres Provisorios	146,53
1.5	Retiro de escombros	21,65

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla 5.2: Costos de construcción- Pavimentos

ITEM	DESCRIPCIÓN	PRECIO TOTAL (UF)
<b>2</b>	<b>PAVIMENTOS</b>	<b>2.719,14</b>
2.1	Excavación zona de pavimentos	442,75
2.2.	Rellenos compactados	273,18
2.3	Pavimento pastelon 40x40	1.864,46
2.4	Impermeabilización Pavimento	138,74

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla 5.3: Costos de construcción- Estanque

ITEM	DESCRIPCIÓN	PRECIO TOTAL (UF)
<b>3</b>	<b>ESTANQUE</b>	<b>1.002,92</b>
3.1	Diseño estanque	19,48
3.2	Hormigón Fundación	86,40
3.3	Moldaje estanque	41,51
3.4	Hormigón estanque	92,87
3.5	Moldaje Losa	67,45
3.6	Hormigón Losa	87,72
3.7	Enfierradura	607,50

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla 5.4: Costos de construcción- Rediseño de vegetación

ITEM	DESCRIPCIÓN	PRECIO TOTAL (UF)
<b>4</b>	<b>REDISEÑO DE VEGETACIÓN</b>	<b>606,06</b>
4.1	Especies nativas	432,90
4.2	Cesped tipo Manquehue	173,16

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla 5.5: Costos de construcción- Sistema de riego

ITEM	DESCRIPCIÓN	PRECIO TOTAL (UF)
<b>5</b>	<b>SISTEMA DE RIEGO</b>	<b>779,19</b>
5.1	Diseño de sistema	21,65
5.2	Redes PVC	259,74
5.3	Programador	86,58
5.4	Sistema de bombas	129,87
5.5	Decantadora	21,65
5.6	Excavación zonas de riego	259,7

[Fuente: Elaboración propia]

Se considera el valor de UF en promedio: \$ 23.100 pesos al día 5 de octubre del 2013.

Según la valorización de las actividades, se considera en la evaluación cuatro tipos de alternativas de este proyecto. Se evaluará la alternativa de proyecto completo y la alternativa que presente menor inversión inicial. A continuación se presenta una tabla resumen de las actividades que incluye cada alternativa de proyecto.

Tabla 5.6: Consideraciones de las alternativas de Proyectos

		Sin Proyecto	Completo	Xerojardinería y riego	Captación y riego
Actividad	UF total	Alternativa 1	Alternativa 4	Alternativa 3	Alternativa 2
Obras Generales	384,63	NO	SI	SI	SI
Pavimentos	2719,14	NO	SI	NO	SI
Estanque	1002,2	NO	SI	NO	SI
Rediseño de vegetación	606,06	NO	SI	SI	NO
Sistema de riego	519,48	NO	SI	SI	SI
<b>TOTAL INVERSIÓN</b>		0	\$ 120.864.513	\$ 34.884.927	\$ 106.864.527

[Fuente: Elaboración propia]

Debido a un alto costo de \$106. 864.527 versus una captación de 401 [m<sup>3</sup>] al año, se descarta la alternativa de proyecto captación y riego, ya que esto corresponde a un beneficio mínimo versus una gran inversión.

### 5.2.2 Precio comercial del agua

En la zona de Quilicura la empresa Aguas Andinas es la encargada de entregar servicios de agua potable y alcantarillado. Se procedió a recopilar información histórica desde el año 2005 al 2013 desde el sitio web del SII y utilizando el método de los mínimos cuadrados se proyectó al año 2050 el precio del agua a futuro.

Tabla 5.7: Precios históricos del agua

AÑO	Precio comercial del agua. \$/[m <sup>3</sup> ]
2005	\$ 469
2006	\$ 482
2007	\$ 515
2008	\$ 544
2009	\$ 605
2010	\$ 604
2011	\$ 647
2012	\$ 670
2013	\$ 688

[Fuente: SII, elaboración propia]

Utilizando el método de los mínimos cuadrados se proyectó el precio del agua a futuro mediante la función que entrega el siguiente gráfico.

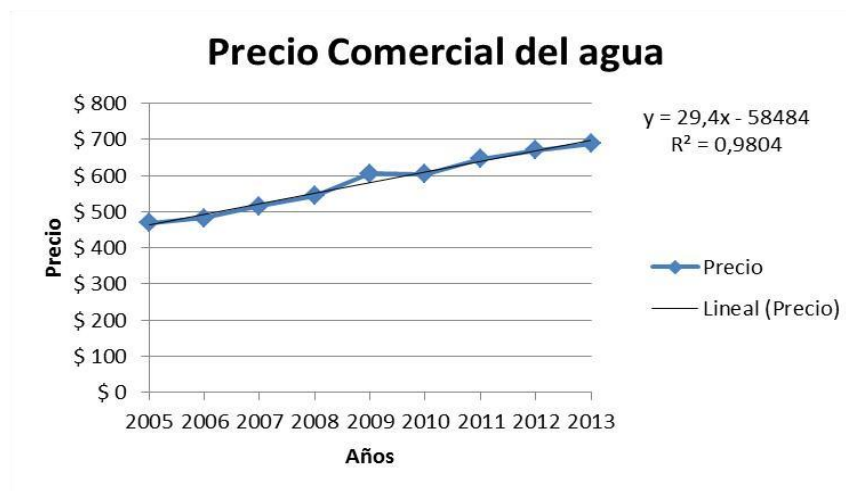


Figura 5.1: Proyección precio comercial del agua  
[Fuente: SII, elaboración propia]



Según los datos proyectados desde el 2013 al 2050 se obtuvieron los siguientes precios comerciales del agua (tabla 5.8).

Tabla 5.8: Proyección del precio comercial del agua

<b>AÑO</b>	<b>Precio Comercial</b>	<b>AÑO</b>	<b>Precio Comercial</b>
2013	688	2032	1.257
2014	728	2033	1.286
2015	757	2034	1.316
2016	786	2035	1.345
2017	816	2036	1.374
2018	845	2037	1.404
2019	875	2038	1.433
2020	904	2039	1.463
2021	933	2040	1.492
2022	963	2041	1.521
2023	992	2042	1.551
2024	1.022	2043	1.580
2025	1.051	2044	1.610
2026	1.080	2045	1.639
2027	1.110	2046	1.668
2028	1.139	2047	1.698
2029	1.169	2048	1.727
2030	1.198	2049	1.757
2031	1.227	2050	1.786

[Fuente: SII, elaboración propia]

#### 5.2.2.1 Costos de agua ocupada en plaza de estudio sin proyecto

El consumo hídrico actual de la plaza en estudio estimado es de 2695 [m<sup>3</sup>/año], sin embargo el agua aportada para mantención de áreas de vegetación no es suficiente. A continuación se expone los costos de agua anual ocupada en plaza de estudio considerando el consumo deficiente actual (tabla 5.9).

Tabla 5.9: Costos en agua situación sin proyecto

AÑO	A	B	A x B
	Cantidad [m <sup>3</sup> ]	Precio	Costos de agua anual
2014	2.695	\$ 728	1.961.960
2015	2.695	\$ 757	2.040.115
2016	2.695	\$ 786	2.118.270
2017	2.695	\$ 816	2.199.120
2018	2.695	\$ 845	2.277.275
2019	2.695	\$ 875	2.358.125
2020	2.695	\$ 904	2.436.280
2021	2.695	\$ 933	2.514.435
2022	2.695	\$ 963	2.595.285
2023	2.695	\$ 992	2.673.440
2024	2.695	\$ 1.022	2.754.290
2025	2.695	\$ 1.051	2.832.445
2026	2.695	\$ 1.080	2.910.600
2027	2.695	\$ 1.110	2.991.450
2028	2.695	\$ 1.139	3.069.605
2029	2.695	\$ 1.169	3.150.455
2030	2.695	\$ 1.198	3.228.610
2031	2.695	\$ 1.227	3.306.765
2032	2.695	\$ 1.257	3.387.615
2033	2.695	\$ 1.286	3.465.770

[Fuente: Elaboración propia]

#### 5.2.2.2 Costos de agua ocupada en plaza de estudio con proyecto completo

El consumo hídrico de la plaza en estudio estimado es de 2075 [m<sup>3</sup>/año] considerando vegetación xerofita y riego eficiente, el agua aportada por el proyecto para mantención de áreas de vegetación es óptima según el cálculo de necesidades hídricas.

La captación de aguas lluvia se restará del consumo con proyecto de vegetación xerofita y riego eficiente, se considera que el agua captada el año 2013 decrecerá en un 1% anual debido al cambio climático. A continuación se expone los costos de agua anual en plaza de estudio considerando el consumo eficiente del proyecto completo.

