



**Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería en Medioambiente
Ingeniería Ambiental**

**PROPUESTA DE UN PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS
PARA REDUCIR LA HUELLA HÍDRICA DIRECTA EN LA FACULTAD
DE FARMACIA DE LA UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO
AMBIENTAL**

**AUTORES: IGNACIO EDUARDO ÁLVAREZ VILLABLANCA
NATAJSHA JULIA MELLA MELLA
PROFESOR GUÍA: YENNY OLIVARES HENRÍQUEZ**

VALPARAÍSO, 2024

RESUMEN

Este trabajo abordó la necesidad de gestionar de manera eficiente el recurso hídrico en la Facultad de Farmacia de la Universidad de Valparaíso, una institución que, al igual que otras universidades públicas, puede desempeñar un rol fundamental en la promoción de la sostenibilidad. En un contexto global de escasez hídrica, se vuelve importante reducir el impacto de las actividades humanas sobre el medio ambiente. Este estudio se enfoca en la huella hídrica como herramienta para medir el consumo de agua y establecer medidas para reducir la huella hídrica directa de la Facultad de Farmacia.

La metodología incluyó una evaluación del estado actual del consumo de agua en la Facultad, mediante la identificación de áreas críticas y el análisis de datos de consumo. Esto permitió identificar las principales áreas de consumo y sus oportunidades de ahorro. Se calcularon tres tipos de huella hídrica directa: azul, verde y gris, con un énfasis en la huella hídrica directa azul, que refleja el consumo de agua dulce. La huella verde y la gris, en cambio, se mantuvieron constantes debido a que las medidas de intervención se enfocaron específicamente en la reducción del consumo directo.

Para mejorar la eficiencia en el uso del agua, se formularon varias medidas tecnológicas y de sensibilización. Las primeras incluyen la implementación de dispositivos de ahorro, como aireadores, grifos temporizados, con sensor, inodoros de doble descarga y un sistema de riego por goteo en las áreas verdes. Estas acciones buscan reducir el consumo al focalizar el uso de agua, minimizando el desperdicio. Las iniciativas de sensibilización, por su parte, se dirigieron a concientizar a la comunidad universitaria sobre la importancia de un uso racional del recurso mediante talleres, charlas y una campaña de difusión en redes sociales.

Finalmente, se llevó a cabo un análisis de costos y del impacto de las medidas propuestas en la reducción de la huella hídrica directa que confirmó la viabilidad de estas medidas. Aunque la implementación de tecnologías de ahorro supone una inversión inicial, la relación beneficio-costos es positiva a partir del séptimo año, con una proyección de reducción de hasta un 39,61% en la huella hídrica directa azul. Esto destaca el potencial de estas medidas como inversiones, que va desde 285,3 UF a 319,1 UF dependiendo de las tecnologías escogidas para lavamanos, con beneficios tanto financieros como ambientales, promoviendo una cultura de ahorro de agua que refuerza el rol de la universidad como modelo en la gestión de recursos sostenible.

AGRADECIMIENTOS

Ignacio: A lo largo de estos cinco años de universidad, he contado con el apoyo inquebrantable de personas que han sido mi mayor fortaleza. A mi papá Guillermo, a mi mamá Claudia, a mi hermana Daniela y a mi tía Any, les agradezco desde el corazón por ser mi refugio en los momentos difíciles y mi impulso en cada logro. Su amor, paciencia y confianza me han sostenido siempre. También quiero dedicar un agradecimiento muy especial a mi compañera, amiga y futura colega, Natajsha, quien no solo compartió conmigo este camino, sino que fue un pilar fundamental en cada paso, con su compañerismo y apoyo constante. Sin ustedes, este sueño no habría sido posible.

Natajsha: Agradezco a mi abuela y a mi mamá por su apoyo durante estos años. A mis gatos, Rini y Pepino, y a mi perrita, Kiki, quienes han sido mi compañía y apoyo emocional, especialmente durante la pandemia. A mi pololo, Jota, por estar siempre conmigo.

A los amigos que Valparaíso me regaló desde que llegué en 2016, especialmente a Valentina, y a todos los amigos y compañeros de la Escuela de Medio Ambiente de la UV, quienes hicieron del estudio, los trabajos y las juntas gratas experiencias. En especial, a Ignacio, gran amigo, compañero de tesis y del CEE, quien en estos dos últimos años se transformó en una de las personas más cercanas a mi vida y espero siga estando en ella. Gracias por todo.

ÍNDICE GENERAL

1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	ESCASEZ HÍDRICA.....	1
1.1.1	Escasez Hídrica y los Objetivos de Desarrollo Sostenible.....	2
1.2	HUELLA HÍDRICA.....	3
1.2.1	Concepto de Huella Hídrica.....	3
1.2.2	Importancia de la Huella Hídrica en la Gestión Sostenible del Agua.....	3
1.2.3	Manual de evaluación de la huella hídrica.....	4
1.2.4	Tipos de Huella Hídrica: Verde, Azul y Gris.....	5
1.2.4.1	Huella hídrica directa verde.....	5
1.2.4.2	Huella hídrica directa azul.....	5
1.2.4.3	Huella hídrica directa gris.....	5
1.2.5	Aplicaciones Prácticas del Manual de Huella Hídrica.....	5
1.2.6	Desafíos y Perspectivas Futuras de la Huella Hídrica.....	7
1.3	UNIVERSIDADES Y HUELLA HÍDRICA.....	7
1.4	UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO.....	8
1.4.1	Facultad de Farmacia.....	8
2	PROBLEMA.....	9
3	OBJETIVOS.....	10
3.1	OBJETIVO GENERAL.....	10
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
4	METODOLOGÍA.....	11
4.1	CONTEXTUALIZACIÓN DE LA FACULTAD DE FARMACIA.....	11
4.2	DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DEL CONSUMO Y MANEJO DEL AGUA EN LA FACULTAD DE FARMACIA.....	11
4.2.1	Recolección de datos.....	11
4.2.1.1	Análisis del consumo de agua mediante facturas.....	11
4.2.1.2	Visitas a terreno.....	12
4.2.2	Evaluación del manejo del recurso.....	12
4.2.2.1	Identificación de fuentes de consumo directo.....	12
4.2.2.2	Cuantificación de áreas verdes.....	13
4.2.3	Cálculo de la Huella hídrica directa.....	13
4.2.3.1	Huella Hídrica Directa Azul (HHA).....	13

4.2.3.2	Huella Hídrica Directa Verde (HHV)	14
4.2.3.3	Huella Hídrica Directa Gris (HHG)	15
4.2.4	Identificación de Oportunidades de Mejora	16
4.2.5	Cálculo del Consumo Hídrico	16
4.2.5.1	Recolección de información	16
4.2.5.2	Mediciones de Caudales.....	17
4.3	PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS PARA REDUCIR LA HUELLA HÍDRICA EN LA FACULTAD DE FARMACIA	18
4.3.1	Diseño de Medidas Técnicas y de Sensibilización	18
4.3.2	Identificación de Recursos	18
4.3.3	Planificación Temporal	19
4.3.4	Sistema de Monitoreo y Evaluación	19
4.3.5	Asignación de Responsabilidades	20
4.4	ANÁLISIS DE COSTOS Y DEL IMPACTO DE LAS MEDIDAS PROPUESTAS EN EL PLAN PARA REDUCIR LA HUELLA HÍDRICA EN LA FACULTAD DE FARMACIA ..	20
4.4.1	ANÁLISIS DE COSTOS	20
4.4.1.1	Valorización económica:	20
4.4.1.2	Razón Beneficio-Costo (RBC):	22
4.4.2	Análisis del Impacto de las Medidas Propuestas	22
5	RESULTADOS	24
5.1	DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DEL CONSUMO Y MANEJO DEL AGUA EN LA FACULTAD DE FARMACIA	24
5.1.1	Recolección de datos	24
5.1.2	Evaluación del Manejo del Recurso	25
5.1.2.1	Consumo Directo	25
5.1.2.2	Áreas Verdes	28
5.1.3	Cálculo de la Huella Hídrica	29
5.1.3.1	Resultados de la huella hídrica directa azul	29
5.1.3.2	Resultados de la Huella hídrica directa verde	29
5.1.3.3	Resultados de la huella hídrica directa gris.....	31
5.1.4	Identificación de Problemas y Oportunidades de Mejora	32
5.1.5	Cálculo de Consumo Hídrico por Artefacto	33
5.1.5.1	Recolección de Datos	33
5.1.5.2	Cuantificación de Caudales	34

5.1.5.3	Estimación del consumo hídrico anual	34
5.2	PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS PARA REDUCIR LA HUELLA HÍDRICA DIRECTA EN LA FACULTAD DE FARMACIA.....	35
5.2.1	ANTECEDENTES	36
5.2.2	Objetivo	36
5.2.3	Alcance	36
5.2.4	Medidas Propuestas.....	37
5.2.5	Identificación de Recursos	39
5.2.6	Cronograma	40
5.2.7	Monitoreo y Evaluación	41
5.2.7.1	Monitoreo de la Implementación	41
5.2.7.2	Seguimiento del Impacto.....	42
5.2.7.3	Ajuste Correctivo	44
5.2.8	Asignación de responsables	44
5.2.9	Recomendaciones.....	45
5.3	ANÁLISIS DE COSTOS Y DEL IMPACTO DE LAS MEDIDAS PROPUESTAS EN EL PLAN PARA REDUCIR LA HUELLA HÍDRICA EN LA FACULTAD DE FARMACIA ..	47
5.3.1	Análisis de Costos del Plan de Implementación	47
5.3.1.1	Valorización Económica	47
5.3.1.2	Razón Beneficio-Costo	50
5.3.2	Análisis del Impacto de las Medidas Propuestas.....	50
5.3.2.1	Huella Azul.....	51
5.3.2.2	Huella Verde – Huella Gris.....	51
5.3.2.3	Huella hídrica Proyectada Total.....	51
6	DISCUSIÓN.....	53
7	CONCLUSIÓN.....	56
8	BIBLIOGRAFÍA.....	57
9	ANEXOS.....	60
9.1	ANEXO 1: PLANOS DE LA FACULTAD DE FARMACIA DE LA UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO	60
9.2	ANEXO 2: TENDENCIA MENSUAL DE CONSUMO DE AGUA ÚLTIMOS 5 AÑOS DE LA FACULTAD	65
9.3	ANEXO 3: ÁREAS VERDES	66
9.4	ANEXO 4: IDENTIFICACIÓN DE FLORA DE LAS ÁREAS VERDES.....	68

9.5 ANEXO 5: ENCUESTA EXPLORATORIA..... 79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1: <i>Plantilla para datos de facturación de agua</i>	11
Tabla 4.2: Plantilla para datos estadísticos del consumo de agua en los últimos 5 años en la Facultad de Farmacia	12
Tabla 4.3: Plantilla para fuentes de consumo directo por edificio.....	13
Tabla 4.4: Plantilla para áreas verdes de la Facultad	13
Tabla 4.5: Plantilla para registro de precipitación	14
Tabla 4.6: Plantilla para cálculo de precipitación efectiva	14
Tabla 4.7: Plantilla para cálculo de la Huella Hídrica	16
Tabla 4.8: Plantilla para problemas y oportunidades de mejora.....	16
Tabla 4.9: Plantilla para resultados de consumo por artefacto (m ³ /año)	17
Tabla 4.10: Plantilla para resultados consumo total (m ³ /año)	17
Tabla 4.11: Plantilla de tabla para medidas propuestas de tecnologías de ahorro.....	18
Tabla 4.12: Plantilla de tabla para medidas propuestas para la campaña de sensibilización y difusión	18
Tabla 4.13: Plantilla para recursos por medida.....	18
Tabla 4.14: Plantilla para cronograma de implementación.....	19
Tabla 4.15: Plantilla para indicadores de verificación y de impacto por medida de tecnología de ahorro y de la campaña de sensibilización y difusión.....	19
Tabla 4.16: Plantilla para responsables del plan de implementación	20
Tabla 4.17: Plantilla para resumen de propuestas por edificio y sus costos aproximados	21
Tabla 4.18: Plantilla para costos aproximados de las actividades de la campaña de sensibilización y difusión.....	21
Tabla 4.19: Plantilla para resumen del análisis de costos por medida propuesta.....	21
Tabla 4.20: Plantilla para costos de inversión, reducción y ahorro esperados por opción de medidas propuestas para los lavamanos	21
Tabla 4.21: Plantilla para resultados Razón Beneficio-Costo.....	22
Tabla 4.22: Cálculo de la Huella Hídrica Proyectada	23
Tabla 4.23: Comparación de la Huella Hídrica Actual y Proyectada	23
Tabla 5.1: Datos de consumo de facturas	24
Tabla 5.2: Datos Estadísticos del Consumo de Agua en los últimos 5 años en la Facultad...25	
Tabla 5.3: Fuentes de consumo directo Edificio A	26
Tabla 5.4: Fuentes de consumo directo Edificio B	26
Tabla 5.5: <i>Fuentes de consumo directo totales de la Facultad</i>	27
Tabla 5.6: <i>Áreas verdes de la Facultad</i>	28
Tabla 5.7: Resultados de Precipitación Efectiva	30
Tabla 5.8: Precipitación efectiva año 2023	30
Tabla 5.9: Cálculo de la Huella Hídrica.....	31
Tabla 5.10: Identificación de Problemas y Oportunidades de Mejora	32
Tabla 5.11: Resultados de consumo por artefacto (m ³ /año).....	35
Tabla 5.12: Resultados Consumo Total (m ³ /año).....	35
Tabla 5.13: Medidas propuestas de tecnologías de ahorro.....	37
Tabla 5.14: Medidas propuestas para la campaña de sensibilización y difusión.....	38
Tabla 5.15: Recursos por medida.....	39

Tabla 5.16: Cronograma de implementación	40
Tabla 5.17: Indicadores de verificación por medida de tecnología de ahorro.....	41
Tabla 5.18: Indicadores de verificación de la campaña de sensibilización y difusión	42
Tabla 5.19: Indicadores de impacto por medida de tecnologías de implementación	42
Tabla 5.20: Indicadores de impacto de la campaña de sensibilización y difusión	43
Tabla 5.21: Indicador de impacto del plan de implementación.....	43
Tabla 5.22: Responsables del plan de implementación	44
Tabla 5.23: Resumen Propuestas por Edificio y sus Costos Aproximados de Inversión	48
Tabla 5.24: Costos Aproximados de las Actividades de la Campaña de Sensibilización y Difusión.....	48
Tabla 5.25: Resumen del Análisis de Costos por Medida Propuesta	49
Tabla 5.26: Egresos, Reducción Esperada e Ingreso por opción de medidas propuestas para los lavamanos.....	50
Tabla 5.27: Resultados Razón Beneficio-Costo.....	50
Tabla 5.28: Resultados Huella Azul Proyectada	51
Tabla 5.29: Resultados Huella Hídrica Total Proyectada	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Evolución de las precipitaciones promedio anual de la zona centro (2022).....	2
Figura 1.2: Evolución de los niveles y capacidad del embalse Los Aromos (2022)	2
Figura 1.3: Proyección uso del agua al 2030, Chile	6
Figura 4.1: Odómetro rueda 9999 mts..	12

ACRÓNIMOS

AENOR: Asociación Española de Normalización y Certificación.

CIPER: Centro de Investigación Periodística.

DBO: Demanda Biológica de Oxígeno.

DGA: Dirección General de Aguas.

ESVAL: Empresa Sanitaria de Valparaíso S.A.

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

FIA: Fundación para la Innovación Agraria.

HHA: Huella hídrica directa azul.

HHG: Huella hídrica directa gris.

HHV: Huella hídrica directa verde.

ISO: Organización Internacional de Normalización.

MMA: Ministerio de Medio Ambiente.

ONU-Agua: Organización de las Naciones Unidas-Agua.

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible.

PUC: Pontificia Universidad Católica de Chile.

TIC: Tecnologías de la Información y la Comunicación.

UCM: Universidad Católica del Maule.

UMAS: Unidad de Medio Ambiente y Sostenibilidad.

UNAB: Universidad Andrés Bello.

UNESCO: Organización de las Naciones Unidas para la Cultura, las Ciencias y la Educación.

UV: Universidad de Valparaíso.

UTFSM: Universidad Técnica Federico Santa María.

WFN: Water Footprint Network.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 ESCASEZ HÍDRICA

La importancia de la gestión adecuada del recurso hídrico está en constante aumento a nivel mundial, nacional y regional. La falta de agua se ha vuelto un problema crítico que impacta varias partes del mundo, incluyendo Chile y, en particular, a la región de Valparaíso.

A nivel global, se estima que entre dos mil y tres mil millones de personas enfrentan la escasez de agua (Organización de las Naciones Unidas para la Cultura, las Ciencias y la Educación (UNESCO) y Organización de las Naciones Unidas-Agua (ONU-Agua), 2023). La Organización de las Naciones Unidas para la Cultura, las Ciencias y la Educación (UNESCO) y la Organización de las Naciones Unidas-Agua (ONU-Agua) (2023) alertan sobre el empeoramiento de esta situación en las próximas décadas, especialmente en entornos urbanos, si no se promueve la cooperación internacional en esta área.

En los últimos años, el 53% de las comunas chilenas han sido declaradas en situación de sequía (Escenarios Hídricos 2030, 2021). Además, se anticipa un aumento en la demanda de agua debido al crecimiento poblacional y a la expansión de las actividades económicas en general (Fundación para la Innovación Agraria (FIA), 2022).

En cuanto al consumo de agua potable, las mayores cantidades de agua potable per cápita se registran en las regiones: Metropolitana (214 litros por habitante al día), Magallanes (205 litros por habitante al día) y O'Higgins (190 litros por habitante al día). Además, en cuanto al tipo de cliente, durante el año 2021, el mayor consumo de agua potable se da en el sector residencial (78,6%), seguido del sector comercial (12,4%). En el servicio de recolección de aguas servidas, se observa una tendencia muy similar (Ministerio de Medio Ambiente (MMA), 2023).

En el año 2020, 37 de las 38 comunas de la Región de Valparaíso se encontraban bajo declaración de escasez hídrica (Dirección General de Agua (DGA), 2020), lo que reflejaba los graves efectos de la sequía en la región. La región de Valparaíso se abastece de agua principalmente de la cuenca del río Aconcagua, que comienza en la cordillera de los Andes y desemboca en la bahía de Concón. Actualmente, las lluvias registradas por la red meteorológica de la DGA se focalizaron principalmente en el altiplano y desde la región de Valparaíso hacia el sur (Figura 1.1). Se observaron aumentos significativos en los caudales en promedio del 98% en las regiones que abarcan desde Valparaíso hasta Magallanes, en comparación con el año anterior. En Valparaíso, concretamente en el acuífero del río Aconcagua, en el sector de Aconcagua Desembocadura, los niveles se han estabilizado en los últimos meses, con un incremento de unos 6 metros respecto a los niveles más bajos registrados en el período analizado durante el último año (DGA, 2024). A su vez, el embalse de agua potable Los Aromos se encuentra en un 83% de ocupación de su capacidad (Figura 1.2) (DGA, 2024). Estas mejoras que se vienen observando desde hace un tiempo, provocó que la DGA no volviera a decretar escasez hídrica en la región en septiembre de 2023, exceptuando la provincia de Petorca y San Antonio (DGA, 2024).

Esto amenaza el acceso al agua limpia y a su saneamiento (ODS 6), así como las metas de disminución de la pobreza (ODS 1), seguridad alimentaria (ODS 2) y crecimiento económico (ODS 8) del país (Grupo Medioambiental del Sistema de las Naciones Unidas en Chile, 2021).

La insuficiencia hídrica en Chile es un problema multifacético que se ve agravado por factores climáticos, normativos y de gestión. Los grupos en situación de pobreza y las zonas rurales, donde la infraestructura hídrica es más precaria, sufren mayormente sus impactos. Esta problemática también puede repercutir en la salud (ODS 3), ya que el acceso a agua limpia es fundamental para prevenir enfermedades (Grupo Medioambiental del Sistema de las Naciones Unidas en Chile, 2021).

1.2 HUELLA HÍDRICA

1.2.1 Concepto de Huella Hídrica

Es un indicador medioambiental que mide el volumen total de agua dulce utilizado en la producción de bienes y servicios consumidos por el ser humano. Este concepto fue introducido por el profesor Arjen Hoekstra en 2002 y ha sido fundamental para comprender el impacto del consumo humano en los recursos hídricos globales (Hoekstra, 2002).

La importancia de la Huella Hídrica radica en su capacidad para revelar el uso oculto del agua en los productos y servicios que se consumen. Permite evaluar la sostenibilidad del uso del agua y cómo el consumo en un lugar puede impactar los recursos hídricos en otro sitio (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2024). Además, es un indicador geográficamente explícito, lo que significa que considera el lugar específico donde se llevó a cabo la elaboración del producto o servicio (Hoekstra, 2002).

El término Huella Hídrica también fue adoptado internacionalmente con la norma ISO 14046, que unifica conceptos y se convierte en el referente internacional para empresas, procesos y productos (Organización Internacional de Normalización (ISO), 2024). Esto demuestra la relevancia global del concepto y su aplicación en diferentes sectores para promover una gestión más eficiente y sostenible del agua.

Este indicador se calcula en volumen, expresado en litros o metros cúbicos, por unidad de producto fabricado o servicio consumido. El cálculo tiene en cuenta tanto el agua consumida directamente como la utilizada indirectamente en la producción de materias primas (Hoekstra, 2002).

1.2.2 Importancia de la Huella Hídrica en la Gestión Sostenible del Agua

La huella hídrica se ha convertido en una herramienta para la gestión sostenible del agua, ya que proporciona una medida clara del agua utilizada en la producción de bienes y servicios. Su importancia radica en la capacidad de identificar y gestionar el impacto del consumo humano en los recursos hídricos a nivel local e internacional. La huella hídrica permite a los

gestores de recursos hídricos, planificar de manera más efectiva, garantizando que el uso del agua sea sostenible y que se mantenga la seguridad hídrica. Es una herramienta que ayuda a responder preguntas críticas sobre cuánta agua se necesita para producir bienes y servicios y cómo se puede gestionar mejor ese uso (Centro de Investigación Periodística (CIPER), 2021).

Desde el punto de vista del consumidor, conocer la huella hídrica de los productos que consumen fomenta una mayor conciencia y responsabilidad sobre el impacto de sus hábitos en los recursos hídricos. Esto puede llevar a cambios en el comportamiento que contribuyan a una menor demanda de agua y a un uso más eficiente del recurso (CIPER, 2021). La huella hídrica también juega un papel importante en la formulación de políticas y legislación. La Unión Europea, por ejemplo, ha incorporado la huella hídrica en su directiva de eficiencia energética, exigiendo la recogida y publicación de datos relevantes para la huella hídrica y el rendimiento energético, especialmente en sectores con una huella significativa como el TIC (Centro de Formación Sostenible, 2024).

1.2.3 Manual de evaluación de la huella hídrica

El Manual de Evaluación de la Huella Hídrica, es una publicación que establece el estándar mundial para la medición y gestión de la huella hídrica. Desarrollado por la Water Footprint Network (WFN) y traducido al castellano por AENOR, este manual proporciona un marco integral para entender y aplicar el concepto de huella hídrica en diversos contextos (Water Footprint Network (WFN), 2021).

Los objetivos del manual son claros: proporcionar un conjunto coherente de definiciones, métodos y herramientas para calcular la huella hídrica de procesos, productos, consumidores, naciones y empresas. Además, busca promover la sostenibilidad, equidad y eficiencia en el uso del agua a través de una mejor metodología de cálculo que pueda adaptarse a los distintos objetivos de los diferentes sectores de la sociedad (AENOR, 2021).

El alcance del manual abarca desde la contabilidad de la huella hídrica hasta el análisis de la sostenibilidad y la formulación de respuestas. La contabilidad se centra en la apropiación humana del agua dulce, teniendo en cuenta el lugar y el momento en el que esto sucede. Se detallan los métodos para calcular esta huella de una etapa del proceso y cómo se calcula para cultivos agrícolas o forestales, así como para productos (Water Footprint Network, 2021).

Este manual es importante ya que proporciona un estándar internacionalmente reconocido para evaluar el uso de agua. Permite a los usuarios, desde individuos hasta grandes corporaciones, comprender y gestionar su impacto en los recursos hídricos. Además, alinea la evaluación de la huella hídrica con los principios del análisis del ciclo de vida, lo que contribuye a una visión más holística del impacto ambiental (Water Footprint Network, 2021).

El Manual es una herramienta esencial para cualquier entidad interesada en la gestión sostenible del agua. Su aplicación puede llevar a una mejor comprensión de los impactos

hídricos y a la implementación de estrategias efectivas para reducirlos a nivel global (AENOR, 2021).

1.2.4 Tipos de Huella Hídrica: Verde, Azul y Gris

Se clasifica en tres categorías que reflejan las diferentes fuentes de agua utilizadas en la producción de bienes y servicios: la huella verde, la huella azul y la huella gris. Cada una de estas categorías representa un aspecto único del consumo de agua y es crucial para entender el impacto total del uso del agua en el medio ambiente (Hoekstra, 2003).

1.2.4.1 Huella hídrica directa verde

Se refiere al volumen de agua de lluvia que absorbe el suelo y usan las plantas. Es el agua que se evapora durante el proceso de crecimiento de los cultivos y es una parte integral del ciclo del agua en la agricultura. La huella hídrica directa verde es especialmente relevante en la producción agrícola, donde la lluvia juega un papel vital en el crecimiento de los cultivos (Hoekstra, 2003).

1.2.4.2 Huella hídrica directa azul

Esta mide el uso consuntivo de agua dulce superficial o subterránea. Incluye el agua extraída de ríos, lagos y acuíferos que se evapora o se incorpora a un producto, no retornando al lugar de origen. Esta categoría es importante para evaluar el impacto en los recursos hídricos disponibles para otros usos (Hoekstra, 2003).

1.2.4.3 Huella hídrica directa gris

Esta huella representa el volumen de agua dulce necesaria para diluir los contaminantes hasta niveles que cumplan con los estándares de calidad del agua. Es una medida del impacto de la contaminación y se calcula en función de la cantidad de contaminante y la calidad del agua requerida (Hoekstra, 2003). Este se considera como un volumen de agua virtual, ya que su cálculo de requerimiento es teórico.

Comprender estos tres tipos de huella hídrica, es esencial para realizar una evaluación completa del uso del agua en cualquier proceso productivo. Permite a las organizaciones y a los individuos identificar áreas de mejora y desarrollar estrategias para un uso más sostenible del agua (Hoekstra, 2003).

1.2.5 Aplicaciones Prácticas del Manual de Huella Hídrica

Las aplicaciones prácticas del manual son extensas y variadas, reflejando su importancia y utilidad en la gestión sostenible del agua (Water Footprint Network, 2021).

En el sector industrial, el manual se utiliza para calcular la huella hídrica de los procesos de producción. Esto permite a las empresas identificar las etapas que consumen más agua y desarrollar estrategias para reducir el uso del recurso, reduciendo así su impacto ambiental y mejorando la eficiencia en el uso del agua (Fundación Chile, 2016).

La agricultura es uno de los mayores consumidores de agua dulce. El manual ayuda a los agricultores y a las empresas agroindustriales a calcular la huella hídrica de los cultivos, lo que es esencial para la implementación de prácticas de riego más eficientes y para la selección de cultivos adecuados a las condiciones locales de disponibilidad de agua (Fundación Chile, 2016).

La Figura 1.3 sobre la proyección del uso del agua al 2030 en Chile proporciona un contexto crucial para entender cómo la aplicación del Manual de Evaluación de la Huella Hídrica puede influir en las políticas y prácticas futuras. Permite visualizar las tendencias esperadas en el uso del agua y subraya la importancia de adoptar medidas eficaces, como la gestión basada en la huella hídrica, para asegurar un uso sostenible y adecuado de este recurso vital.