Tabla 5.10: Costos en agua situación de proyecto completo

AÑO	A	B	A-B	C	(A-B) x C
	Necesidad Hídrica [m <sup>3</sup> ]	Captación Hídrica [m <sup>3</sup> ]	Agua requerida efectiva [m <sup>3</sup> ]	Precio Comercial	Costo de agua anual
2013		401			
2014	2.075	397	1.678	\$ 728	\$ 1.221.584
2015	2.075	393	1.682	\$ 757	\$ 1.273.274
2016	2.075	389	1.686	\$ 786	\$ 1.325.196
2017	2.075	385	1.690	\$ 816	\$ 1.379.040
2018	2.075	381	1.694	\$ 845	\$ 1.431.430
2019	2.075	378	1.697	\$ 875	\$ 1.484.875
2020	2.075	374	1.701	\$ 904	\$ 1.537.704
2021	2.075	370	1.705	\$ 933	\$ 1.590.765
2022	2.075	366	1.709	\$ 963	\$ 1.645.767
2023	2.075	363	1.712	\$ 992	\$ 1.698.304
2024	2.075	359	1.716	\$ 1.022	\$ 1.753.752
2025	2.075	355	1.720	\$ 1.051	\$ 1.807.720
2026	2.075	352	1.723	\$ 1.080	\$ 1.860.840
2027	2.075	348	1.727	\$ 1.110	\$ 1.916.970
2028	2.075	345	1.730	\$ 1.139	\$ 1.970.470
2029	2.075	341	1.734	\$ 1.169	\$ 2.027.046
2030	2.075	338	1.737	\$ 1.198	\$ 2.080.926
2031	2.075	335	1.740	\$ 1.227	\$ 2.134.980
2032	2.075	331	1.744	\$ 1.257	\$ 2.192.208
2033	2.075	328	1.747	\$ 1.286	\$ 2.246.642

[Fuente: Elaboración propia]

### 5.2.2.3 Costos de agua ocupada en plaza de estudio con proyecto de vegetación xerofita y riego eficiente

El consumo hídrico de la plaza en estudio estimado es de 2075 [m<sup>3</sup>/año] considerando vegetación xerofita y riego eficiente, el agua aportada por el proyecto para mantención de áreas de vegetación es óptima según el cálculo de necesidades hídricas.

A continuación se expone los costos de agua anual en plaza de estudio considerando el consumo eficiente del proyecto de riego y xerojardinería.

Tabla 5.11: Costos en agua situación de proyecto xerojardinería y riego

AÑO	A	B	A x B
	Cantidad [m <sup>3</sup> ]	Precio	Costos de agua anual
2014	2.075	\$ 728	\$ 1.510.600
2015	2.075	\$ 757	\$ 1.570.775
2016	2.075	\$ 786	\$ 1.630.950
2017	2.075	\$ 816	\$ 1.693.200
2018	2.075	\$ 845	\$ 1.753.375
2019	2.075	\$ 875	\$ 1.815.625
2020	2.075	\$ 904	\$ 1.875.800
2021	2.075	\$ 933	\$ 1.935.975
2022	2.075	\$ 963	\$ 1.998.225
2023	2.075	\$ 992	\$ 2.058.400
2024	2.075	\$ 1.022	\$ 2.120.650
2025	2.075	\$ 1.051	\$ 2.180.825
2026	2.075	\$ 1.080	\$ 2.241.000
2027	2.075	\$ 1.110	\$ 2.303.250
2028	2.075	\$ 1.139	\$ 2.363.425
2029	2.075	\$ 1.169	\$ 2.425.675
2030	2.075	\$ 1.198	\$ 2.485.850
2031	2.075	\$ 1.227	\$ 2.546.025
2032	2.075	\$ 1.257	\$ 2.608.275
2033	2.075	\$ 1.286	\$ 2.668.450

[Fuente: Elaboración propia]

### 5.2.3 Costos de mantención

La mantención de áreas verdes en la comuna de Quilicura no es realizada directamente por el municipio, ya que establece contratos con empresas que se encargan de mantener todas las áreas verdes de la comuna, a las cuales se les paga por m<sup>2</sup>. En la actualidad existen 2 empresas que realizan mantención de áreas verdes: Siglo verde y alto Jardín con un presupuesto anual aproximado de 1200 millones.

Según la última información entregada por el SINIM el 2012 respecto a las áreas verdes de la comuna, las áreas verdes de Quilicura corresponden a 677.496 m<sup>2</sup>.

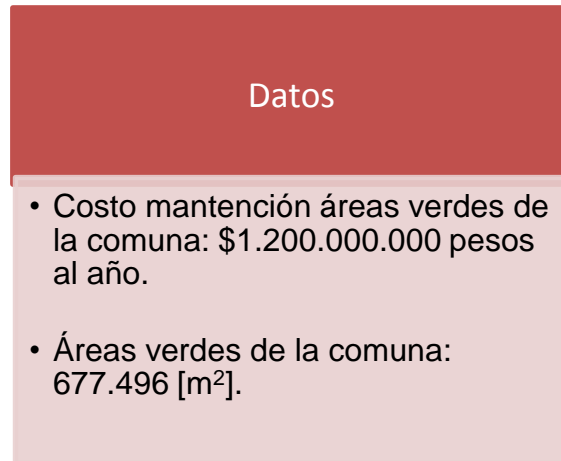


Figura 5.2: Datos para determinación del costo de mantención anual en Plaza de Armas de Quilicura  
[Fuente: Información municipal, elaboración propia (2013)]

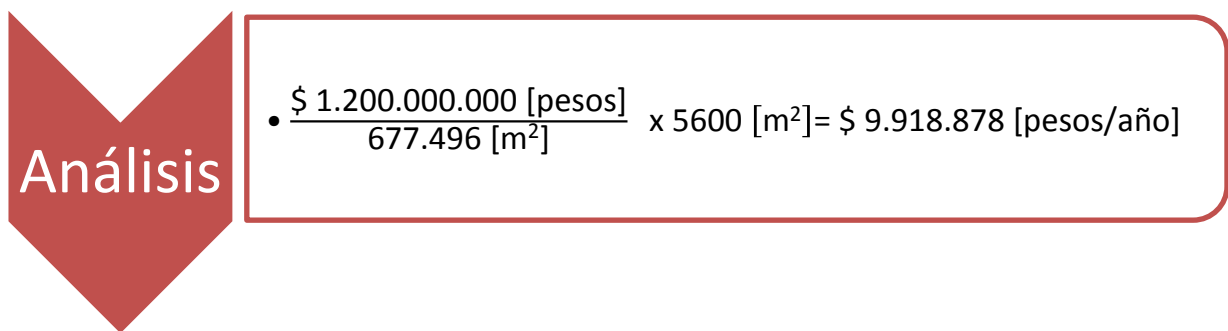


Figura 5.3: Análisis y costo de mantención anual Plaza de Armas de Quilicura  
[Fuente: Elaboración propia]

Según el análisis anterior, se estimó los costos de mantención anual en la Plaza de estudio. Para la evaluación de las alternativas de proyecto se considera un incremento en los precios de mantención de 3% anual debido al IPC.

$$\text{factor de incremento anual} = 1,03^{n-1}$$

Donde:

n Año de evaluación del proyecto

Consideraciones en la mantención de áreas verdes:

- Sin Proyecto: Corte de césped, tareas de riego y limpieza en general.
- Proyecto completo: Corte de césped, programar riego, mantención bombas de impulsión, limpieza de estanque, limpieza en general
- Proyecto de riego y xerojardinería: Corte de césped, programar riego, limpieza en general

Después de analizar el tipo de actividades que se deben realizar para mantener la plaza en estudio, se usa los siguientes incrementos en los valores de mantención

Tabla 5.12: Consideraciones en los costos de mantención de proyectos

Proyecto	Aumento en los Costos de mantención	Costo de mantención anual
Sin Proyecto	\$ 0	\$ 9.918.878
Proyecto Completo	\$ 1.000.000	\$ 10.418.878
Proyecto de riego y Xerojardinería	\$ 500.000	\$ 10.918.878

[Fuente: Elaboración propia]

Costo de mantención en reposición de pavimentos dañados:

Se considera costos de reposición de pavimentos dañados en un 20% del costo de construcción del proyecto de pavimentos cada tres años.

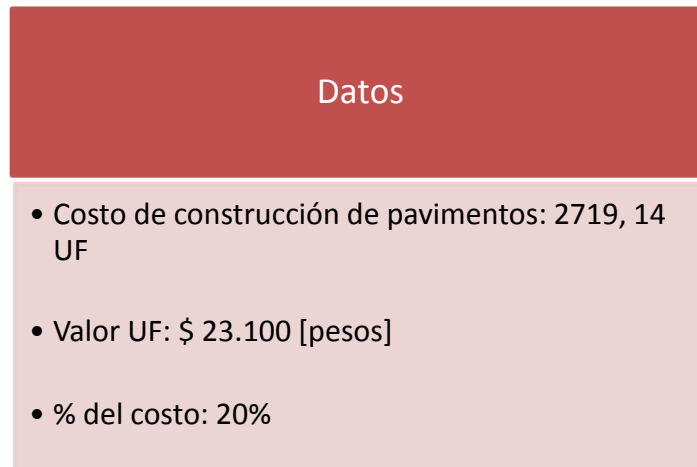


Figura 5.4: Datos para determinar costos de mantenimiento en pavimentos  
[Fuente: Elaboración propia]

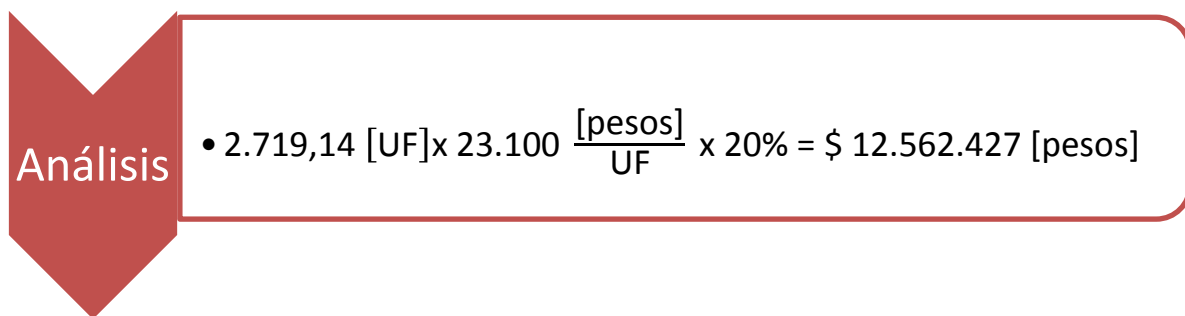


Figura 5.5: Análisis y costos de mantenimiento de pavimentos en Plaza de estudio  
[Fuente: elaboración propia]

El costo de reposición de pavimentos dañados se realizará cada tres años, considerando que solo es utilizado para tránsito peatonal con un costo de \$ 12.562.427 pesos.