Figura 1.3: Proyección uso del agua al 2030, Chile (Villanova, 2021).

El manual también es utilizado por las autoridades de gestión de recursos hídricos para comprender mejor la demanda de agua de diferentes sectores y para planificar de manera más efectiva la asignación y gestión de los recursos hídricos a nivel regional y nacional (Water Footprint Network, 2021).

Además, el manual sirve como un recurso educativo para aumentar la conciencia sobre la importancia de la huella hídrica y promover un cambio hacia patrones de consumo más sostenibles entre los consumidores y las comunidades (Water Footprint Network, 2021).

Las aplicaciones prácticas del Manual de Evaluación de la Huella Hídrica demuestran su valor en la promoción de un uso más sostenible y responsable del agua. A través de su implementación, se pueden lograr avances significativos en la reducción de la huella hídrica a

nivel global, contribuyendo así a la seguridad hídrica y a la sostenibilidad ambiental (Water Footprint Network, 2021).

1.2.6 Desafíos y Perspectivas Futuras de la Huella Hídrica

La huella hídrica es un concepto dinámico que enfrenta desafíos continuos y presenta perspectivas futuras prometedoras en el contexto de la gestión sostenible del agua. A medida que avanzamos, los desafíos se centran en la adaptación a un mundo en constante cambio, donde la seguridad hídrica es cada vez más compleja y urgente.

Los desafíos actuales incluyen el aumento poblacional, la urbanización acelerada, la degradación de la calidad del agua, los cambios en el uso del suelo y el impacto creciente de fenómenos extremos como inundaciones y sequías. Estos factores exigen una gestión más eficiente y sostenible del agua, donde la huella hídrica puede ser una herramienta para la planificación y la toma de decisiones (UNESCO, 2023).

El cambio climático es una realidad que afecta directamente la disponibilidad y la demanda de agua. La huella hídrica puede ayudar a comprender y mitigar los impactos del cambio climático en los recursos hídricos, promoviendo estrategias de adaptación y resiliencia en comunidades y ecosistemas (Fundación Aquae, 2024).

La tecnología y la innovación juegan un papel crucial en la mejora de la medición y gestión de la huella hídrica. El desarrollo de nuevas metodologías y herramientas tecnológicas permitirá una evaluación más precisa y en tiempo real del uso del agua, facilitando así la implementación de prácticas sostenibles (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2024).

La educación y la concientización sobre la importancia de la huella hídrica son fundamentales para fomentar un cambio hacia un consumo más responsable del agua. Es esencial integrar la huella hídrica en los programas educativos y en las campañas de sensibilización para asegurar una gestión sostenible del agua a largo plazo (UNESCO, 2023).

Las perspectivas futuras de la huella hídrica incluyen su integración en políticas públicas y estrategias de desarrollo sostenible. La huella hídrica tiene el potencial de convertirse en un indicador estándar para la evaluación del impacto ambiental y la sostenibilidad, contribuyendo así a los Objetivos de Desarrollo Sostenible y a la seguridad hídrica global (UNESCO, 2023).

1.3 UNIVERSIDADES Y HUELLA HÍDRICA

En el ámbito internacional, diversas universidades han implementado medidas para reducir su huella hídrica, destacándose la Universidad de Barcelona. Esta institución ha logrado reducir su consumo de agua en un 70,6% en los últimos 25 años mediante la implementación de tecnologías eficientes y prácticas sostenibles (Universidad de Barcelona, 2024). La Universidad de Barcelona ha adoptado un enfoque integral para gestionar su huella hídrica, incluyendo la optimización de sistemas de riego, la reutilización de aguas grises y la

sensibilización de la comunidad universitaria sobre la importancia del uso responsable del agua. Estas iniciativas no solo han contribuido a la sostenibilidad ambiental, sino que también han servido como modelo para otras instituciones educativas a nivel global.

En Chile, varias universidades públicas han comenzado a adoptar la metodología de la huella hídrica para evaluar y gestionar su consumo de agua de manera más sostenible. Entre ellas, la Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC) ha realizado estudios para cuantificar su huella hídrica, abarcando sus diferentes componentes, Huella Azul, Verde y Gris (Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC), 2018). La Universidad Técnica Federico Santa María (UTFSM) también ha implementado esta metodología, identificando puntos críticos y proponiendo mejoras (Universidad Técnico Federico Santa María (UTFSM), 2024). Asimismo, la Universidad Católica del Maule (UCM) ha participado en proyectos de investigación enfocados en la Sostenibilidad Hídrica, incluyendo el cálculo de la huella hídrica (Universidad Católica del Maule (UCM), 2024). Estas iniciativas no solo reflejan un creciente compromiso de las instituciones educativas chilenas con la gestión del recurso hídrico, sino que también contribuyen directamente al cumplimiento de los ODS en particular el ODS 6, que busca garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible para todos.

1.4 UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO

Fundada en 1981, la Universidad de Valparaíso (UV) es una institución pública y estatal dedicada a la excelencia académica y social. Su compromiso con la educación, investigación y extensión es clave para la Región de Valparaíso (Universidad de Valparaíso (UV), 2024).

En el año 2021 fue creada la Unidad de Medio Ambiente y Sostenibilidad (UMAS), la cual promueve prácticas sostenibles dentro de la comunidad universitaria. Su objetivo es sensibilizar sobre la importancia del cuidado del medio ambiente y fomentar la sostenibilidad a través de la eficiencia energética, el manejo adecuado de recursos hídricos y el tratamiento de residuos (Unidad de Medio Ambiente y Sostenibilidad (UMAS), 2024)

1.4.1 Facultad de Farmacia

La Facultad de Farmacia de la UV, ubicada en Avenida Gran Bretaña 1093, Playa Ancha, Valparaíso, Chile, cuenta con una infraestructura compuesta por dos edificios. En ellos se imparten las carreras de Química y Farmacia, y Nutrición y Dietética, además de cinco programas de magíster. Estas actividades académicas se desarrollan en laboratorios y espacios complementarios, que facilitan el desarrollo educativo y social de los estudiantes (UV, 2024).

Dicha Facultad en la actualidad ha realizado distintas iniciativas ambientales en sus instalaciones, como la reciente inauguración de un punto limpio gestionado por la UMAS, adicionalmente, se están exploraron nuevas áreas, como lo son la energética e hídrica (UV, 2024).

2 PROBLEMA

Dada la escasez hídrica en la región de Valparaíso, es consecuente que instituciones de educación superior como la Universidad de Valparaíso implementen iniciativas enfocadas en el uso eficiente de ésta, con el fin de conocer y reducir su consumo de agua.

Es así como, la Facultad de Farmacia de la Universidad de Valparaíso, al no disponer de datos sobre el consumo y manejo del recurso hídrico en sus instalaciones, podría estar provocando un uso excesivo o ineficiente del agua.

Para abordar esta situación, se propone utilizar la metodología de la huella hídrica, con el objetivo de cuantificar y establecer medidas para reducir el consumo de agua y, por ende, su huella hídrica.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Proponer un Plan de Implementación de Medidas para Reducir la Huella Hídrica Directa en la Facultad de Farmacia de la Universidad de Valparaíso.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Diagnosticar el estado actual del consumo y el manejo del agua en la Facultad de Farmacia de la Universidad de Valparaíso.
2. Elaborar un plan de implementación de medidas para reducir la huella hídrica directa en la Facultad de Farmacia de la Universidad de Valparaíso.
3. Analizar los costos y el impacto de las medidas propuestas en el plan para reducir la huella hídrica directa en la Facultad de Farmacia de la Universidad de Valparaíso.

4 METODOLOGÍA

4.1 CONTEXTUALIZACIÓN DE LA FACULTAD DE FARMACIA

Para la realización de este trabajo de título, se ha seleccionado la Facultad de Farmacia como lugar de investigación. Sus instalaciones serán utilizadas para la recopilación de los datos necesarios, y las propuestas desarrolladas se alinearán con su contexto específico, considerando sus particularidades y necesidades.

La Facultad alberga una comunidad que cuenta con 854 personas, entre ellas 48 académicos, 775 estudiantes y 31 funcionarios.

Dentro de su infraestructura, cuenta con salas de clases, oficinas administrativas, baños, áreas verdes, laboratorios equipados y espacios complementarios. Todo esto está distribuido en 2 edificios: el Edificio A, con 5 pisos, y el Edificio B, con 4 pisos, que en conjunto abarcan un total de 5.960,27 m² de área construida. En el Anexo 1 se presentan los planos de ambos edificios por piso.

4.2 DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DEL CONSUMO Y MANEJO DEL AGUA EN LA FACULTAD DE FARMACIA

Para desarrollar un diagnóstico del estado actual del consumo y manejo del agua en la Facultad de Farmacia, se implementó una metodología compuesta por tres fases principales:

4.2.1 Recolección de datos

En esta sección se describe la metodología utilizada para recopilar la información necesaria para analizar el consumo de agua en la Facultad de Farmacia.

4.2.1.1 Análisis del consumo de agua mediante facturas

- Se recopilaron las facturas de agua de los últimos cinco años (2019-2023).
- Se diseñó la Tabla 4.1 para registrar el consumo mensual de estos años. La tabla considera los periodos de facturación desde mediados de diciembre del año anterior hasta mediados del mes siguiente, y así sucesivamente. Esto se debe a que Esva utiliza ciclos de facturación que no siempre coinciden exactamente con los meses calendario, lo que puede incluir días de dos meses diferentes en una sola factura.

Tabla 4.1: Plantilla para datos de facturación de agua (Elaboración propia).

Periodos de facturación	Consumo (m ³)				
	2019	2020	2021	2022	2023
Diciembre-Enero					
Total					

- Se realizó un análisis estadístico, con el objetivo de determinar el comportamiento del consumo de agua en la Facultad a través de la media, la mediana y la desviación estándar. La media permitirá obtener una medida central del consumo promedio de agua en los últimos cinco años. La mediana proporcionará una visión del valor central, ayudando a identificar posibles sesgos en la distribución de los datos, mientras que la desviación estándar permitirá medir la dispersión y variabilidad del consumo, contribuyendo a identificar fluctuaciones en los patrones de uso. En la Tabla 4.2 se presenta el formato de ingreso para la media muestral, mediana y desviación estándar muestral para los últimos 5 años.

Tabla 4.2: *Plantilla para datos estadísticos del consumo de agua en los últimos 5 años en la Facultad de Farmacia (Elaboración propia).*

Año	Media (m ³)	Mediana (m ³)	Desviación estándar (m ³)
2019 – 2020			

4.2.1.2 Visitas a terreno

- Se planificaron visitas a la Facultad para identificar las principales fuentes de consumo directo y áreas verdes.
- Se midió las áreas verdes utilizando un odómetro (Figura 4.2), dividiéndolas en polígonos para facilitar la medición, de esta forma obtener la superficie verde en m² para el posterior cálculo de la huella hídrica directa verde.



Figura 4.1: *Odómetro rueda 9999 mts. (PROIMEQ).*

4.2.2 Evaluación del manejo del recurso

4.2.2.1 Identificación de fuentes de consumo directo

- De acuerdo con la información recolectada durante las visitas a terreno, las principales fuentes de consumo directo se clasificaron en las siguientes categorías: artefactos (inodoro, lavamanos, lavaplatos) y otras fuentes (dispensador, red húmeda y otras válvulas).
- Se evaluó el estado de cada fuente de consumo directo (Bueno: sin filtraciones / Malo: presenta filtraciones).

- Se detectó la presencia de tecnologías de ahorro en los artefactos y otras fuentes (Por ejemplo: baños con botones de dosificación / llaves de agua con temporizador).

Se utilizó la Tabla 4.3 para registrar las fuentes de consumo directo de la Facultad:

Tabla 4.3: Plantilla para fuentes de consumo directo por edificio (Elaboración propia).

Piso	Artefactos / Otras fuentes	Cantidad	Bueno	Malo	Presenta tecnología de ahorro Sí (indicar cantidad)	Porcentaje total de artefactos y otras fuentes con tecnología de ahorro
1						
...						
Total, edificio						

4.2.2.2 Cuantificación de áreas verdes

- Se identificaron las especies de plantas presentes.
- Se calculó el área total de espacios verdes, información registrada en la Tabla 4.4.

Tabla 4.4: Plantilla para áreas verdes de la Facultad (Elaboración propia).

Polígonos	Áreas (m ²)	Descripción
1		
...		

4.2.3 Cálculo de la Huella hídrica directa

Para calcular la Huella hídrica directa, se utilizó la metodología de la WFN, que incluyó los siguientes tres componentes:

4.2.3.1 Huella Hídrica Directa Azul (HHA)

Para el cálculo de esta huella, se determinó el volumen total de agua dulce potable consumido en las operaciones de la Facultad durante el año 2023 (consumos directos) y se estimó el volumen de agua utilizada para el riego de las áreas verdes.

La fórmula utilizada para calcular la huella hídrica directa es la siguiente:

$$\text{Huella Hídrica Azul (HHA)} = \text{Afluente} + \text{Agua de Riego}$$

Donde:

Afluente: volumen de agua dulce potable consumida (m³).

Agua de Riego: volumen de agua utilizada para riego (m³).

Para el afluente se consideró el 100% del consumo, dado que el 80% del agua tratada se descargó al mar, y por tanto, se contabilizó como agua consumida, ya que no retorna a la cuenca local.

4.2.3.2 Huella Hídrica Directa Verde (HHV)

Para realizar el cálculo de esta huella se obtuvieron datos de precipitación mensual de la estación climatológica local más representativa, datos extraídos de la Dirección General de Aeronáutica Civil de la Dirección Meteorológica de Chile (DGAC CHILE) correspondientes al año 2023 (año utilizado para la línea base de este trabajo) los cuales se registraron en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5: Plantilla para registro de precipitación (Elaboración propia).

Año	Mes	Precipitación (mm)
2023	Enero	
...	...	
2023	Diciembre	

- Se calculó la precipitación efectiva utilizando las siguientes fórmulas:

$$P_{eff} \begin{cases} P - \left(\frac{125 \times 0,2P}{125} \right) & \text{si } P \leq 250 \text{ mm} \\ 125 + 0,1P & \text{si } P > 250 \text{ mm} \end{cases}$$

Donde:

P_{eff} = Precipitación efectiva en $\left(\frac{mm}{ha} \right)$.

P = Precipitación total (mm).

- Se convirtió la P_{eff} a m^3/ha multiplicado por 10.000 y dividiendo entre 1.000.
- Se multiplicó la precipitación efectiva por el área total de espacios verdes, resultados ingresados en la Tabla 4.6.

Tabla 4.6: Plantilla para cálculo de precipitación efectiva (Elaboración propia).

Año	Mes	Precipitación (mm)	P_{eff} (mm/ha)	P_{eff} (m^3/ha)
2023	Enero			
	...			
	Diciembre			

A continuación, se presenta la ecuación para el cálculo de la HHV, que representa el volumen de agua de lluvia utilizada por la vegetación. La Huella hídrica directa verde se determina multiplicando la precipitación efectiva (P_{eff}) por el área verde total (A) de la Facultad. La fórmula es la siguiente:

$$HHV = P_{eff} \times A$$

Donde:

$HHV = \text{Huella Hídrica Verde (m}^3\text{)}$

$P_{eff} = \text{Precipitación efectiva (} \frac{\text{m}^3}{\text{ha}} \text{)}$

$A = \text{Área verde total (ha)}$

4.2.3.3 Huella Hídrica Directa Gris (HHG)

La Huella hídrica directa gris Directa, según el Manual de Evaluación de la Huella Hídrica de Arjen Y. Hoekstra, se define como el volumen de agua dulce necesario para diluir los contaminantes en un vertido hasta que el agua residual cumpla con los estándares de calidad establecidos. Cabe destacar que, en el contexto de la Facultad de Farmacia, el cuerpo receptor de sus aguas residuales es el alcantarillado.

En la determinación de la HHG, además de la concentración de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), también se pueden utilizar otros parámetros de concentración de contaminantes, como la concentración de cobre u otros metales pesados, dependiendo del tipo de contaminantes que puedan estar presentes en el efluente. Sin embargo, en el contexto universitario y en varios estudios de huella hídrica, como los realizados por la UNAB o la UTFSM, se ha optado por utilizar la DBO debido a que es un indicador estandarizado y ampliamente aceptado para medir la carga de materia orgánica en el agua y el impacto de los contaminantes en la calidad del agua en cuerpos receptores. La DBO permite evaluar la cantidad de oxígeno requerido por los microorganismos para descomponer la materia orgánica, lo que refleja la contaminación potencial que se puede generar en los cuerpos de agua.

La cuantificación de la HHG se realiza mediante la siguiente fórmula:

$$HHG = \frac{(Efluente \times C_{efluente}) - (Afluente \times C_{afluente})}{C_{m\acute{a}x} - C_{nat}}$$

Donde:

Efluente: Cantidad de agua que se retorna al cuerpo receptor tras ser utilizada.

Afluente: Agua que se extrae de la cuenca/cuerpo de agua.

$C_{efluente}$: Nivel de contaminantes presentes en el agua efluente $(\frac{mg}{L})$.

$C_{afluente}$: Contaminación que estaba presente en el agua al momento de extraerla del cuerpo de agua.

$C_{m\acute{a}x}$: Límite de concentración de contaminantes permitido en el cuerpo de agua receptor $(\frac{mg}{L})$.

C_{nat} : Concentración de contaminantes en el cuerpo receptor en ausencia de actividades humanas $(\frac{mg}{L})$.

Para facilitar el cálculo:

- Se presume que la concentración de contaminantes en el cuerpo de agua receptor C_{nat} es nula.
- Igualmente, se considera que la concentración de contaminantes en el agua al momento de ser extraída $C_{afuente}$ es también cero.

Con base en estas suposiciones, la ecuación que se utilizó para calcular la Huella hídrica directa gris se simplifica a:

$$HHG = \frac{Efluente \times C_{efluente}}{C_{m\acute{a}x}}$$

Finalmente, se presentaron los resultados en la Tabla 4.7:

Tabla 4.7: *Plantilla para cálculo de la Huella Hídrica (Elaboración propia).*

Componente	Fórmula	Consumo Estimado (m ³)
Huella Azul	<i>HH azul = Agua Potable consumida</i>	X
Huella Verde	<i>HH verde = Precipitación Efectiva</i>	Y
Huella Gris	<i>HH gris = Agua para diluir contaminantes</i>	Z

4.2.4 Identificación de Oportunidades de Mejora

Se identificaron los problemas que requieren intervención basándose en los resultados del diagnóstico, asociando cada uno a una oportunidad de mejora.

Se elaboró una tabla, como la presentada en la Tabla 4.8, donde se documentaron los problemas identificados y las oportunidades de mejora.

Tabla 4.8: *Plantilla para problemas y oportunidades de mejora (Elaboración propia).*

Área	Problema Identificado	Oportunidad de Mejora

4.2.5 Cálculo del Consumo Hídrico

De acuerdo con lo obtenido en la identificación de oportunidades de mejora, se calculó el consumo específico de los artefactos a los cuales se les aplicará las medidas. Para ello, se llevó a cabo un proceso que incluyó la recolección de información y la medición de caudales.

4.2.5.1 Recolección de información

Se llevaron a cabo reuniones con las autoridades de la Facultad para obtener información sobre la capacidad estimada de usuarios de las instalaciones y los días hábiles en los que

opera. Posteriormente, se diseñó y aplicó una encuesta exploratoria para identificar los patrones generales de uso de los artefactos por parte de los usuarios.

4.2.5.2 Mediciones de Caudales

Complementariamente a la información recopilada, se llevaron a cabo mediciones de caudales mediante un recipiente, registrando el tiempo que se demoraba en llenar cada uno, se midieron los caudales máximos y mínimos, y se calculó el caudal promedio. Optando por el caudal máximo para los posteriores cálculos de consumo. Se utilizó la siguiente ecuación para estimar el consumo anual de agua para cada artefacto a evaluar:

$$\text{Consumo Anual} = Q \times t \times n \times d$$

Donde:

Q : Caudal $\left(\frac{ml}{s}\right)$.

t : Tiempo promedio de uso por activación.

n : Cantidad de veces que cada usuario utiliza el dispositivo por día.

d : Número total de días hábiles al año.

Los resultados detallados del consumo por cada artefacto y el consumo total anual en los tres escenarios se presentaron en las Tablas 4.9 y 4.10.

Tabla 4.9: Plantilla para resultados de consumo por artefacto ($m^3/año$) (Elaboración propia).

Elemento	Artefactos		
	Mín.	Máx.	Prom.
Caudal (L/s)			
Duración uso (segundos)			
Volumen uso (L)			
Uso diario (veces)			
Personas por día			
Días lectivos por año			
Consumo anual ($m^3/año$)			

Tabla 4.10: Plantilla para resultados consumo total ($m^3/año$) (Elaboración propia).

Total	Consumo anual ($m^3/año$)
Min.	
Max.	
Prom.	

4.3 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS PARA REDUCIR LA HUELLA HÍDRICA EN LA FACULTAD DE FARMACIA

La metodología para el desarrollo del plan de implementación se estructuró en distintas fases, abarcando desde el diseño de las medidas propuestas hasta el monitoreo y evaluación de su ejecución e impacto.

4.3.1 Diseño de Medidas Técnicas y de Sensibilización

Las medidas técnicas se organizaron como se observa en la Tabla 4.11, la cual la descripción específica de cada medida, los beneficios esperados y los requerimientos de instalación. Estas medidas se enfocan en tecnologías de ahorro de agua con el objetivo de reducir el consumo del recurso en la Facultad.

Tabla 4.11: Plantilla de tabla para medidas propuestas de tecnologías de ahorro (Elaboración propia).

Medida	Beneficio	Instalación

Paralelamente, para las actividades de sensibilización y difusión, se desarrolló una tabla similar a la Tabla 4.12, que detalla cada medida, su frecuencia de implementación y una descripción de su ejecución. Estas actividades tienen como objetivo promover un cambio de comportamiento en la comunidad universitaria respecto al uso eficiente del agua.

Tabla 4.12: Plantilla de tabla para medidas propuestas para la campaña de sensibilización y difusión (Elaboración propia).

Medida	Frecuencia	Descripción

4.3.2 Identificación de Recursos

Se realizó una identificación de los recursos necesarios para la implementación de cada medida. La información fue recopilada en la Tabla 4.13 que integra tres categorías principales:

- **Recursos humanos:** personal encargado de la instalación y ejecución de cada medida.
- **Recursos Materiales:** equipos o artefactos que deben adquirirse.
- **Recursos financieros:** monto total necesario para cubrir los recursos humanos y materiales asociados a cada medida.

Tabla 4.13: Plantilla para recursos por medida (Elaboración propia).

Medida	Recurso Humano	Recurso Material	Recurso Financiero (UF)

4.3.3 Planificación Temporal

La planificación temporal se organizó a través de un cronograma que abarca un período de 12 meses. Las actividades se distribuyeron en tres etapas secuenciales, identificando la duración de cada medida y su ubicación temporal dentro del periodo de implementación. Este cronograma incluyó tanto las medidas de tecnologías de ahorro como la campaña de sensibilización y difusión, contemplando el mantenimiento de los artefactos. En la Tabla 4.14 el formato del cronograma de implementación.

Tabla 4.14: *Plantilla para cronograma de implementación (Elaboración propia).*

Cronograma de Implementación														
Etapas	Medidas	Duración (meses)	Meses											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1ra														
2da														
3ra														
Campaña de Sensibilización y Difusión														
Mantenimiento de artefactos														

4.3.4 Sistema de Monitoreo y Evaluación

Para el monitoreo y evaluación, se estableció una estructura que abarca distintos niveles de seguimiento. Se definieron objetivos, indicadores y metas tanto para la implementación de las medidas como para la evaluación de su impacto. Los indicadores se clasificaron en:

- **Indicadores de verificación**, enfocados en medir el cumplimiento de la instalación y ejecución de las medidas.
- **Indicadores de impacto**, diseñados para evaluar los resultados obtenidos, como la reducción del consumo de agua y el cambio en la percepción de la comunidad universitaria.

Se diseñó la Tabla 4.15 para cada medida, indicando su objetivo, el indicador correspondiente y la meta esperada. Adicionalmente, se presentó un protocolo de ajuste correctivo para abordar posibles desviaciones durante la implementación y el seguimiento.

Tabla 4.15: *Plantilla para indicadores de verificación y de impacto por medida de tecnología de ahorro y de la campaña de sensibilización y difusión (Elaboración propia).*

Medida	Objetivo	Indicador	Meta

4.3.5 Asignación de Responsabilidades

Se elaboró una tabla de asignación de responsabilidades, como la Tabla 4.16, que define los cargos, sus responsabilidades y funciones específicas.

Tabla 4.16: *Plantilla para responsables del plan de implementación (Elaboración propia).*

Cargos	Responsabilidad	Funciones específicas

Finalmente, se presentaron recomendaciones relacionadas con el contenido del plan y otras adicionales orientadas a fomentar buenas prácticas en el uso del agua en la Facultad.

4.4 ANÁLISIS DE COSTOS Y DEL IMPACTO DE LAS MEDIDAS PROPUESTAS EN EL PLAN PARA REDUCIR LA HUELLA HÍDRICA EN LA FACULTAD DE FARMACIA

En esta sección se estimaron los costos totales de inversión y los beneficios esperados al llevar a cabo en plan de implementación. También, se realizó una proyección de la huella hídrica directa, comparándola con la huella hídrica directa actual, obteniendo así un análisis de costos y un análisis de las medidas propuestas.

4.4.1 ANÁLISIS DE COSTOS

El análisis de costos implicó calcular los costos estimados de inversión y operación, así como determinar los beneficios derivados de las medidas propuestas en el plan de implementación. Este proceso se llevó a cabo de la siguiente manera:

4.4.1.1 Valorización económica:

Se identificaron los costos y beneficios asociados a cada medida propuesta. A continuación, se detallan las etapas de identificación de costos y beneficios:

- **Identificación de Costos de Inversión:** Se identificaron todos los costos de inversión asociados a la implementación de cada acción propuesta en el plan. Estos incluyeron los costos de adquisición de nuevos artefactos, equipos y la instalación de estos. Los costos se presentaron en Unidades de Fomento (UF) para facilitar su comparación y adaptación a la inflación, ya que este indicador se ajusta automáticamente según el índice de precios al consumidor, garantizando una estimación económica más representativa a lo largo del tiempo. Estos costos se presentaron como se observa en las Tablas 4.17 y 4.18.

Tabla 4.17: *Plantilla para resumen de propuestas por edificio y sus costos aproximados (Elaboración propia).*

Propuesta	Edificio	Cantidad o Área	Costo aproximado por unidad (UF)	Costo Total (UF)

Tabla 4.18: *Plantilla para costos aproximados de las actividades de la campaña de sensibilización y difusión (Elaboración propia).*

Actividades	Costo Aproximado (UF)

- **Identificación de Costos Operacionales:** Se identificaron todos los costos operacionales asociados con cada acción propuesta en el plan, los cuales se centran en la mantención de los artefactos y equipos de cada medida.
- **Porcentaje de Reducción:** Se documentaron los porcentajes de reducción asociados a cada medida, obtenidos a partir de referencias bibliográficas.
- **Consumo Actual:** Se registró el consumo actual de agua de los inodoros, lavaplatos, lavamanos y sistemas de riego.
- **Reducción Esperada:** Se calculó la reducción de consumo de agua esperada con la implementación de cada propuesta.
- **Ahorro Esperado:** Se estimó el ahorro económico en función de la reducción del consumo de agua que se esperaría con la implementación de cada medida.
- **Registro de Costos y Beneficios:** Los costos y beneficios identificados se registraron en una tabla que incluyó los costos de inversión, los costos operacionales, la reducción y el ahorro esperado asociado a cada acción propuesta, como la Tabla 4.19.