Tabla 5.13: Resumen costos de mantención proyectados

<b>N</b>	<b>AÑO</b>	<b>Factor de corrección</b>	<b>Costos de mantención Sin proyecto</b>	<b>Costos de mantención Proyecto completo</b>	<b>Costos de mantención Proyecto Xerojardinería y riego</b>
1	2014	1	\$ 9.918.878	\$ 10.918.878	\$ 10.418.878
2	2015	1,03 <sup>1</sup>	\$ 10.216.444	\$ 11.246.444	\$ 10.731.444
3	2016	1,03 <sup>2</sup>	\$ 10.522.938	\$ 11.583.838	\$ 11.053.388
4	2017	1,03 <sup>3</sup>	\$ 10.838.626	\$ 11.931.353	\$ 11.384.989
5	2018	1,03 <sup>4</sup>	\$ 11.163.785	\$ 12.289.293	\$ 11.726.539
6	2019	1,03 <sup>5</sup>	\$ 11.498.698	\$ 12.657.972	\$ 12.078.335
7	2020	1,03 <sup>6</sup>	\$ 11.843.659	\$ 13.037.711	\$ 12.440.685
8	2021	1,03 <sup>7</sup>	\$ 12.198.969	\$ 13.428.843	\$ 12.813.906
9	2022	1,03 <sup>8</sup>	\$ 10.216.444	\$ 13.831.708	\$ 13.198.323
10	2023	1,03 <sup>9</sup>	\$ 12.564.938	\$ 14.246.659	\$ 13.594.273
11	2024	1,03 <sup>10</sup>	\$ 10.216.444	\$ 14.674.059	\$ 14.002.101
12	2025	1,03 <sup>11</sup>	\$ 12.941.886	\$ 15.114.281	\$ 14.422.164
13	2026	1,03 <sup>12</sup>	\$ 14.141.948	\$ 15.567.709	\$ 14.854.829
14	2027	1,03 <sup>13</sup>	\$ 14.566.207	\$ 16.034.740	\$ 15.300.474
15	2028	1,03 <sup>14</sup>	\$ 15.003.193	\$ 16.515.783	\$ 15.759.488
16	2029	1,03 <sup>15</sup>	\$ 15.453.289	\$ 17.011.256	\$ 16.232.272
17	2030	1,03 <sup>16</sup>	\$ 15.916.887	\$ 17.521.594	\$ 16.719.241
18	2031	1,03 <sup>17</sup>	\$ 16.394.394	\$ 18.047.242	\$ 17.220.818
19	2032	1,03 <sup>18</sup>	\$ 16.886.226	\$ 18.588.659	\$ 17.737.442
20	2033	1,03 <sup>19</sup>	\$ 17.392.813	\$ 19.146.319	\$ 18.269.566

[Fuente: Elaboración propia]



Tabla 5.14: Resumen costos de reposición de pavimentos dañados, proyectados

N	AÑO	Factor de corrección	Costos de mantención
1	2014	1,03 <sup>0</sup>	\$ 12.562.427
3	2016	1,03 <sup>2</sup>	\$ 13.327.479
6	2019	1,03 <sup>5</sup>	\$ 14.563.296
9	2022	1,03 <sup>8</sup>	\$ 15.913.707
12	2025	1,03 <sup>11</sup>	\$ 17.389.337
15	2028	1,03 <sup>14</sup>	\$ 19.001.798
18	2031	1,03 <sup>17</sup>	\$ 20.763.778

[Fuente: Elaboración propia]

### 5.3 VALORIZACIÓN DE LOS PRECIOS SOCIALES DEL AGUA

El precio social del agua se determina mediante un documento en la base de datos del Centro del agua para zonas áridas y semiáridas de América Latina y el Caribe (CAZALAC). En este se estudia el precio de mercado del agua y se estima el precio social del agua según su fuente de extracción (SII, 2009).

La fuente de extracción del centro del país, en ciudades como Valparaíso, Santiago y Rancagua son los ríos Aconcagua, Maipo, Mapocho y Cachapoal en combinación con el agua subterránea que se extrae (SII, 2009).

Según las fuentes de extracción del centro del país, en el documento del sitio web de CAZALAC solo aparece información del río Aconcagua. A pesar de que el río pertenece a Valparaíso, se considera este como el precio social del agua de la RM por la similitud de oferta y demanda según gráfico 6. El precio social del agua en promedio es un 219% mayor al precio comercial del agua en dicha zona (Rodríguez, C. 2011).

### 5.3.1 Precio Social del recurso hídrico

Según los precios comerciales proyectados desde el 2013 al 2050 se obtuvieron los siguientes precios sociales del agua.

Tabla 5.15: Precio social del agua en Quilicura

<b>AÑO</b>	<b>Precio Social</b>	<b>AÑO</b>	<b>Precio Social</b>
2013	2.195	2032	4.009
2014	2.321	2033	4.103
2015	2.415	2034	4.197
2016	2.509	2035	4.291
2017	2.602	2036	4.384
2018	2.696	2037	4.478
2019	2.790	2038	4.572
2020	2.884	2039	4.666
2021	2.978	2040	4.759
2022	3.071	2041	4.853
2023	3.165	2042	4.947
2024	3.259	2043	5.041
2025	3.353	2044	5.135
2026	3.446	2045	5.228
2027	3.540	2046	5.322
2028	3.634	2047	5.416
2029	3.728	2048	5.510
2030	3.822	2049	5.604
2031	3.915	2050	5.697

[Fuente: Rodríguez, C (2011)]

### 5.3.1.1 Beneficio de agua ahorrada en Plaza de estudio con proyecto de vegetación xerofita y riego eficiente.

El consumo de la plaza de estudio sin proyecto es de 2.695 [m<sup>3</sup>/año] y las necesidades hídricas de esta con proyecto de vegetación xerofita y riego es de 2.075 [m<sup>3</sup>/año], lo cual genera un ahorro efectivo de 620 [m<sup>3</sup>/año]. El beneficio de este proyecto se ve reflejado mediante el ahorro efectivo por el precio social del agua.

Tabla 5.16: Beneficios de ahorro hídrico en proyecto de vegetación xerofita y riego

<b>AÑO</b>	<b>Beneficio mediante ahorro hídrico</b>
2014	\$ 1.439.047
2015	\$ 1.497.195
2016	\$ 1.555.342
2017	\$ 1.613.489
2018	\$ 1.671.637
2019	\$ 1.729.784
2020	\$ 1.787.931
2021	\$ 1.846.079
2022	\$ 1.904.226
2023	\$ 1.962.373
2024	\$ 2.020.520
2025	\$ 2.078.668
2026	\$ 2.136.815
2027	\$ 2.194.962
2028	\$ 2.253.110
2029	\$ 2.311.257
2030	\$ 2.369.404
2031	\$ 2.427.552
2032	\$ 2.485.699
2033	\$ 2.543.846

[Fuente: Elaboración propia]

### 5.3.1.2 Beneficio de agua almacenada en plaza de estudio con proyecto de captación de aguas lluvia.

Se considera que el agua captada el año 2013 decrecerá en un 1% anual debido al cambio climático. El beneficio de este proyecto se ve reflejado mediante la captación de aguas lluvia multiplicado por el precio social del agua.