Tabla 4.19: *Plantilla para resumen del análisis de costos por medida propuesta (Elaboración propia).*

Medida Propuesta	Costo de Inversión (UF)	Costo Operativo (UF/año)	Porcentaje de Reducción (%)	Consumo Actual (m ³ /año)	Reducción Esperada (m ³)	Ahorro Esperado (UF/año)

Además, se presentaron los totales de los costos de inversión, la reducción y el ahorro esperado, los que fueron calculados considerando una única opción de las medidas propuestas para los lavamanos de los baños. Estos valores se organizaron como se muestra en la Tabla 4.20.

Tabla 4.20: *Plantilla para costos de inversión, reducción y ahorro esperados por opción de medidas propuestas para los lavamanos (Elaboración propia).*

Opciones	Costo de Inversión (UF)	Reducción Esperada (m ³)	Ahorro Esperado (UF/año)
1			
2			
3			

4.4.1.2 Razón Beneficio-Costo (RBC):

Se calculó la Razón Beneficio-Costo para evaluar la viabilidad económica de las medidas propuestas. Esta se determinó comparando el costo total de inversión del plan considerando una sola opción de las propuestas para los lavamanos frente al ahorro total esperado en términos de reducción del consumo de agua.

Este indicador es una herramienta utilizada en un análisis de costos para estudiar la relación entre los costos y los beneficios de un proyecto o inversión. Su objetivo es determinar si los beneficios superan los costos y si el proyecto es viable desde un punto de vista financiero (Sapag et al., 2008). Su fórmula es:

$$\text{Razón Beneficio - Costo} = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{Y_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{E_t}{(1+i)^t}}$$

Donde:

Y_t : Beneficios (Ahorro Esperado) $\left(\frac{UF}{\text{año}}\right)$

E_t : Costos (Costo de Inversión) (UF)

i : Tasa de descuento del 5,5%

t : Año

Interpretación:

- **Si el índice es mayor a 1:** Los beneficios superan los costos, lo que sugiere que el proyecto es viable y puede generar un retorno positivo.
- **Si el índice es igual a 1:** Los beneficios y los costos son iguales, lo que indica que el proyecto se encuentra en un punto de equilibrio.
- **Si el índice es menor a 1:** Los costos superan los beneficios, lo que sugiere que el proyecto no es rentable.

Los resultados se presentaron de la forma que se observa en la tabla 4.21:

Tabla 4.21: Plantilla para resultados Razón Beneficio-Costo (Elaboración propia).

Opciones	Costo de Inversión (UF)	Ahorro Esperado (UF/año)	Razón Beneficio-Costo
1			
2			
3			

4.4.2 Análisis del Impacto de las Medidas Propuestas

El análisis del impacto de las medidas propuestas implicó determinar la huella hídrica proyectada.

Con las estimaciones de impacto obtenidas por medida, se calculó la huella hídrica proyectada de la Facultad siguiendo las directrices de la WFN. Para cada componente de la huella hídrica (azul, verde y gris). Estos resultados fueron registrados en una tabla, como la Tabla 4.22.

Tabla 4.22: *Cálculo de la Huella Hídrica Proyectada (Elaboración propia).*

Componente	Fórmula	Consumo Estimado
Huella Azul	Fórmula WFN	X m ³
Huella Verde	Fórmula WFN	Y m ³
Huella Gris	Fórmula WFN	Z m ³

Se compararon los resultados de la huella hídrica actual y proyectada, determinando los porcentajes de ahorro. Esta comparación fue documentada en la Tabla 4.23.

Tabla 4.23: *Comparación de la Huella Hídrica Actual y Proyectada (Elaboración propia).*

Propuesta	Huella Azul (m ³ /año)	Huella Verde (m ³ /año)	Huella Gris (m ³ /año)	Huella Hídrica Total (m ³ /año)	Porcentaje de ahorro (%)

5 RESULTADOS

5.1 DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DEL CONSUMO Y MANEJO DEL AGUA EN LA FACULTAD DE FARMACIA

A continuación, se presentan los resultados de la recolección de datos, evaluación del manejo del recurso y cálculo de la huella hídrica directa (Azul, Gris y Verde) de la Facultad de Farmacia.

5.1.1 Recolección de datos

Los resultados de la recopilación de facturas de consumo de agua de los últimos cinco años se presentan en la Tabla 5.1, las facturas fueron solicitadas mediante la coordinadora administrativa de la Facultad durante el presente año (2024).

Tabla 5.1: Datos de consumo de facturas (ESVAL, 2024).

Periodos de facturación	Consumo (m ³)				
	2019	2020	2021	2022	2023
Diciembre – Enero	306	453	84	160	246
Enero – Febrero	153	175	132	115	196
Febrero – Marzo	166	255	94	145	205
Marzo – Abril	363	104	121	277	372
Abril – Mayo	462	54	66	279	409
Mayo – Junio	197	107	157	324	254
Junio – Julio	292	52	156	302	276
Julio – Agosto	243	47	107	173	201
Agosto – Septiembre	407	30	246	147	202
Septiembre – Octubre	345	59	148	203	234
Octubre – Noviembre	229	69	234	322	369
Noviembre – Diciembre	332	158	260	480	292
Total	3495	1563	1805	2927	3256

En relación con la Tabla 5.1 se observa una diferencia en el consumo de agua a lo largo de los años, presentando una reducción en 2020. Este descenso se debe principalmente a la pandemia, que ocasionó una disminución de las actividades presenciales en la Facultad. A partir de 2021, el consumo empieza a incrementarse gradualmente, especialmente durante los meses con mayor actividad académica, lo que sugiere que el consumo de agua está estrechamente relacionado con la intensidad de las actividades académicas.

Para facilitar su comprensión, se presenta esta información de forma gráfica en el Anexo 2.

Adicionalmente, en la Tabla 5.2 se presentan las medidas de tendencia central y desviación estándar de los últimos 5 años.

Tabla 5.2: Datos Estadísticos del Consumo de Agua en los últimos 5 años en la Facultad (Elaboración propia).

Año	Media (m ³)	Mediana (m ³)	Desviación estándar (m ³)
2019	291,25	299	96,46
2020	130,25	86,5	121,16
2021	150,42	140	64,68
2022	243,92	240	105,85
2023	271,33	250	74,6

La Tabla 5.2, que presenta las medidas de tendencia central y desviación estándar, muestra que en 2020 el consumo medio fue de 130,25 m³, un valor bajo a diferencia que el de los años siguientes. En 2023, el consumo alcanzó los 271,33 m³, lo que refleja un aumento con respecto a los años anteriores. La desviación estándar también muestra una mayor variabilidad en 2020 (121,16 m³), lo que sugiere fluctuaciones más grandes en el consumo debido a la incertidumbre generada por la pandemia. En los años más recientes, especialmente en 2023, la variabilidad disminuyó, lo que podría indicar una estabilización en el patrón de consumo, aunque todavía con incrementos.

5.1.2 Evaluación del Manejo del Recurso

Se realizaron tres visitas de terreno a la Facultad de Farmacia para identificar las principales fuentes de consumo directo y áreas verdes, esto se hizo con ayuda de los planos de los edificios (Ver Anexo 2) a continuación, los principales resultados:

5.1.2.1 Consumo Directo

No se contaba con un inventario formal de las fuentes de consumo de agua en la Facultad, por lo que fue necesario levantar esta información para el diagnóstico. Este levantamiento permitió establecer una línea base que refleja la realidad actual de esta institución académica, necesaria para desarrollar el plan de Implementación orientado a la reducción de la huella hídrica. Contar con estos datos permite fundamentar las medidas propuestas y determinar su impacto en el contexto operativo de dicha organización.

En primer lugar, las fuentes de consumo directo identificadas se clasificaron en: Inodoros, Lavamanos de baño, Lavaplatos (laboratorios y espacios comunes), Dispensador de Agua, Otras válvulas (duchas, lavaojos, urinarios, regadío, destilador de agua y equipos de ósmosis inversa) y Red Húmeda.

Esta identificación se realizó por edificios, como se comentó en la caracterización de la Facultad, esta se divide en 2, edificio A y edificio B, el edificio A cuenta un Zócalo y 4 pisos más, mientras que el edificio B cuenta con 4 pisos (sin Zócalo).

De lo anterior, en la Tabla 5.3 se presenta la información que se recolectó para el edificio A:

Tabla 5.3: Fuentes de consumo directo Edificio A (Elaboración propia).

Piso	Artefactos / Otras fuentes	Cantidad	Bueno	Malo	Presenta tecnología de ahorro	
					sí (indicar cantidad)	Porcentaje total de artefactos y otras fuentes
Zócalo	Inodoros	1	1	0	0	0%
	Lavamanos	3	3	0	0	0%
	Lavaplatos	4	4	0	0	0%
	Dispensador Agua	0	0	0	0	0%
	Otras válvulas	2	2	0	0	0%
	Red Húmeda	1	1	0	0	0%
Piso 1	Inodoros	5	5	0	3	60%
	Lavamanos	6	6	0	0	0%
	Lavaplatos	7	7	0	0	0%
	Dispensador Agua	0	0	0	0	0%
	Otras válvulas	0	0	0	0	0%
	Red Húmeda	1	1	0	0	0%
Piso 2	Inodoros	8	8	0	8	100%
	Lavamanos	9	9	0	2	22%
	Lavaplatos	13	13	0	0	0%
	Dispensador Agua	0	0	0	0	0%
	Otras válvulas	9	9	0	7	78%
	Red Húmeda	1	1	0	0	0%
Piso 3	Inodoros	0	0	0	0	0%
	Lavamanos	1	1	0	0	0%
	Lavaplatos	23	23	0	0	0%
	Dispensador Agua	0	0	0	0	0%
	Otras válvulas	6	6	0	0	0%
	Red Húmeda	1	1	0	0	0%
Piso 4	Inodoros	4	4	0	0	0%
	Lavamanos	3	3	0	0	0%
	Lavaplatos	11	11	0	1	9%
	Dispensador Agua	0	0	0	0	0%
	Otras válvulas	0	0	0	0	0%
	Red Húmeda	1	1	0	0	0%
Total, edificio A		120	120	0	21	18%

A su vez, en la Tabla 5.4 se expone la información que se recolectó para el edificio B:

Tabla 5.4: Fuentes de consumo directo Edificio B (Elaboración propia).

Piso	Artefactos / Otras fuentes	Cantidad	Bueno	Malo	Presenta tecnología de ahorro	
					sí (indicar cantidad)	Porcentaje total de artefactos y otras fuentes
CENUVAL	Inodoros	3	3	0	0	100%
	Lavamanos	8	8	0	0	0%
	Lavaplatos	4	4	0	0	0%
	Otras válvulas	0	0	0	0	0%
	Dispensador Agua	0	0	0	0	0%
	Red Húmeda	1	1	0	0	0%

Piso	Artefactos / Otras fuentes	Cantidad	Bueno	Malo	Presenta tecnología de ahorro	
					sí (indicar cantidad)	Porcentaje total de artefactos y otras fuentes
Piso 1	Inodoros	10	10	0	0	0%
	Lavamanos	8	8	0	0	0%
	Lavaplatos	1	1	0	0	0%
	Otras válvulas	4	4	0	3	75%
	Dispensador Agua	1	1	0	1	100%
	Red Húmeda	1	1	0	0	0%
Piso 2	Inodoros	0	0	0	0	0%
	Lavamanos	0	0	0	0	0%
	Lavaplatos	1	1	0	0	0%
	Otras válvulas	0	0	0	0	0%
	Dispensador Agua	0	0	0	0	0%
	Red Húmeda	1	1	0	0	0%
Piso 3	Inodoros	2	2	0	0	0%
	Lavamanos	2	2	0	0	0%
	Lavaplatos	3	3	0	0	0%
	Otras válvulas	0	0	0	0	0%
	Dispensador Agua	1	1	0	1	100%
	Red Húmeda	1	1	0	0	0%
Total, edificio B		52	52	0	5	10%

A continuación, se presenta la Tabla 5.5 con un resumen del total de los artefactos y otras fuentes de la Facultad, considerando adicionalmente las llaves ubicadas en las áreas verdes, correspondiente a 2 llaves para regar, incluidas dentro de “Otras válvulas”.

Tabla 5.5: Fuentes de consumo directo totales de la Facultad (Elaboración propia).

Institución	Artefactos / Otras fuentes	Cantidad	Bueno	Malo	Presenta tecnología de ahorro	
					sí (indicar cantidad)	Porcentaje total de artefactos y otras fuentes
Facultad de Farmacia de la Universidad de Valparaíso	Inodoros	33	33	0	11	33%
	Lavamanos	40	40	0	2	5%
	Lavaplatos	67	67	0	1	1%
	Dispensador Agua	2	4	0	2	100%
	Otras válvulas	21	21	0	10	48%
	Red Húmeda	9	9	0	0	0%
Total, Institución		172	172	0	26	15%

En relación con las Tablas 5.3 y 5.4, se observa que el edificio A cuenta con un total de 120 fuentes de consumo, de los cuales 21 están equipados con tecnología de ahorro, lo que representa el 18% del total de artefactos y otras fuentes. Por otro lado, el edificio B dispone de 52 fuentes de consumo, de los cuales 5 incorporan tecnología de ahorro, equivalente al 10% del total de artefactos y otras fuentes.

La Tabla 5.5, que resume el total de fuentes de consumo directo de agua en la Facultad de Farmacia, revela la existencia de 172 artefactos y otras fuentes distribuidos en la institución, de los cuales solo 26 (15%) están equipados con tecnología de ahorro. En cuanto a la distribución, se observa una predominancia de lavaplatos (67 unidades), lavamanos (40 unidades) e inodoros (33 unidades).

Desde una perspectiva ingenieril, la cantidad y distribución de estas fuentes de consumo están alineadas con la realidad operativa de la Facultad. Los lavamanos están ubicados en espacios de uso libre como baños y zonas comunes, lo que facilita su accesibilidad para estudiantes, docentes y personal. En los laboratorios, especialmente los destinados a docencia, cada mesón cuenta con sus propios lavaplatos, permitiendo que la infraestructura soporte adecuadamente la capacidad de aforo de cada laboratorio y las necesidades operativas. Del mismo modo, la cantidad y ubicación de los inodoros permite atender la demanda de los usuarios de ambos edificios. Si bien la presencia de tecnología de ahorro es limitada, la disposición actual de las fuentes de consumo es adecuada para implementar medidas para reducir el consumo.

5.1.2.2 Áreas Verdes

Las áreas verdes identificadas consisten principalmente en polígonos de pasto (Ver Anexo 3), algunos con árboles y plantas, los cuales fueron inventariados (Ver Anexo 4), por ejemplo: Hibisco (*Hibiscus spp.*), Chiflera (*Schefflera arboricola*), Palqui (*Cestrum parqui*), Palma chilena (*Jubaea chilensis*), Palma (*Phoenix canariensis*), Níspero (*Eriobotrya japonica*), Liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*), Quillay (*Quillaja saponaria*), Maitén (*Maytenus boaria*) y Romero (*Rosmarinus officinalis*).

Los espacios verdes colindan con el edificio A y son utilizados como áreas de descanso, recreación, alimentación y estudio. El riego de estas áreas se realiza mediante mangueras. La Tabla 5.6 detalla las dimensiones de cada polígono.

Tabla 5.6: Áreas verdes de la Facultad (Elaboración propia).

Polígonos	Áreas (m ²)
1	48,71
2	301
3	1,68
4	134
5	48,8
6	152
7	9,8
8	77,6
9	52,4
Total	827

La Tabla 5.6 muestra que las áreas verdes abarcan un total de 827 m² (valor que será utilizado para el cálculo de la Huella hídrica directa verde Directa) y que se distribuyeron en 9 polígonos. El Polígono 2, con 301 m², representa el 36,4% del total y es el más extenso, seguido por el Polígono 6 con 152 m² (18,4%) y el Polígono 4 con 134 m² (16,2%). Estos tres polígonos

concentran más del 70% de las áreas verdes, mientras que los polígonos restantes, de menor tamaño, suman solo el 4,2%. Esta distribución indica que las áreas verdes están concentradas en unos pocos sectores significativos.

5.1.3 Cálculo de la Huella Hídrica

Con la información recopilada, se procedió a calcular la huella hídrica directa de la Facultad de Farmacia siguiendo las directrices establecidas por la WFN, incluyendo la huella azul, verde y gris.

5.1.3.1 Resultados de la huella hídrica directa azul

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la huella hídrica directa azul del año 2023 para la Facultad:

- El total de agua potable consumida dentro de la Facultad durante el año 2023 fue de 3256 m³. Esta cantidad incluye el agua utilizada para operaciones académicas, servicios generales y otros usos dentro de las dependencias.
- Se estimó que 66,16 m³/año de agua potable se destinaron al riego de áreas verdes en la Facultad (este valor se encuentra dentro del agua potable consumida de la Facultad de Farmacia). Este resultado se obtuvo considerando que en promedio se requieren por año alrededor de 500 a 800 m³ de agua por hectárea para regar, en este caso se consideró el mayor volumen, debido a que es el peor caso (mayor consumo) (BASCOMEX, 2023). Esta cantidad se considera como parte de la huella hídrica directa azul, dado que el agua utilizada para riego y que se evapotranspira se pierde del sistema local y no retorna a la cuenca original.
- Se consideró que no se utiliza agua de pozos debido a que se desconoce el origen y la calidad de esta agua. Por tanto, no se considera en el cálculo de la Huella hídrica directa azul.

Cálculo:

$$\text{Huella Hídrica Azul Total} = 3.189,84 \text{ m}^3 + 66,16 \text{ m}^3$$

$$\text{Huella Hídrica Azul Total} = 3.256 \text{ m}^3$$

La huella hídrica directa azul total para la Facultad de Farmacia de la Universidad de Valparaíso se estima en **3.256 m³**.

5.1.3.2 Resultados de la Huella hídrica directa verde

Los resultados se basan en los datos de precipitación mensual de la estación climatológica Punta Ángeles Faro (código 330002) para el año 2023 de la Dirección Meteorológica de Chile, y se calculó tanto la precipitación efectiva como la huella hídrica directa verde de la Facultad.

Para comenzar, se extrajeron los siguientes datos de precipitación mensual expuestos en la Tabla 5.7:

Tabla 5.7: Resultados de Precipitación Efectiva (DGAC Chile, 2023).

Año	Mes	Precipitación (mm)
2023	Enero	0,2
2023	Febrero	0
2023	Marzo	0,5
2023	Abril	39,8
2023	Mayo	26,1
2023	Junio	60,4
2023	Julio	59,1
2023	Agosto	66,2
2023	Septiembre	52,6
2023	Octubre	17,3
2023	Noviembre	25,9
2023	Diciembre	2,1

Los datos de precipitación mensual presentados en la Tabla 5.7 muestran la estacionalidad en las lluvias del año 2023, destacando agosto con la precipitación más altas del año, alcanzando hasta 66,2 mm. En contraste, los meses de verano, especialmente enero y febrero, reportaron precipitaciones cercanas a 0 mm, lo que indica una escasez de agua durante esos meses. Esta variabilidad en la precipitación influye directamente en la HHV de la Facultad, ya que la disponibilidad de agua para el riego natural de las áreas verdes depende de las lluvias.

Utilizando estos datos, se calculó la precipitación efectiva (Peff) para cada mes. La precipitación efectiva representa la cantidad de agua que está disponible para la vegetación y para otros usos, se calculó utilizando la siguiente fórmula. Los valores de Peff en metros cúbicos por hectárea (m³/ha), se calcularon multiplicando por 10.000 y dividiendo entre 1.000, y se presentan en la siguiente Tabla 5.8.

Tabla 5.8: Precipitación efectiva año 2023 (Elaboración propia).

Año	Mes	Precipitación (mm)	Peff (mm/ha)	Peff (m ³ /ha)
2023	Enero	0,2	0,193	2
2023	Febrero	0	0	0
2023	Marzo	0,5	0,5	4,996
2023	Abril	39,8	37,266	372,655
2023	Mayo	26,1	25,01	250,1
2023	Junio	60,4	54,563	545,629
2023	Julio	59,1	53,512	535,115
2023	Agosto	66,2	59,188	591,881
2023	Septiembre	52,6	48,173	481,732
2023	Octubre	17,3	16,821	168,211
2023	Noviembre	25,9	24,827	248,267
2023	Diciembre	2,1	2,093	20,929

Los resultados de la Tabla 5.8 reflejan la cantidad de agua que está disponible para la vegetación y otros usos. Se observa que los meses con mayor precipitación, como junio, julio y agosto, presentan los valores más altos de Peff, alcanzando hasta 591,88 m³/ha en agosto, lo que indica una mayor disponibilidad de agua para las áreas verdes en esos meses. En contraste, los meses más secos, como enero y febrero, muestran valores cercanos a cero, lo que refleja la escasez de agua disponible para la vegetación durante estos períodos.

Una vez calculada la precipitación efectiva para cada mes, se multiplicaron estos valores por el área verde total, que es de 0.0827 hectáreas. Esto proporcionó el volumen total de agua en metros cúbicos correspondiente a la Huella hídrica directa verde para la Facultad.

Cálculo:

$$HHV = 3.221,52 \frac{m^3}{ha} \times 0,0827 ha$$

$$HHV = 266,42 m^3$$

El resultado final de la HHV fue de **266,42 m³**. Este valor representaría la cantidad de agua de precipitación efectiva que contribuye al balance hídrico del área verde de la Facultad.

5.1.3.3 Resultados de la huella hídrica directa gris

En el contexto de la huella hídrica directa gris, se consideró el agua que, una vez utilizada en la Facultad, se descarga al sistema de alcantarillado, donde se mezcla con los efluentes de otras actividades y, finalmente, se vierte al océano a través de un emisario submarino. Esta agua no retorna a la cuenca local y, por lo tanto, se considera como consumida, correspondiendo a la huella hídrica directa azul. Como se mencionó previamente en los resultados de la HHA, el 80% del agua facturada se destina al sistema de alcantarillado y termina llegando al océano a través de un emisario submarino.

Dado que esta agua no vuelve a los límites de la cuenca local y se pierde del sistema hidrológico regional, la HHG para la Facultad se estima como **0 m³**.

Finalmente, en la Tabla 5.9 se presentan los valores de consumo estimado para las tres huellas.

Tabla 5.9: Cálculo de la Huella Hídrica (Elaboración propia).

Componente	Fórmula	Consumo Estimado
Huella Azul	<i>HH azul = Agua Potable consumida</i>	3.256 m ³
Huella Verde	<i>HH verde = Precipitación Efectiva</i>	266,42 m ³
Huella Gris	<i>HH gris = Agua para diluir contaminantes</i>	0 m ³
Huella Total	HH total = HH azul + HH verde + HH gris	3.522,42 m ³

En la Tabla 5.9 se desglosan los consumos estimados para cada uno de los componentes de la huella hídrica. La HHA, que representa el consumo de agua potable, se estimó en 3.256 m³. La HHV, que refleja el uso de la precipitación efectiva para el riego y otras necesidades de la vegetación, fue de 266,42 m³. En cuanto a la HHG, que se refiere al agua utilizada para diluir contaminantes, no se reportó ningún consumo (0 m³). Finalmente, la huella hídrica directa total, que es la suma de las tres huellas, se resultó en 3.522,42 m³.

5.1.4 Identificación de Problemas y Oportunidades de Mejora

De acuerdo con la metodología planteada, se llevó a cabo la identificación de oportunidades de mejora basadas en los resultados obtenidos del anterior diagnóstico del consumo hídrico en la Facultad de Farmacia. La identificación permitió destacar los problemas a intervenir y documentar los problemas encontrados en las principales fuentes de consumo de agua.

A continuación, en la Tabla 5.10 se presentan los problemas identificados y las oportunidades de mejora relacionadas con el consumo y manejo del agua en la Facultad.

Tabla 5.10: *Identificación de Problemas y Oportunidades de Mejora (Elaboración propia).*

Área	Problema Identificado	Oportunidad de Mejora
Consumo General	Incremento progresivo del consumo hídrico, consolidado en 2023 (3.256 m ³).	Reducir el consumo de agua mediante monitoreo y medidas de ahorro.
Edificio A y B	Baja implementación de tecnologías de ahorro: solo 15% de los artefactos tienen tecnologías de ahorro.	Incrementar la adopción de tecnologías de ahorro.
Inodoros	22 inodoros sin tecnología de ahorro.	Reducir el consumo de agua mediante tecnologías de ahorro en inodoros.
Lavamanos	38 lavamanos sin tecnologías de ahorro.	Reducir el consumo de agua mediante tecnologías de ahorro en lavamanos de baños.
Lavaplatos	66 lavaplatos sin tecnología de ahorro.	Reducir el consumo de agua mediante tecnologías de ahorro en los lavaplatos de laboratorios.
Áreas Verdes	Riego manual podría ser ineficiente y, por tanto, alto.	Mejorar la eficiencia del riego.
Huella Hídrica	Alta dependencia de fuentes externas de agua potable (huella azul: 3246 m ³).	Priorizar la reducción de la huella azul.
Fugas y Mantenimiento	Posible riesgo de fugas no detectadas por falta de monitoreo diferenciado.	Detectar fugas rápidamente y evitar desperdicio.
Conciencia y Educación	Falta de campañas sistemáticas para sensibilizar sobre el uso eficiente del agua.	Fomentar el uso racional del agua en la comunidad universitaria.

Según la información presentada en la Tabla 5.10, en general, se observa un aumento progresivo en el consumo hídrico, con un total de 3,256 m³ en 2023, lo que resalta la necesidad de implementar acciones de monitoreo y de ahorro. En los edificios A y B, se detecta una baja implementación de tecnologías de ahorro, ya que solo el 15% de los artefactos cuentan con estas tecnologías. Esto presenta una oportunidad para aumentar la adopción de dichas tecnologías, especialmente en inodoros, lavamanos y lavaplatos, que carecen de tecnologías

de ahorro y representan una importante área de mejora. Además, el riego manual de las áreas verdes, que consume grandes cantidades de agua en los meses de verano, también es ineficiente, lo que sugiere la necesidad de mejorar el sistema de riego (actualmente un riego tradicional). En cuanto a la huella hídrica directa, se señala una alta dependencia de fuentes externas de agua potable, lo que implica la necesidad de priorizar la reducción de la HHA. Asimismo, el riesgo de fugas no detectadas por falta de monitoreo diferenciado indica la necesidad de implementar un sistema de detección rápido para evitar el desperdicio. Finalmente, se destaca la falta de campañas sistemáticas de sensibilización sobre el uso eficiente del agua, lo que abre una oportunidad para fomentar una cultura de uso racional del agua dentro de la comunidad universitaria.

Observaciones: Aunque las destiladoras de agua y el equipo de ósmosis inversa se utilizan de manera continua, no fueron incluidos entre los problemas identificados ni las oportunidades de mejora, ya que no está previsto un reemplazo de estos equipos por parte de la Facultad. Sin embargo, ya se está considerando reutilizar el agua residual de las destiladoras y del equipo de ósmosis para riego o para llenar depósitos, los cuales se utilizarán para abastecer a los edificios en caso de cortes de agua.

5.1.5 Cálculo de Consumo Hídrico por Artefacto

A continuación, se presentan los resultados obtenidos tras la medición de caudales y la estimación del consumo hídrico en la Facultad de Farmacia. Las mediciones se realizaron para los principales artefactos, identificados de acuerdo con las oportunidades de mejora, que incluyen lavamanos, lavaplatos de laboratorios e inodoros. Estos artefactos fueron considerados para los cálculos de consumo hídrico.