Tabla 5.17: Beneficios de ahorro hídrico en proyecto de captación de aguas lluvia

<b>AÑO</b>	<b>Captación Hídrica [m<sup>3</sup>]</b>	<b>Precio Social del recurso hídrico</b>	<b>Beneficio mediante captación hídrica</b>
2014	397	\$ 2.321	\$ 921.431
2015	393	\$ 2.415	\$ 949.077
2016	389	\$ 2.509	\$ 976.077
2017	385	\$ 2.602	\$ 1.002.443
2018	381	\$ 2.696	\$ 1.028.183
2019	378	\$ 2.790	\$ 1.053.309
2020	374	\$ 2.884	\$ 1.077.829
2021	370	\$ 2.978	\$ 1.101.753
2022	366	\$ 3.071	\$ 1.125.092
2023	363	\$ 3.165	\$ 1.147.853
2024	359	\$ 3.259	\$ 1.170.046
2025	355	\$ 3.353	\$ 1.191.681
2026	352	\$ 3.446	\$ 1.212.766
2027	348	\$ 3.540	\$ 1.233.311
2028	345	\$ 3.634	\$ 1.253.323
2029	341	\$ 3.728	\$ 1.272.811
2030	338	\$ 3.822	\$ 1.291.785
2031	335	\$ 3.915	\$ 1.310.252
2032	331	\$ 4.009	\$ 1.328.220
2033	328	\$ 4.103	\$ 1.345.698

[Fuente: elaboración propia]

#### 5.4 VALOR RESIDUAL EN PROYECTO SOCIAL

El horizonte de evaluación de un proyecto de infraestructura urbana considera periodos de 25 a 30 años según MIDEPLAN, 2013. En un parque pueden utilizarse periodos de 20 años, sin embargo hay una alta probabilidad de que la vida útil del proyecto supere el horizonte de evaluación estimado. De ser así, todos los beneficios netos que se producen a partir de ese momento deben ser incorporados al valor residual.

El valor residual debe incorporarse al terminar el periodo de evaluación y reflejar económicamente los beneficios. “El valor residual económico se estima como el VANS del flujo futuro de beneficios netos del proyecto desde el año n (horizonte de evaluación) hasta el año n+m.(Mideplan, 2013)

El VANS es el valor actual neto social, el cual corresponde a un indicador de rentabilidad social similar al VAN, pero donde la rentabilidad se mide en beneficios, no en ingresos económicos.

$$\text{VAN social} = -IS + \sum_{t=1}^n \frac{\text{BSN}_t}{(1+r^s)^t} \quad (\text{ec.5.1})$$

Dónde:

IS Inversión social,

BSN Beneficios sociales Netos,

$r^s$  Tasa social de descuento.

[Fuente: Asociación Chilena de Municipalidades, (2012)]

La tasa social de descuento representa el costo de oportunidad en que incurre el país cuando utiliza recursos para financiar proyectos. (Mideplan, 2013)

### **5.4.1 Valor residual de Proyecto Completo en plaza de estudio**

Para determinar el valor residual de las dos alternativas de proyectos, que se evaluarán ambos con un horizonte de evaluación de 20 años, se deben llevar los flujos posteriores al horizonte de evaluación al valor presente del año 20, ya que es en el último año de evaluación se agrega el valor residual. Las alternativas de proyecto se comparan con la plaza en estudio sin proyecto, siendo la diferencia entre ambos el beneficio neto del proyecto.

La vida útil de estos proyectos puede superar en gran cantidad de años al horizonte de evaluación, sin embargo la evaluación se realiza en el caso más desfavorable. Se considera que la vida útil del proyecto supera el horizonte de evaluación en 5 años.

La tasa de descuento a emplear para el periodo 2013 corresponde a un 6% estimada. (Mideplan, 2013)

#### **5.4.1.1. Costos y beneficios del proyecto completo en años posteriores al horizonte de evaluación**

A continuación se presentan los costos y beneficios utilizados para determinar el valor residual de la inversión del proyecto completo.

## 5.4.1.1.1 Costos agua ocupada en proyecto completo

Tabla 5.18: Costos de agua ocupada para mantención de áreas verdes posterior al horizonte de evaluación, proyecto completo

N	T	AÑO	A	B	A-B	C	(A-B) x C
			Necesidad Hídrica [m <sup>3</sup> ]	Captación Hídrica [m <sup>3</sup> ]	Agua requerida efectiva [m <sup>3</sup> ]	Precio Comercial	Costo de agua anual
20	0	2033		328			
21	1	2034	2.075	325	1.750	\$ 1.316	\$ 2.303.000
22	2	2035	2.075	321	1.754	\$ 1.345	\$ 2.359.130
23	3	2036	2.075	318	1.757	\$ 1.374	\$ 2.414.118
24	4	2037	2.075	315	1.760	\$ 1.404	\$ 2.471.040
25	5	2038	2.075	312	1.763	\$ 1.433	\$ 2.526.379

[Fuente: elaboración propia]

## 5.4.1.1.2 Beneficios de agua ocupada en proyecto completo

Tabla 5.19: Beneficios de agua ocupada para mantención de áreas verdes posterior al horizonte de evaluación, proyecto completo

N	T	AÑO	A	B	C	A x C	B x C
			Ahorro hídrico[m <sup>3</sup> ]	Captación Hídrica [m <sup>3</sup> ]	Precio Social	Beneficio por ahorro	Beneficio por captación
20	0	2033		328			
21	1	2034	620	325	\$ 4.197	\$ 2.602.140	\$ 1.364.025
22	2	2035	620	321	\$ 4.291	\$ 2.660.420	\$ 1.377.411
23	3	2036	620	318	\$ 4.384	\$ 2.718.080	\$ 1.394.112
24	4	2037	620	315	\$ 4.478	\$ 2.776.360	\$ 1.410.570
25	5	2038	620	312	\$ 4.572	\$ 2.834.640	\$ 1.426.464

[Fuente: elaboración propia]

#### 5.4.1.1.3 Costos de mantención proyecto completo

Para efectos de esta investigación, todos los precios de mantención se reajustan mediante el incremento anual de 3% fijado en el presente capítulo.

Tabla 5.20: Costos de mantención posterior al horizonte de evaluación, proyecto completo

<b>N</b>	<b>AÑO</b>	<b>Factor de corrección</b>	<b>Costos de mantención</b>
21	2034	$1,03^{20}$	\$ 19.720.708
22	2035	$1,03^{21}$	\$ 20.312.329
23	2036	$1,03^{22}$	\$ 20.921.699
24	2037	$1,03^{23}$	\$ 21.549.350
25	2038	$1,03^{24}$	\$ 22.195.831

[Fuente: elaboración propia]

#### 5.4.1.1.4 Costos de mantención de pavimentos

Tabla 5.21: Costos de mantención de pavimentos posterior al horizonte de evaluación, proyecto completo

<b>N</b>	<b>AÑO</b>	<b>Factor de corrección</b>	<b>Costos de mantención</b>
21	2034	$1,03^{20}$	\$ 22.689.141
24	2037	$1,03^{23}$	\$ 24.793.036

[Fuente: elaboración propia]

#### 5.4.1.2. Costos y beneficios del proyecto de xerojardinería y riego en años posteriores al horizonte de evaluación

A continuación se presentan los costos y beneficios utilizados para determinar el valor residual de la inversión del proyecto de xerojardinería y riego.



## 5.4.1.2.1 Costos agua ocupada en proyecto de xerojardinería y riego

Tabla 5.22: Costos de agua ocupada para mantención de áreas verdes posterior al horizonte de evaluación, proyecto Xerojardinería y riego

N	T	AÑO	A	B	A x B
			Necesidad Hídrica [m <sup>3</sup> ]	Precio Comercial	Costo de agua anual
20	0	2033			
21	1	2034	2.075	\$ 1.316	\$ 2.730.700
22	2	2035	2.075	\$ 1.345	\$ 2.790.875
23	3	2036	2.075	\$ 1.374	\$ 2.851.050
24	4	2037	2.075	\$ 1.404	\$ 2.913.300
25	5	2038	2.075	\$ 1.433	\$ 2.973.475

[Fuente: elaboración propia]

## 5.4.1.2.2 Beneficios de agua ocupada en proyecto de xerojardinería y riego

Tabla 5.23: Beneficios de agua ocupada para mantención de áreas verdes posterior al horizonte de evaluación, proyecto Xerojardinería y riego

			A	C	(A-B) x C
N	T	AÑO	Necesidad Hídrica [m <sup>3</sup> ]	Precio Social	Beneficio anual
20	0	2033			
21	1	2034	2.075	\$ 4.197	\$ 8.708.775
22	2	2035	2.075	\$ 4.291	\$ 8.903.825
23	3	2036	2.075	\$ 4.384	\$ 9.096.800
24	4	2037	2.075	\$ 4.478	\$ 9.291.850
25	5	2038	2.075	\$ 4.572	\$ 9.486.900

[Fuente: elaboración propia]

## 5.4.1.2.3 Costos de mantención proyecto xerojardinería y riego

Tabla 5.24: Costos de mantención posterior al horizonte de evaluación, proyecto xerojardinería y riego

<b>N</b>	<b>AÑO</b>	<b>Factor de corrección</b>	<b>Costos de mantención Proyecto Xerojardinería y riego</b>
21	2034	1,03 <sup>20</sup>	\$ 18.817.653
22	2035	1,03 <sup>21</sup>	\$ 19.382.182
23	2036	1,03 <sup>22</sup>	\$ 19.963.648
24	2037	1,03 <sup>23</sup>	\$ 20.562.557
25	2038	1,03 <sup>24</sup>	\$ 21.179.434

[Fuente: elaboración propia]

## 5.4.1.2.4 Costos de mantención de pavimentos

Tabla 5.25: Costos de mantención de pavimentos posterior al horizonte de evaluación, proyecto xerojardinería y riego