5.1.5.1 Recolección de Datos

Para determinar los patrones de consumo de agua, se realizó una encuesta a los usuarios de la Facultad, de carácter online, con difusión tanto por correo institucional y espacios comunes. La encuesta recopiló información sobre la frecuencia de uso de los artefactos de consumo de agua, la encuesta estuvo disponible 26 días donde se obtuvieron 40 respuestas, tanto de académicos, funcionarios y estudiantes; el formato, el afiche y las gráficas con el resumen de los resultados de la encuesta se encuentran en el Anexo 5.

Según los resultados correspondiente al uso de los inodoros, la mayoría de los usuarios (más del 50%) utiliza los inodoros de 1 a 2 veces al día. Esto refleja un uso moderado de estos artefactos, aunque un número significativo de personas también los utiliza de 3 a 4 veces al día. Este patrón sugiere que, aunque el uso no es excesivo, se podrían implementar tecnologías de ahorro en los inodoros para reducir el consumo de agua. Relacionado con el uso de lavamanos en los baños, la distribución es más variada. La mayoría de los usuarios (aproximadamente el 60%) utiliza los lavamanos entre 3 y 4 veces al día, con una proporción considerable que los utiliza 5 o 6 veces. Esto indica que los lavamanos de los baños tienen un uso frecuente, lo que justifica la instalación de tecnologías de ahorro en estos artefactos para

mejorar la eficiencia del consumo hídrico. Finalmente, referente al uso de los lavaplatos de los laboratorios, la mayoría de los encuestados (más del 60%) usa los lavaplatos entre 1 y 2 veces por semana. Sin embargo, también se observa una parte de la población que los usa de 3 a 4 veces y otros que los utilizan diariamente (7 o más veces). Esta información sugiere que el uso de los lavaplatos es más esporádico, pero aún podría beneficiarse de la instalación de tecnologías de ahorro, especialmente para los usuarios frecuentes.

5.1.5.2 Cuantificación de Caudales

La cuantificación de caudal fue realizada utilizando recipientes y cronómetros para determinar el tiempo requerido para llenar un volumen de 500 ml. Esto permitió calcular los caudales mínimos, máximos y promedio en cada dispositivo.

- **Grifos de Lavamanos:**
 - Caudal mínimo: 28,15 ml/s, con un tiempo de 17,76 segundos para llenar 500 ml.
 - Caudal máximo: 204,08 ml/s, con un tiempo de llenado de 2,45 segundos.
 - Caudal promedio: 116,12 ml/s (promedio entre mínimo y máximo).

- **Grifos de Lavaplatos en Laboratorio:**
 - Caudal mínimo: 86,51 ml/s, con un tiempo de 5,78 segundos para llenar 500 ml.
 - Caudal máximo: 250 ml/s, con un tiempo de llenado de 2 segundos.
 - Caudal promedio: 168,25 ml/s (promedio entre mínimo y máximo).

- **Inodoros:** Se cuantificó el volumen de descarga de los inodoros, calculando un valor promedio de 6,205 litros por descarga, basado en la fórmula para el área de la base del inodoro, tratada como un trapecio, multiplicada por la altura de la columna de agua.

Las cuantificaciones de caudal realizadas en los grifos de lavamanos, lavaplatos e inodoros proporcionan información para identificar posibles áreas de mejora en el consumo de agua. Los caudales, especialmente en los lavaplatos y lavamanos, indican una oportunidad para la implementación de tecnologías de ahorro, que permitirían reducir el gasto de agua sin comprometer la funcionalidad de los dispositivos. Asimismo, el volumen de descarga de los inodoros resalta la necesidad de modernizar los sistemas con modelos más eficientes que reduzcan el uso del recurso hídrico en la Facultad.

5.1.5.3 Estimación del consumo hídrico anual

Para la estimación del consumo hídrico anual en la Facultad de Farmacia, se consideraron los caudales mínimo, máximo y promedio para cada tipo de dispositivo, junto con la frecuencia y duración del uso según encuestas realizadas a los usuarios. Se tomó en cuenta que los

lavamanos, lavaplatos de laboratorio e inodoros tienen diferentes patrones de uso diario, los cuales fueron utilizados como base para los cálculos.

Los resultados detallados del consumo por cada artefacto y el consumo total anual en los tres escenarios se presentan en las Tablas 5.11 y 5.12.

Tabla 5.11: Resultados de consumo por artefacto ($m^3/año$) (Elaboración propia).

Elemento	Lavamanos de baños			Lavaplatos de laboratorios			Inodoro
	Mín.	Máx.	Prom.	Mín.	Máx.	Prom.	
Caudal (L/s)	0,02815	0,20408	0,116115	0,08652	0,25	0,1683	N/A
Duración uso (segundos)	10	10	10	40	40	40	N/A
Volumen uso (L)	0,2815	2,0408	1,16115	3,4608	10	6,7304	6,205
Uso diario (veces)	4	4	4	2	2	2	2
Personas por día	500	500	500	125	125	125	500
Días lectivos por año	180	180	180	180	180	180	180
Consumo anual ($m^3/año$)	101,3	734,7	418,0	155,7	450	302,9	1.116,9

Tabla 5.12: Resultados Consumo Total ($m^3/año$) (Elaboración propia).

Total	Consumo anual ($m^3/año$)
Min.	1.373,976
Max.	2.301,588
Prom.	1.837,782

Los resultados obtenidos del consumo anual de agua, presentados en las Tablas 5.11 y 5.12, muestran una considerable variabilidad en el uso del recurso según el tipo de artefacto. En la Tabla 5.11, se observa que los lavamanos de los baños tienen un consumo anual que oscila entre 101,3 $m^3/año$ y 734,7 $m^3/año$, con un promedio de 418,0 $m^3/año$, lo que refleja una gran diferencia en su uso según el número de personas y la frecuencia de uso. En el caso de los lavaplatos de los laboratorios, el consumo varía entre 155,7 $m^3/año$ y 450 $m^3/año$, con un promedio de 302,9 $m^3/año$, lo que también depende de la intensidad de las actividades en los laboratorios. Los inodoros, por otro lado, tienen un consumo constante de 1.116,9 $m^3/año$, representando una proporción significativa del consumo total. La Tabla 5.12, que muestra el consumo total anual de agua, indica que el total mínimo es de 1.373,976 $m^3/año$, el máximo es de 2.301,588 $m^3/año$ y el promedio es de 1.837,782 $m^3/año$.

5.2 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS PARA REDUCIR LA HUELLA HÍDRICA DIRECTA EN LA FACULTAD DE FARMACIA

En esta sección se presentan los resultados del Plan de Implementación desarrollado para reducir la huella hídrica directa en la Facultad de Farmacia. Este plan fue elaborado con base en el diagnóstico inicial, el cual permitió identificar las principales fuentes de consumo de agua y las oportunidades de mejora en baños, laboratorios y áreas verdes. La estructura del plan incluye medidas tecnológicas orientadas a la reducción de la huella hídrica, como la instalación

de dispositivos de ahorro, un sistema de riego por goteo y una campaña de sensibilización y difusión dirigida a la comunidad universitaria. Además, se detallan los recursos necesarios para su implementación, un cronograma de ejecución y un sistema de monitoreo y seguimiento diseñado para evaluar la efectividad de las medidas tanto durante su implementación como a largo plazo. Finalmente, se incluyen sugerencias relacionadas con las acciones descritas en el plan, así como recomendaciones adicionales para fortalecer las buenas prácticas en el uso responsable del agua.

5.2.1 ANTECEDENTES

La Facultad de Farmacia de la Universidad de Valparaíso, ubicada en Avenida Gran Bretaña 1093, Playa Ancha, Valparaíso, Chile, es un centro académico dedicado a la formación de profesionales en ciencias farmacéuticas, nutrición y dietética. La Facultad cuenta con una población de 854 personas, que incluye 775 estudiantes, 48 académicos y 31 funcionarios.

La Facultad opera en dos edificios principales (A y B). El primer edificio tiene cuatro pisos, mientras que el segundo cuenta con tres pisos. En total, hay 66 lavaplatos sin tecnología de ahorro (57 en el edificio A y 9 en el edificio B), 22 inodoros sin tecnología de ahorro (7 en el edificio A y 15 en el edificio B) y 38 lavamanos sin tecnología de ahorro (20 en el edificio A y 18 en el edificio B).

Las actividades llevadas a cabo en la Facultad abarcan docencia, investigación científica y gestión administrativa. El consumo de agua se distribuye en el uso sanitario, el funcionamiento de equipos de laboratorio y el riego de áreas verdes. En este contexto, el cálculo de la huella hídrica directa total resultó ser de 3.522,42 m³

5.2.2 Objetivo

El objetivo propuesto fue reducir la Huella Hídrica directa en la Facultad de Farmacia de la Universidad de Valparaíso.

5.2.3 Alcance

Se propuso que el alcance del plan de implementación para reducir la huella hídrica directa en la Facultad de Farmacia se dirija a áreas específicas dentro de las instalaciones. Estas áreas incluyen los baños (lavamanos e inodoros), los laboratorios (lavaplatos) y las áreas verdes. Además, el plan contempla medidas de sensibilización y difusión dirigidas a la comunidad universitaria de dicha Facultad. Se planteó que la implementación de las medidas se realice en un período de un año, tras lo cual se iniciará el plan de seguimiento correspondiente.

5.2.4 Medidas Propuestas

En respuesta al diagnóstico realizado sobre el consumo de agua en la Facultad de Farmacia, se estableció un conjunto de medidas orientadas a la reducción de la huella hídrica directa, las cuales se presentan en la Tabla 5.13.

Tabla 5.13: *Medidas propuestas de tecnologías de ahorro (Elaboración propia).*

Medida		Beneficio	Instalación
Flujómetros.		Monitoreo del consumo de agua en cada edificio.	Instalación de dos flujómetros en la principal cañería de cada edificio.
Inodoros de doble descarga.		Reducción del consumo de agua en los inodoros entre un 50% (Construgua, 2024).	Reemplazo de los inodoros actuales por modelos de doble descarga (3 litros para líquidos y 6 litros para sólidos).
Lavamanos de baños con tecnologías de ahorro.	Opción 1: Aireadores	Reducción del consumo de agua de hasta un 40% (San Martín, 2018).	Adaptación sencilla de los grifos existentes.
	Opción 2: Grifos con temporizador	Reducción del 60% (bañoideal.com, 2024).	Instalación de grifos con temporizador para limitar el flujo de agua.
	Opción 3: Grifos con sensor	Reducción del consumo de agua en un 70%. (Noken, 2021).	Instalación de grifos con sensor, puede requerir modificaciones menores.
Lavaplatos de laboratorios con tecnologías de ahorro.		Reducción del consumo de agua entre un 40% (San Martín, 2018).	Adaptación sencilla de los grifos existentes para incluir aireadores
Riego de Áreas Verdes.		Reducción del consumo de agua para riego hasta un 50%. (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2024).	Sistema de riego por goteo instalado en las áreas verdes, programado para operar en horarios óptimos para minimizar la evaporación.

Respecto a la tabla anterior:

- La instalación de flujómetros en los edificios A y B permitiría monitorear de manera diferenciada el uso de agua por edificio, lo que facilitaría la identificación de fugas y proporcionaría una base para evaluar el impacto de las otras medidas a implementar.
- Considerando que los inodoros fueron identificados como una de las principales fuentes de consumo de agua, se propuso reemplazar los modelos actuales por inodoros de doble descarga, con capacidades de 3 litros para líquidos y 6 litros para sólidos.

- Dado el contexto de trabajo en laboratorios, se consideró que la instalación de aireadores en los grifos era la opción más adecuada, ya que estos permitirían reducir el caudal de agua sin afectar la funcionalidad.
- Se propusieron tres alternativas para disminuir el consumo de agua en los lavamanos identificados: aireadores, grifos con temporizador y grifos con sensor. La selección final dependerá de los recursos disponibles en la Facultad. Sin embargo, se brindarán recomendaciones para orientar la decisión, considerando criterios de reducción de consumo e inversión necesaria.
- Por último, Las áreas verdes son regadas manualmente, lo que puede generar un consumo elevado e ineficiente de agua debido a malas prácticas como dejar el agua corriendo sin supervisión. Por ello, se propuso implementar un sistema de riego por goteo.

Con el objetivo de involucrar a la comunidad universitaria para promover las buenas prácticas en el uso de agua, se propuso una campaña de sensibilización y difusión. Los contenidos abordados incluyen actividades educativas, como charlas y talleres, así como la difusión de material visual y el uso de redes sociales. En la Tabla 5.14 se presenta el detalle estas.

Tabla 5.14: Medidas propuestas para la campaña de sensibilización y difusión (Elaboración propia).

	Medida	Frecuencia	Descripción
Campaña de sensibilización y difusión	Colocación de Pósters y Material Visual	Mensual	Colocación de pósters en puntos estratégicos (baños, laboratorios, etc.) para aumentar la visibilidad del uso eficiente del agua.
	Difusión en Redes Sociales	Mensual	Publicación de infografías y videos educativos en las redes sociales de la Facultad para una mayor difusión.
	Charlas y Talleres Educativos	2 por semestre	Charlas y talleres impartidos por académicos y expertos en recursos hídricos, para promover el uso eficiente del agua.
	Sistema de Reporte de Problemas con Códigos QR	Anual	Implementación de códigos QR en baños y áreas comunes para reportar fugas o problemas relacionados con el agua.

Esta campaña busca fortalecer el compromiso de los miembros de la institución con el uso responsable del recurso hídrico. Las actividades detalladas en la tabla anterior están diseñadas para concientizar a estudiantes, funcionarios y académicos, con la expectativa de reducir las pérdidas de agua causadas por malas prácticas.

Nota: Se sugiere que los representantes de la Facultad coordinen estas actividades educativas, asegurando su cumplimiento según la frecuencia establecida en el plan. Asimismo, las acciones y recursos deben adaptarse a las necesidades y capacidades de la Facultad, promoviendo la participación de la comunidad universitaria.

5.2.5 Identificación de Recursos

A continuación, se describen los recursos necesarios para implementar las medidas tecnológicas de ahorro de agua, así como las actividades de sensibilización y difusión. La Tabla 5.15 presenta un desglose de los recursos requeridos.