<b>N</b>	<b>AÑO</b>	<b>Factor de corrección</b>	<b>Costos de mantención</b>
21	2034	1,03 <sup>20</sup>	\$ 22.689.141
24	2037	1,03 <sup>23</sup>	\$ 24.793.036

[Fuente: elaboración propia]

## 5.4.1.1.5 VANS Plaza de estudio sin proyecto

Tabla 5.26: VANS último periodo de evaluación en miles de pesos, sin proyecto

	Sin proyecto				
	2034	2035	2036	2037	2038
<b>T</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>
<b>INVERSIÓN</b>	0	0	0	0	0
<b>COSTOS</b>	<b>-\$ 21.461</b>	<b>-\$ 45.447</b>	<b>-\$ 22.709</b>	<b>-\$ 23.360</b>	<b>-\$ 49.562</b>
Reposición de daños a pavimento y soleras cada 3 años	0	\$ 23.370	0	0	\$ 25.537
Reposición y mantenimiento anual de áreas verdes	\$ 17.915	\$ 18.452	\$ 19.006	\$ 19.576	\$ 20.163
Costos hídricos de mantenimiento anual	\$ 3.547	\$ 3.625	\$ 3.703	\$ 3.784	\$ 3.862
<b>TOTAL</b>	<b>-\$ 21.461</b>	<b>-\$ 45.447</b>	<b>-\$ 22.709</b>	<b>-\$ 23.360</b>	<b>-\$ 49.562</b>
<b>Fi / (1+TS)^n:</b>	<b>-20246</b>	<b>-40447</b>	<b>-19067</b>	<b>-18503</b>	<b>-37035</b>

VANS sin proyecto

**-\$ 135.298.688**

[Fuente: elaboración propia]

TS = 6%

## VANS plaza con proyecto completo

Tabla 5.27: VANS último periodo de evaluación en miles de pesos, proyecto completo

	Proyecto completo				
	2034	2035	2036	2037	2038
<b>T</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>
<b>INVERSIÓN</b>	0	0	0	0	0
<b>BENEFICIOS</b>	<b>\$ 3.966</b>	<b>\$ 4.038</b>	<b>\$ 4.112</b>	<b>\$ 4.187</b>	<b>\$ 4.261</b>
Beneficios de captación de agua	\$ 1.364	\$ 1.377	\$ 1.394	\$ 1.411	\$ 1.426
Beneficio de ahorro hídrico	\$ 2.602	\$ 2.660	\$ 2.718	\$ 2.776	\$ 2.835
<b>COSTOS</b>	<b>-\$ 22.024</b>	<b>-\$ 41.323</b>	<b>-\$ 18.508</b>	<b>-\$ 19.078</b>	<b>-\$ 45.206</b>
Reposición de daños a pavimento y soleras cada 3 años	0	\$ 23.370	0	0	\$ 25.537
Reposición y mantención anual de áreas verdes	\$ 19.721	\$ 20.312	\$ 20.922	\$ 21.549	\$ 22.196
Costos hídricos de mantención anual	\$ 2.303	-\$ 2.359	-\$ 2.414	-\$ 2.471	-\$ 2.526
<b>TOTAL</b>	<b>-\$ 18.058</b>	<b>-\$ 37.285</b>	<b>-\$ 14.395</b>	<b>-\$ 14.891</b>	<b>-\$ 40.945</b>
<b>Fi / (1+TS)<sup>n</sup>:</b>	<b>-17035</b>	<b>-33184</b>	<b>-12087</b>	<b>-11795</b>	<b>-30597</b>

**VANS proyecto completo**

**-\$ 104.697.730**

[Fuente: elaboración propia]

**TS = 6%**

El valor residual corresponde a la diferencia entre la plaza en estudio sin proyecto y el proyecto completo, este valor corresponde a: \$30.600.958.

## VANS plaza con proyecto de xerojardinería y riego

Tabla 5.28: Vans último periodo de evaluación en miles de pesos, proyecto de xerojardinería y riego

	Proyecto Xerojardinería y riego				
	2034	2035	2036	2037	2038
<b>T</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>
<b>INVERSIÓN</b>	0	0	0	0	0
<b>BENEFICIOS</b>	<b>\$ 2.602</b>	<b>\$ 2.660</b>	<b>\$ 2.718</b>	<b>\$ 2.776</b>	<b>\$ 2.835</b>
Beneficio de ahorro hídrico	\$ 2.602	\$ 2.660	\$ 2.718	\$ 2.776	\$ 2.835
<b>VALOR RESIDUAL</b>	0	0	0	0	0
<b>COSTOS</b>	<b>-\$ 21.548</b>	<b>-\$ 45.543</b>	<b>-\$ 22.815</b>	<b>-\$ 23.476</b>	<b>-\$ 49.690</b>
Reposición de daños a pavimento y soleras cada 3 años	0	\$ 23.370	0	0	\$ 25.537
Reposición y mantención anual de áreas verdes	\$ 18.818	\$ 19.382	\$ 19.964	\$ 20.563	\$ 21.179
Costos hídricos de mantención anual	\$ 2.731	\$ 2.791	\$ 2.851	\$ 2.913	\$ 2.973
<b>TOTAL</b>	<b>-\$ 18.946</b>	<b>-\$ 42.882</b>	<b>-\$ 20.097</b>	<b>-\$ 20.699</b>	<b>-\$ 46.855</b>
<b>Fi / (1+TS)<sup>n</sup>:</b>	<b>-17874</b>	<b>-38165</b>	<b>-16874</b>	<b>-16396</b>	<b>-35013</b>

### VANS proyecto xerojardinería y riego

**-\$ 124.321.317**

[Fuente: elaboración propia]

TS = 6%

El valor residual corresponde a la diferencia entre la plaza sin proyecto y el proyecto completo, este valor corresponde a: \$10.977.371

## 5.4 FLUJOS DE ALTERNATIVAS DE PROYECTO EN PLAZA DE ESTUDIO

A continuación se presentan los flujos de plaza en estudio sin proyecto, proyecto completo y proyecto de xerojardinería y riego. El fin de estos flujos es determinar la alternativa más rentable de proyecto.

## 5.4.1 Flujo neto sin proyectos (1 de 2)

Tabla 5.29: Flujo a 20 años en miles de pesos, sin proyecto (Parte 1)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
<b>T</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>INVERSIÓN</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>COSTOS</b>		<b>-\$ 24.442</b>	<b>-\$ 12.257</b>	<b>-\$ 12.642</b>	<b>-\$ 26.765</b>	<b>-\$ 13.442</b>	<b>-\$ 13.856</b>	<b>-\$ 29.280</b>	<b>-\$ 14.714</b>	<b>-\$ 15.160</b>	<b>-\$ 32.007</b>
Reposición de daños a pavimento y soleras cada 3 años	0	\$ 12.562	0	0	\$ 13.727	0	0	\$ 15.000	0	0	\$ 16.391
Reposición y mantenimiento anual de áreas verdes	0	\$ 9.919	\$ 10.216	\$ 10.523	\$ 10.839	\$ 11.164	\$ 11.499	\$ 11.844	\$ 12.199	\$ 12.565	\$ 12.942
Costos hídricos de mantención anual	0	\$ 1.961	\$ 2.040	\$ 2.119	\$ 2.199	\$ 2.278	\$ 2.357	\$ 2.436	\$ 2.516	\$ 2.595	\$ 2.674
<b>TOTAL</b>	0	<b>-\$ 24.442</b>	<b>-\$ 12.257</b>	<b>-\$ 12.642</b>	<b>-\$ 26.765</b>	<b>-\$ 13.442</b>	<b>-\$ 13.856</b>	<b>-\$ 29.280</b>	<b>-\$ 14.714</b>	<b>-\$ 15.160</b>	<b>-\$ 32.007</b>
<b>TOTAL ACUMULADO</b>	<b>0</b>	<b>-\$ 24.442</b>	<b>-\$ 36.699</b>	<b>-\$ 49.341</b>	<b>-\$ 76.106</b>	<b>-\$ 89.547</b>	<b>-\$103.403</b>	<b>-\$132.683</b>	<b>-\$147.398</b>	<b>-\$162.557</b>	<b>-\$194.564</b>

[Fuente: elaboración propia]

## Flujo neto sin proyectos (2 de 2)

Tabla 5.29: Flujo a 20 años en miles de pesos, sin proyecto (Parte 2)

	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
<b>T</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
<b>INVERSIÓN</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>COSTOS</b>	<b>-\$ 16.083</b>	<b>-\$ 16.562</b>	<b>-\$ 35.044</b>	<b>-\$ 17.557</b>	<b>-\$ 18.073</b>	<b>-\$ 38.175</b>	<b>-\$ 19.145</b>	<b>-\$ 19.702</b>	<b>-\$ 41.660</b>	<b>-\$ 20.859</b>
Reposición de daños a pavimento y soleras cada 3 años	0	0	\$ 17.911	0	0	\$ 19.572	0	0	\$ 21.387	0
Reposición y mantención anual de áreas verdes	\$ 13.330	\$ 13.730	\$ 14.142	\$ 14.566	\$ 15.003	\$ 15.453	\$ 15.917	\$ 16.394	\$ 16.886	\$ 17.393
Costos hídricos de mantención anual	\$ 2.753	\$ 2.832	\$ 2.991	\$ 2.991	\$ 3.070	\$ 3.149	\$ 3.229	\$ 3.308	\$ 3.387	\$ 3.466
<b>TOTAL</b>	<b>-\$ 16.083</b>	<b>-\$ 16.562</b>	<b>-\$ 35.044</b>	<b>-\$ 17.557</b>	<b>-\$ 18.073</b>	<b>-\$ 38.175</b>	<b>-\$ 19.145</b>	<b>-\$ 19.702</b>	<b>-\$ 41.660</b>	<b>-\$ 20.859</b>
<b>TOTAL ACUMULADO</b>	<b>-\$ 210.648</b>	<b>-\$ 227.210</b>	<b>-\$ 262.254</b>	<b>-\$ 279.811</b>	<b>-\$ 297.884</b>	<b>-\$ 336.059</b>	<b>-\$ 355.204</b>	<b>-\$ 374.907</b>	<b>-\$ 416.567</b>	<b>-\$ 437.426</b>

[Fuente: elaboración propia]

**Flujo Neto**            **-\$ 437.425.712**

## 5.4.2 Flujo neto proyecto completo (1 de 2)

Tabla 5.30: Flujo a 20 años en miles de pesos, proyecto completo (Parte 1)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
<b>T</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>INVERSIÓN</b>	-\$ 120.864	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>BENEFICIOS</b>	0	<b>\$ 2.360</b>	<b>\$ 2.446</b>	<b>\$ 2.531</b>	<b>\$ 2.616</b>	<b>\$ 2.700</b>	<b>\$ 2.783</b>	<b>\$ 2.866</b>	<b>\$ 2.948</b>	<b>\$ 3.029</b>	<b>\$ 3.110</b>
Beneficios de captación de agua	0	\$ 921	\$ 949	\$ 976	\$ 1.002	\$ 1.028	\$ 1.053	\$ 1.078	\$ 1.102	\$ 1.125	\$ 1.148
Beneficio de ahorro hídrico	0	\$ 1.439	\$ 1.497	\$ 1.555	\$ 1.613	\$ 1.672	\$ 1.730	\$ 1.788	\$ 1.846	\$ 1.904	\$ 1.962
<b>VALOR RESIDUAL</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>COSTOS</b>	0	<b>-\$ 24.702</b>	<b>-\$ 12.520</b>	<b>-\$ 12.910</b>	<b>-\$ 27.037</b>	<b>-\$ 13.721</b>	<b>-\$ 14.143</b>	<b>-\$ 29.576</b>	<b>-\$ 15.020</b>	<b>-\$ 15.477</b>	<b>-\$ 32.337</b>
Reposición de daños a pavimento y soleras cada 3 años	0	\$ 12.562	0	0	\$ 13.727	0	0	\$ 15.000	0	0	\$ 16.391
Reposición y mantenimiento anual de áreas verdes	0	\$ 10.919	\$ 11.246	\$ 11.584	\$ 11.931	\$ 12.289	\$ 12.658	\$ 13.038	\$ 13.429	\$ 13.832	\$ 14.247
Costos hídricos de mantenimiento anual	0	\$ 1.221	\$ 1.273	\$ 1.326	\$ 1.379	\$ 1.431	\$ 1.485	\$ 1.538	\$ 1.591	\$ 1.645	\$ 1.699
<b>TOTAL</b>	-\$ 126.864	-\$ 22.342	-\$ 10.073	-\$ 10.378	-\$ 24.421	-\$ 11.021	-\$ 11.359	-\$ 26.710	-\$ 12.072	-\$ 12.448	-\$ 29.227
<b>TOTAL ACUMULADO</b>	<b>-\$ 126.864</b>	<b>-\$149.206</b>	<b>-\$159.279</b>	<b>-\$169.657</b>	<b>-\$194.078</b>	<b>-\$205.099</b>	<b>-\$216.459</b>	<b>-\$243.169</b>	<b>-\$255.241</b>	<b>-\$267.689</b>	<b>-\$296.915</b>

[Fuente: elaboración propia]



## Flujo neto proyecto completo (2 de 2)

Tabla 5.30: Flujo a 20 años en miles de pesos, proyecto completo (Parte 2)

	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
<b>T</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
<b>INVERSIÓN</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>BENEFICIOS</b>	<b>\$ 3.191</b>	<b>\$ 3.270</b>	<b>\$ 3.350</b>	<b>\$ 3.428</b>	<b>\$ 3.506</b>	<b>\$ 3.584</b>	<b>\$ 3.661</b>	<b>\$ 3.738</b>	<b>\$ 3.814</b>	<b>\$ 3.890</b>
Beneficios de captación de agua	\$ 1.170	\$ 1.192	\$ 1.213	\$ 1.233	\$ 1.253	\$ 1.273	\$ 1.292	\$ 1.310	\$ 1.328	\$ 1.346
Beneficio de ahorro hídrico	\$ 2.021	\$ 2.079	\$ 2.137	\$ 2.195	\$ 2.253	\$ 2.311	\$ 2.369	\$ 2.428	\$ 2.486	\$ 2.544
<b>VALOR RESIDUAL</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	\$ 30.601
<b>COSTOS</b>	<b>-\$ 16.427</b>	<b>-\$ 16.922</b>	<b>-\$ 35.340</b>	<b>-\$ 17.951</b>	<b>-\$ 18.487</b>	<b>-\$ 38.609</b>	<b>-\$ 19.602</b>	<b>-\$ 20.183</b>	<b>-\$ 42.167</b>	<b>-\$ 21.393</b>
Reposición de daños a pavimento y soleras cada 3 años	0	0	\$ 17.911	0	0	\$ 19.572	0	0	\$ 21.387	0
Reposición y mantenimiento anual de áreas verdes	\$ 14.674	\$ 15.114	\$ 15.568	\$ 16.035	\$ 16.516	\$ 17.011	\$ 17.522	\$ 18.047	\$ 18.589	\$ 19.146
Costos hídricos de mantenimiento anual	\$ 1.753	\$ 1.807	\$ 1.862	\$ 1.916	\$ 1.971	\$ 2.026	\$ 2.081	\$ 2.136	\$ 2.191	\$ 2.247
<b>TOTAL</b>	<b>-\$ 13.237</b>	<b>-\$ 13.651</b>	<b>-\$ 31.991</b>	<b>-\$ 14.523</b>	<b>-\$ 14.980</b>	<b>-\$ 35.025</b>	<b>-\$ 15.941</b>	<b>-\$ 16.446</b>	<b>-\$ 38.353</b>	<b>\$ 13.097</b>
<b>TOTAL ACUMULADO</b>	<b>-\$310.152</b>	<b>-\$323.803</b>	<b>-\$355.794</b>	<b>-\$370.317</b>	<b>-\$385.297</b>	<b>-\$420.322</b>	<b>-\$436.263</b>	<b>-\$452.709</b>	<b>-\$491.062</b>	<b>-\$477.965</b>

[Fuente: elaboración propia]

**Flujo Neto**                    **-\$ 477.964.908**

## 5.4.3 Flujo neto proyecto de xerojardinería y riego (1 de 2)

Tabla 5.31: Flujo a 20 años en miles de pesos, proyecto xerojardinería y riego (Parte 1)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
<b>T</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>INVERSIÓN</b>	-\$34.885	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>BENEFICIOS</b>	0	\$ 1.439	\$ 1.497	\$ 1.555	\$ 1.613	\$ 1.672	\$ 1.730	\$ 1.788	\$ 1.846	\$ 1.904	\$ 1.962
Beneficio de ahorro hídrico	0	\$ 1.439	\$ 1.497	\$ 1.555	\$ 1.613	\$ 1.672	\$ 1.730	\$ 1.788	\$ 1.846	\$ 1.904	\$ 1.962
<b>VALOR RESIDUAL</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>COSTOS</b>	0	-\$24.492	-\$12.302	-\$12.684	-\$ 26.805	-\$ 13.480	-\$ 13.894	-\$ 29.317	-\$ 14.750	-\$ 15.197	-\$ 32.044
Reposición de daños a pavimento y soleras cada 3 años	0	\$12.562	0	0	\$13.727	0	0	\$15.000	0	0	\$16.391
Reposición y mantenimiento anual de áreas verdes	0	\$10.419	\$10.731	\$11.053	\$11.385	\$ 11.727	\$ 12.078	\$ 12.441	\$ 12.814	\$ 13.198	\$13.594
Costos hídricos de mantenimiento anual	0	\$ 1.511	\$ 1.571	\$ 1.631	\$ 1.693	\$ 1.753	\$ 1.816	\$ 1.876	\$ 1.936	\$ 1.998	\$ 2.058
<b>TOTAL</b>	<b>-\$34.885</b>	<b>-\$23.053</b>	<b>-\$10.805</b>	<b>-\$11.129</b>	<b>-\$ 25.192</b>	<b>-\$ 11.808</b>	<b>-\$ 12.164</b>	<b>-\$ 27.529</b>	<b>-\$ 12.904</b>	<b>-\$ 13.292</b>	<b>-\$ 30.081</b>
<b>TOTAL ACUMULADO</b>	<b>-\$34.885</b>	<b>-\$57.938</b>	<b>-\$68.743</b>	<b>-\$79.872</b>	<b>-\$105.064</b>	<b>-\$116.872</b>	<b>-\$129.036</b>	<b>-\$156.565</b>	<b>-\$169.469</b>	<b>-\$182.761</b>	<b>-\$212.843</b>

[Fuente: elaboración propia]

## Flujo neto Proyecto de xerojardinería y riego (2 de 2)

Tabla 5.31: Flujo a 20 años en miles de pesos, proyecto xerojardinería y riego (Parte 2)

	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
<b>T</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
<b>INVERSIÓN</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>BENEFICIOS</b>	<b>\$ 2.021</b>	<b>\$ 2.079</b>	<b>\$ 2.137</b>	<b>\$ 2.195</b>	<b>\$ 2.253</b>	<b>\$ 2.311</b>	<b>\$ 2.369</b>	<b>\$ 2.428</b>	<b>\$ 2.486</b>	<b>\$ 2.544</b>
Beneficio de ahorro hídrico	\$ 2.021	\$ 2.079	\$ 2.137	\$ 2.195	\$ 2.253	\$ 2.311	\$ 2.369	\$ 2.428	\$ 2.486	\$ 2.544
<b>VALOR RESIDUAL</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	\$ 10.977
<b>COSTOS</b>	<b>-\$ 16.123</b>	<b>-\$ 16.603</b>	<b>-\$ 35.007</b>	<b>-\$ 17.604</b>	<b>-\$ 18.123</b>	<b>-\$ 38.230</b>	<b>-\$ 19.205</b>	<b>-\$ 19.767</b>	<b>-\$ 41.732</b>	<b>-\$ 20.938</b>
Reposición de daños a pavimento y soleras cada 3 años	0	0	\$ 17.911	0	0	\$ 19.572	0	0	\$ 21.387	0
Reposición y mantenimiento anual de áreas verdes	\$ 14.002	\$ 14.422	\$ 14.855	\$ 15.300	\$ 15.759	\$ 16.232	\$ 16.719	\$ 17.221	\$ 17.737	\$ 18.270
Costos hídricos de mantenimiento anual	\$ 2.121	\$ 2.181	\$ 2.241	\$ 2.303	\$ 2.363	\$ 2.426	\$ 2.486	\$ 2.546	\$ 2.608	\$ 2.668
<b>TOTAL</b>	<b>-\$ 14.102</b>	<b>-\$ 14.524</b>	<b>-\$ 32.870</b>	<b>-\$ 15.409</b>	<b>-\$ 15.870</b>	<b>-\$ 35.919</b>	<b>-\$ 16.836</b>	<b>-\$ 17.339</b>	<b>-\$ 39.247</b>	<b>-\$ 7.417</b>
<b>TOTAL ACUMULADO</b>	<b>-\$226.945</b>	<b>-\$241.469</b>	<b>-\$274.339</b>	<b>-\$289.748</b>	<b>-\$ 305.618</b>	<b>-\$ 341.536</b>	<b>-\$ 358.372</b>	<b>-\$ 375.711</b>	<b>-\$ 414.958</b>	<b>-\$ 422.375</b>

[Fuente: elaboración propia]

**Flujo Neto**      **-\$ 422.374.727**

## 5.5 PAY-BACK DE LA INVERSIÓN Y RESULTADOS

El proyecto completo se descarta por tener un costo más alto que la alternativa sin proyecto. El proyecto de jardín xerofito y riego es factible, a continuación se determinará el pay-back de la inversión y los beneficios netos que entrega el proyecto



Figura 5.6: Pay-Back de la inversión

[Fuente: elaboración propia]

Los beneficios del proyecto de xerojardinería y riego corresponden a \$ 15.050.985 lo cuales se recuperan a partir del año 2032, es decir el año 19 de la inversión. El ahorro hídrico de la propuesta es de 12.400 [m<sup>3</sup>]

## 6. CONCLUSIONES

Como primer objetivo específico se establece lo siguiente: “Identificar técnicas usadas para lograr eficiencia hídrica en áreas verdes y su factibilidad de uso en la Región Metropolitana”. Respecto a este objetivo podemos concluir que: como técnicas de ahorro hídrico existen siete principios en torno al jardín xerófito, los cuales involucran: planeamiento inicial, mejoramiento del suelo, uso de Mulch (orgánico e inorgánico), uso adecuado del césped, uso de riego tecnificado y el mantenimiento adecuado. Como técnicas teóricas de ahorro hídrico se establece el cálculo de necesidades de riego en base a las características de la zona de estudio (clima, humedad, radiación, entre otros). Como técnicas de captación de agua, se establece la captación mediante pavimento impermeable, su coeficiente de escorrentía y las bases teóricas para el cálculo del volumen de almacenamiento en estanque.

Como segundo objetivo se establece: “Diagnosticar claramente la situación de la Plaza de Armas de Quilicura en cuanto a materia técnica y energía”. Respecto a este objetivo podemos concluir lo siguiente: se identifica la ubicación, materialidad, tipo de clima, humedad y precipitaciones de la plaza proyectada. En base a lo anterior se calculó las necesidades hídricas, donde se obtuvo como resultado 3.214 [m<sup>3</sup>]/año y un consumo actual de 2.695 [m<sup>3</sup>]/año que no satisface las necesidades actuales de la plaza.

Como tercer objetivo se establece: “Diseñar una propuesta de eficiencia hídrica en áreas verdes, aplicada a las necesidades de la Plaza de Armas de Quilicura”. Respecto a este objetivo se puede concluir lo siguiente: luego de realizar propuestas para pavimentos, rediseño de vegetación, tecnificación de riego y estanque de almacenamiento, se establece las necesidades de riego de proyecto xerojardinería en conjunto a riego tecnificado, cuyo resultado es 2.075 [m<sup>3</sup>]/año. Por otra parte la captación de pavimentos y estanque es 401 [m<sup>3</sup>]/año. En base a esto se establece tres propuestas: un proyecto que involucra todas las técnicas, un proyecto que considera xerojardinería en conjunto a riego tecnificado y un proyecto de captación en conjunto con riego tecnificado.

Como cuarto objetivo se establece: “Evaluar mediante indicador Costo/Beneficio la propuesta de eficiencia hídrica en áreas verdes aplicada a la Plaza de Armas de Quilicura”. Respecto a este objetivo podemos concluir lo siguiente: La propuesta de xerojardinería en conjunto con riego tecnificado es la única propuesta factible, la cual logra la mejor proporción entre ahorro hídrico y costo monetario. La propuesta según indicador pay-back recupera la inversión en el penúltimo año de evaluación, la cual se traduce en un 43% de la inversión inicial.

El proyecto de captación de aguas lluvias no es factible económicamente al requerir una inversión elevada, debido a que necesita de pavimento impermeable que desplace el agua captada hacia el estanque de almacenamiento

## 7. BIBLIOGRAFÍA



**Referencias bibliográficas.**

BCN. (25 de Enero del 2006). *La escasez de agua dulce*. Recuperado el 15 de Diciembre de BCN: [http://www.bcn.cl/carpeta\\_temas/temas\\_portada.2005-12-27.4449440028](http://www.bcn.cl/carpeta_temas/temas_portada.2005-12-27.4449440028)

Bures, S. (1993). *Xerojardinería*. Ediciones de Horticultura  
CENSO. *Censos de población históricos*. Recuperado el 24 de Marzo de INE: [http://www.ine.cl/canales/usuarios/censos\\_digitalizados.php](http://www.ine.cl/canales/usuarios/censos_digitalizados.php)

CNE / PNUD / UTFSM, (2008). *Irradiancia solar en los territorios de la república de Chile*. Recuperado el 22 de Mayo del 2013 de: <http://www.freewebs.com/infoenergia/RegistroSolarimetrico.pdf>

*como estrategia de adaptación al cambio climático*, (27 de marzo del 2007).  
Recuperado el 5 de Enero de ingenieria.univalle.edu: <http://ingenieria.univalle.edu.co:8000/revistaingenieria/index.php/incompe/article/viewFile/130/131>

FAO, (2006). *Evapotranspiración del cultivo*. Recuperado el 3 de Mayo del 2013 de  
FAO: <ftp://ftp.fao.org/aql/aqlw/docs/idp56s.pdf>

FAO, (2013). *Captación y almacenamiento de agua de lluvia*. Recuperado el 3 de Junio  
del 2013 de  
FAO: [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/AGRO\\_Noticias/docs/captacion\\_agua\\_de\\_lluvia.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/AGRO_Noticias/docs/captacion_agua_de_lluvia.pdf)

García, M., Carvajal, Y., & Jiménez, H. *La gestión integrada de los recursos hídricos*  
Información climatológica de estaciones Chilenas (s.f.). Recuperado el 7 de Junio de:  
[http://www.atmosfera.cl/HTML/datos/datos\\_02.html](http://www.atmosfera.cl/HTML/datos/datos_02.html)

---

Larrain, S. & Poo, P. (2010). Conflictos por el agua en Chile, Santiago.

Martínez, P. (2013). Cumbre de la sustentabilidad hídrica 2013, Chile. Recuperado el 2 de Marzo de: <http://www.capital.cl/mundo-capital/eventos/ii-cumbre-sustentabilidad-hidrica/>

Ministerio de desarrollo social, (2013). *Metodología general de evaluación de proyectos*. Recuperado el 3 de Septiembre del 2013 de MIDEPLAN: <http://sni.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/fotos/Methodolog%C3%ADa%20General%20013.pdf>

Ministerio del medio ambiente, Chile. *Disponibilidad de áreas verdes*. Recuperado el 16 de Julio de 2013 de: [http://www.mma.gob.cl/1304/articles-52016\\_Capitulo\\_6.pdf](http://www.mma.gob.cl/1304/articles-52016_Capitulo_6.pdf)

Muncharas, M. (2006). *Bricojardinería y Paisajismo N° 146*. España.

Navarrete, P. (2012). *9 m<sup>2</sup> de área verde por habitante* Recuperado el 1 de Abril de: [http://blog.latercera.com/blog/pnavarrete/entry/9m2\\_de\\_%C3%A1rea\\_verde\\_por](http://blog.latercera.com/blog/pnavarrete/entry/9m2_de_%C3%A1rea_verde_por)

PLADECO, (2009). *Plan de desarrollo comunal 2010-2014*, Municipalidad de Quilicura. Recuperado el 17 de Agosto de: [http://www.quilicura.cl/index.php/documentos/cat\\_view/40-quilicura-transparente-transparencia-activa.html](http://www.quilicura.cl/index.php/documentos/cat_view/40-quilicura-transparente-transparencia-activa.html)

Rodríguez, A., Alabarces, R., Yruela, M., Plaza, R., Navas. Á., Fernández, R. (2004) *Manual de riego de jardines*. Cordova, Consejería de Agricultura y Pesca. Rescatado el 22 de Febrero del 2013 de: <http://www.fagro.edu.uy/~hidrologia/paisajismo/riegojardines.pdf>

Rodríguez, C. (2011). *Valoración económica del agua en la región centro-norte de Chile*. Recuperado el 7 de Agosto de CAZALAC: [http://www.cazalac.org/documentos/caudales\\_ambientales\\_2011/taller\\_valoracion\\_agua\\_Huasco/Precio%20social%20del%20Agua-CNR.pdf](http://www.cazalac.org/documentos/caudales_ambientales_2011/taller_valoracion_agua_Huasco/Precio%20social%20del%20Agua-CNR.pdf)

Sánchez, M & Carvacho, L. (2011). *Comparación de ecuaciones empíricas para el cálculo de la evapotranspiración de referencia en la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins, Chile*. Recuperado el 15 de Mayo del 2013 de: [http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-34022011000300010&script=sci\\_arttext#n1](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-34022011000300010&script=sci_arttext#n1)

Scherpenisse, K. (2013). *Eficiencia Hídrica y desafíos de la Industria al 2020, (13 de Agosto del 2012)*. Recuperado el 2 de Diciembre del 2012, de Fundación Chile: <http://www.fundacionchile.com/agu-detalle-biblioteca-area/detalle-biblioteca-area.index/1957/eficiencia-hidrica-y-desafios-de-la-industria-al-2020>

SEH, (2009). *Formulación Sello de Eficiencia Hídrica en el Paisaje*. Recuperado el 15 de Noviembre del 2012 de DGA: <http://documentos.dga.cl/OTR5401.pdf>

SII, (2009). *Boletín aguas claras, N°20*. Recuperado el 7 de Agosto del 2013 de SII: [http://www.siss.gob.cl/577/articles-7835\\_recurso\\_1.pdf](http://www.siss.gob.cl/577/articles-7835_recurso_1.pdf)

## 8. ANEXOS

## ANEXO A. CÁLCULO DE LAS PRECIPITACIONES EFECTIVAS

Mes	Evapotranspiración Referencial (ET0)	Coefficiente de jardin (Actual)(KJ)	Evapotranspiración MES (ET)	Precipitaciones mes 2013 [mm]	Precipitaciones efectivas 2013 [mm]	Precipitaciones efectivas corregidas 2013 mm
Enero	170,8	0,9	153,7	0,4	-9,8	0
		0,6	107,6			
		0,5	92,2			
Febrero	129,3	0,9	116,4	0,8	-9,5	0
		0,6	81,5			
		0,5	69,8			
Marzo	105,5	0,9	94,9	3,2	-8,1	0
		0,6	66,5			
		0,5	57,0			
Abril	58,8	0,9	52,9	10,4	-3,8	0
		0,6	37,0			
		0,5	31,7			
Mayo	30,1	0,9	27,1	42,2	15,3	0
		0,6	19,0			
		0,5	16,3			
Junio	18,0	0,9	16,2	70,4	32,2	32,24
		0,6	11,4			
		0,5	9,7			

## ANEXO A. CÁLCULO DE LAS PRECIPITACIONES EFECTIVAS

Mes	Evapotranspiración Referencial (ET0)	Coefficiente de jardin (Actual)(KJ)	Evapotranspiración MES (ET)	Precipitaciones mes 2013 [mm]	Precipitaciones efectivas 2013 [mm]	Precipitaciones efectivas corregidas 2013 mm
Julio	21,5	0,9	19,4	86,6	44,3	16,57
		0,6	13,5			
		0,5	11,6			
Agosto	37,7	0,9	33,9	51,8	21,1	21,08
		0,6	23,7			
		0,5	20,3			
Septiembre	55,4	0,9	49,8	22	3,2	3,2
		0,6	34,9			
		0,5	29,9			
Octubre	89,3	0,9	80,4	13,4	-2,0	0
		0,6	56,3			
		0,5	48,2			
Noviembre	129,5	0,9	116,6	9,2	-4,5	0
		0,6	81,6			
		0,5	70,0			
Diciembre	167,3	0,9	150,6	2,1	-8,7	0
		0,6	105,4			
		0,5	90,3			

## ANEXO B. CÁLCULO DE LAS NECESIDADES HÍDRICAS ANUALES DE LA PROPUESTA

Mes	Necesidades netas de riego	Necesidades brutas de riego	m <sup>2</sup> de plaza	Agua requerida mensual	Total mes
Enero	153,7	219,6	1131,0	248,4	375,5
	107,6	119,6	578,0	69,1	
	92,2	97,1	598,0	58,1	
Febrero	116,4	166,3	1131,0	188,1	284,3
	81,5	90,5	578,0	52,3	
	69,8	73,5	598,0	44,0	
Marzo	94,9	135,6	1131,0	153,4	231,9
	66,5	73,8	578,0	42,7	
	57,0	60,0	598,0	35,9	
Abril	52,9	75,6	1131,0	85,4	129,2
	37,0	41,1	578,0	23,8	
	31,7	33,4	598,0	20,0	
Mayo	27,1	38,7	1131,0	43,8	66,2
	19,0	21,1	578,0	12,2	
	16,3	17,1	598,0	10,2	
Junio	-16,0	-21,3	1131,0	-24,1	-10,7
	11,4	12,6	578,0	7,3	
	9,7	10,3	598,0	6,1	

## ANEXO B. CÁLCULO DE LAS NECESIDADES HÍDRICAS ANUALES DE LA PROPUESTA

Mes	Necesidades netas de riego	Necesidades brutas de riego	m <sup>2</sup> de plaza	Agua requerida mensual	Total mes
Julio	2,8	4,0	1131,0	4,5	20,5
	13,5	15,1	578,0	8,7	
	11,6	12,2	598,0	7,3	
Agosto	12,8	18,3	1131,0	20,7	48,8
	23,7	26,4	578,0	15,2	
	20,3	21,4	598,0	12,8	
Septiembre	46,6	66,6	1131,0	75,3	116,6
	34,9	38,8	578,0	22,4	
	29,9	31,5	598,0	18,8	
Octubre	80,4	114,9	1131,0	129,9	196,4
	56,3	62,5	578,0	36,1	
	48,2	50,8	598,0	30,4	
Noviembre	116,6	157,3	1131,0	177,9	274,4
	81,6	90,7	578,0	52,4	
	70,0	73,6	598,0	44,0	
Diciembre	150,6	200,8	1131,0	227,1	351,6
	105,4	117,1	578,0	67,7	
	90,3	95,1	598,0	56,9	

<b>Total [m<sup>3</sup>]/año</b>	<b>2075 [m<sup>3</sup>]</b>
----------------------------------	-----------------------------



### ANEXO C. CÁLCULO DEL AGUA RECOLETADA POR PROYECTO DE PAVIMENTOS 4.1 Y ESTANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIA 4.2

MES	Precipitaciones mes 2013 [mm]	Area Pavimento	Agua recolectada [m <sup>3</sup> ]
<b>Enero</b>	0,4	1282,0	0,5
<b>Febrero</b>	0,8	1282,0	1,0
<b>Marzo</b>	3,2	1282,0	4,1
<b>Abril</b>	10,4	1282,0	13,3
<b>Mayo</b>	42,2	1282,0	54,1
<b>Junio</b>	70,4	1282,0	90,3
<b>Julio</b>	86,6	1282,0	111,0
<b>Agosto</b>	51,8	1282,0	66,4
<b>Septiembre</b>	22	1282,0	28,2
<b>Octubre</b>	13,4	1282,0	17,2
<b>Noviembre</b>	9,2	1282,0	11,8
<b>Diciembre</b>	2,1	1282,0	2,7
<b>Total Recolectado</b>			<b>401 [M<sup>3</sup>]</b>