Tabla 5.15: Recursos por medida (Elaboración propia).

Medida		Recurso Humano	Recurso Material	Recurso Financiero (UF)
Instalación de flujómetros de Agua		Personal Técnico de la Facultad responsable de la instalación y mantenimiento	2 flujómetros	4,5
Instalación de Aireadores en los Grifos de los Lavaplatos		Personal Técnico de la Facultad responsable de la instalación y mantenimiento	66 aireadores	220
Reemplazo de los Inodoros Actuales por Inodoros de Doble Descarga		Empresa Externa responsable de la instalación de inodoros de doble descarga. Personal Técnico de la Facultad responsable del mantenimiento.	22 inodoros	2,1
Instalación de tecnología de ahorro en los lavamanos	Opción 1: Aireadores	Personal Técnico de la Facultad Responsable del Mantenimiento	38 aireadores, grifo con temporizador o con sensor.	1,22
	Opción 2: Temporizador			13,3
	Opción 3: Sensor			35
Instalación de Sistemas de Riego por Goteo		Empresa Externa responsable de la instalación del sistema por goteo. Personal Técnico de la Facultad responsable del mantenimiento.	Sistema de riego por goteo para cubrir 827 m ²	53
Campaña de Sensibilización y difusión		Encargada de Redes Sociales de la Facultad. Profesional con conocimiento en temáticas hídricas. Personal Administrativo.	Posters Códigos QR	4,5

5.2.6 Cronograma

Se estableció que la implementación del plan se desarrollará en tres etapas, se espera que estas se lleven a cabo durante un periodo de 12 meses desde la aprobación del plan, con la siguiente distribución:

- **Primera Etapa:** En esta fase inicial, se realizará una inspección de las fuentes de agua en los edificios A y B, así como en las áreas verdes, identificando posibles irregularidades o cambios en relación con el diagnóstico realizado. Paralelamente, se gestionará la adquisición de los equipos y materiales necesarios para la implementación de las medidas propuestas
- **Segunda Etapa:** En esta etapa, se llevará a cabo la instalación de flujómetros en las cañerías principales de cada edificio. Se colocarán aireadores en los grifos de los lavaplatos y se reemplazarán los inodoros por modelos de doble descarga. Adicionalmente, los lavamanos serán adaptados con opciones como aireadores, grifos con temporizadores o sensores, según la necesidad.
- **Tercera Etapa:** En esta última etapa, se instalará un sistema de riego por goteo en las áreas verdes para reducir el consumo de agua destinado a la irrigación.

En relación con la Campaña de Sensibilización y Difusión, se espera que esta inicie de manera paralela desde el comienzo de la implementación del plan y se extienda durante toda su ejecución, abarcando los meses dentro del periodo lectivo. Además, se proyecta que las actividades de sensibilización se mantengan de manera continua una vez finalizado el periodo de implementación, con el propósito de consolidar prácticas sostenibles y fomentar una cultura de uso eficiente del agua a largo plazo dentro de la comunidad universitaria.

A continuación, en la Tabla 5.16 se presenta el cronograma de implementación:

Tabla 5.16: Cronograma de implementación (Elaboración propia).

Cronograma de Implementación														
Etapas	Medidas	Duración (meses)	Meses											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1ra	Identificación e Inspección de Fuentes de Agua	1	■											
	Gestión de Compra	2	■	■										
2da	Instalación de flujómetros	2			■	■								
	Instalación de Aireadores en los grifos de los lavaplatos	1					■							
	Reemplazo de los inodoros	3						■	■	■				
	Instalación de tecnología de ahorro en lavamanos	2								■	■			
3ra	Implementación del sistema de riego	3									■	■	■	
Campaña de Sensibilización y Difusión		Anual	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Mantenimiento de artefactos		Anual	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

5.2.7 Monitoreo y Evaluación

El objetivo del monitoreo y seguimiento es asegurar que todas las medidas implementadas para reducir la huella hídrica directa se completen correctamente y evaluar su efectividad en la reducción del consumo de agua. Este capítulo se divide en tres secciones: Monitoreo de la Implementación, Seguimiento del Impacto y Ajuste Correctivo.

5.2.7.1 Monitoreo de la Implementación

El monitoreo de la implementación se centra en verificar que todas las medidas planificadas se han completado correctamente. A continuación, en la Tabla 5.17 se detallan las medidas, sus objetivos, indicadores y metas:

Tabla 5.17: Indicadores de verificación por medida de tecnología de ahorro (Elaboración propia).

Medida	Objetivo	Indicador	Meta
Instalación de flujómetros de Agua	Monitorear el consumo de agua de manera precisa y diferenciada.	Número de flujómetros instalados	Instalar dos flujómetros, uno por cada edificio, en su cañería principal, al finalizar la segunda etapa de implementación del plan.
Instalación de Aireadores en los Grifos de los Lavaplatos	Reducir el consumo de agua en los lavaplatos.	Número de aireadores instalados	Instalar aireadores en el 80% de los lavaplatos al finalizar la segunda etapa de implementación del plan.
Reemplazo de los Inodoros Actuales por Inodoros de Doble Descarga	Reducir el consumo de agua en los inodoros.	Número de inodoros reemplazados	Reemplazar el 80% de los inodoros por modelos de doble descarga al finalizar la segunda etapa de implementación del plan.
Instalación de Aireadores, Grifos con Temporizador o Grifos con Sensor en los Lavamanos	Reducir el consumo de agua en los lavamanos.	Número de tecnologías de ahorro instaladas	Instalar aireadores o grifos con temporizador o grifos con sensor en el 80% de los lavamanos al finalizar la segunda etapa de implementación del plan.
Instalación de Sistemas de Riego por Goteo	Minimizar el consumo de agua en el riego de áreas verdes.	Número de áreas con riego por goteo	Instalar sistemas de riego por goteo en el 80% de las áreas verdes al finalizar la tercera etapa de implementación del plan.

A continuación, en la Tabla 5.18, se presentan los objetivo, indicador y metas para verificar la correcta implementación de las medidas de la campaña de sensibilización y difusión:

Tabla 5.18: Indicadores de verificación de la campaña de sensibilización y difusión (Elaboración propia).

Medida	Objetivo	Indicador	Meta
Colocación de Pósters y Material Visual	Aumentar la visibilidad del uso eficiente del agua en espacios comunes.	Número de pósters colocados en áreas estratégicas	Colocar al menos 120 pósters al finalizar el primer año desde el comienzo de la implementación del plan.
Difusión en Redes Sociales	Promover el uso eficiente del agua y las acciones del plan de implementación a través de medios digitales.	Alcance en redes sociales	Alcanzar 600 visualizaciones en cada una de las infografías y videos publicados en redes sociales al finalizar el primer año desde el comienzo de la implementación del plan.
Charlas y Talleres Educativos	Incrementar el conocimiento de la comunidad sobre la importancia del ahorro de agua y las buenas prácticas.	Porcentaje del total de estudiantes, académicos y funcionarios de la Facultad que asistan a charlas y talleres educativos.	Alcanzar al menos el 50% del total de estudiantes, académicos y funcionarios de la Facultad al finalizar el primer año desde el comienzo de la implementación del plan.
Sistema de Reporte de Problemas con Códigos QR	Facilitar la identificación y reporte de problemas relacionados con el desperdicio de agua.	Número de códigos QR instalados y reportes recibidos	Instalar 10 códigos QR y resolver 80% de los reportes recibidos al finalizar el primer año desde el comienzo de la implementación del plan.

5.2.7.2 Seguimiento del Impacto

Se propone que el seguimiento del impacto se realice al cabo de un año desde la conclusión de la implementación de las medidas, con el propósito de evaluar su efectividad en la reducción del consumo de agua y en el cambio de comportamiento de la comunidad universitaria. Este monitoreo busca garantizar que los resultados esperados se mantengan a largo plazo y que el plan pueda ajustarse según las necesidades futuras.

En la Tabla 5.19 se presentan las medidas de ahorro de agua propuestas para la Facultad, detallando el objetivo de cada medida, los indicadores sugeridos para medir su efectividad y las metas esperadas al cabo de un año desde la conclusión de su implementación.

Tabla 5.19: Indicadores de impacto por medida de tecnologías de implementación (Elaboración propia).

Medida	Objetivo	Indicador	Meta
Inodoros con tecnologías de ahorro	Cuantificar el volumen de agua ahorrado por inodoros con tecnología de ahorro	Volumen de agua ahorrado por uso (litros).	Ahorrar 50% de agua por uso al cabo de un año de haberse concluido la implementación.

Medida	Objetivo	Indicador	Meta
Lavamanos de baños con tecnologías de ahorro	Cuantificar el volumen de agua ahorrado por lavamanos con tecnología de ahorro	Volumen de agua ahorrado por uso (litros)	Ahorrar entre 40% y 70% de agua por uso al cabo de un año de haberse concluido la implementación.
Lavaplatos de laboratorios con tecnologías de ahorro	Cuantificar el volumen de agua ahorrado por lavaplatos de laboratorio con tecnología de ahorro.	Volumen de agua ahorrado por uso (litros)	Ahorrar 40% de agua por uso al cabo de un año de haberse concluido la implementación.
Riego de Áreas Verdes	Cuantificar la reducción del agua utilizada para riego de áreas verdes.	Porcentaje de reducción del agua utilizada.	Reducir el uso de agua en un 50% comparado con el riego tradicional al cabo de un año.

La Tabla 5.20 muestra las medidas relacionadas con la sensibilización y difusión sobre las buenas prácticas, Se especifican los objetivos, los indicadores y las metas que se espera alcanzar tras un año de seguimiento.

Tabla 5.20: *Indicadores de impacto de la campaña de sensibilización y difusión (Elaboración propia).*

Medida	Objetivo	Indicador	Meta
Resolución de Reportes de Fugas	Aumentar la capacidad de respuesta ante problemas relacionados con el uso del agua.	Número de reportes recibidos y solucionados.	Resolver el 80% de los reportes al cabo de un año de haberse concluido la implementación.
Cambio en el Comportamiento	Evaluar la percepción sobre el uso eficiente del agua en la comunidad.	Porcentaje de mejora en encuestas de percepción.	Aumentar en un 30% las respuestas positivas al cabo de un año tras la implementación.

Finalmente, para evaluar la efectividad del plan de manera global, se presenta el siguiente indicador en la Tabla 5.21:

Tabla 5.21: *Indicador de impacto del plan de implementación (Elaboración propia).*

Objetivo	Indicador	Meta
Reducir la huella hídrica directa en la Facultad de Farmacia de la Universidad de Valparaíso.	Porcentaje de reducción de la huella hídrica directa.	Lograr una reducción de la huella hídrica directa de un 30% a 40% al cabo de un año de a ver concluido la implementación de las medidas de ahorro de agua y sensibilización y difusión.

5.2.7.3 Ajuste Correctivo

En caso de que los indicadores de impacto propuestos no alcancen los niveles esperados o si surgen circunstancias que se alejen de las condiciones iniciales consideradas, como el aumento en la matrícula de estudiantes o cambios en la dinámica de uso de agua, se plantean las siguientes acciones adaptativas:

- **Inspecciones periódicas:** Se propone realizar inspecciones regulares para detectar fugas, fallas en los dispositivos de ahorro de agua y evaluar cambios en la infraestructura de la Facultad que no fueron considerados en el plan, como nuevas construcciones o remodelaciones. Estos ajustes serán prioritarios si afectan el consumo de agua o la eficiencia de los sistemas instalados.
- **Evaluación de rendimiento:** Se evaluará el desempeño de los sistemas instalados para identificar posibles mejoras o reemplazos necesarios. Si las tecnologías no generan los ahorros esperados, se plantea considerar actualizaciones o la adopción de nuevas soluciones más eficientes.
- **Fortalecimiento de la sensibilización:** Se intensificarán las actividades de concientización, incluyendo más charlas, talleres y material visual en áreas estratégicas de la Facultad. Además, se fortalecerá la difusión en redes sociales para aumentar el alcance y fomentar que la comunidad universitaria adopte prácticas sostenibles en el uso del agua.

5.2.8 Asignación de responsables

Se propone que, para garantizar la correcta implementación y seguimiento del plan, se definan los siguientes cargos y responsabilidades. La Facultad de Farmacia será la encargada de designar a las personas más adecuadas para cada función, considerando las necesidades y capacidades institucionales.

En la Tabla 5.22 se presentan las responsabilidades sugeridas para las distintas partes involucradas en el plan.

Tabla 5.22: Responsables del plan de implementación (Elaboración propia).

Cargos	Responsabilidad	Funciones específicas
Coordinador General del Plan	Supervisar la ejecución global del plan, asegurando que todas las etapas se desarrollen según lo previsto en el cronograma. Será el principal enlace entre las distintas áreas involucradas y el Decanato de la Facultad.	<ul style="list-style-type: none"> • Coordinar reuniones de seguimiento y reportar avances. • Verificar la correcta asignación y uso de recursos. • Asegurar el cumplimiento de los objetivos del plan.
Encargado de Instalación y Mantenimiento Técnico	Dirigir la instalación de las tecnologías de ahorro y coordinar las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo.	<ul style="list-style-type: none"> • Supervisar al personal técnico durante la instalación de flujómetros, aireadores, grifos y sistemas de riego.

Cargos	Responsabilidad	Funciones específicas
		<ul style="list-style-type: none"> • Garantizar el correcto funcionamiento de las nuevas tecnologías mediante inspecciones periódicas. • Gestionar la resolución de problemas técnicos que puedan surgir.
Encargado de Sensibilización y Difusión	Implementar la campaña de sensibilización y asegurar la participación de la comunidad universitaria.	<ul style="list-style-type: none"> • Diseñar y difundir material visual (pósters, infografías, videos) sobre el uso eficiente del agua. • Organizar charlas y talleres educativos. • Monitorear el impacto de las actividades de sensibilización mediante encuestas de percepción.
Encargado de Reportes y Evaluación	Monitorear los resultados del plan mediante indicadores de desempeño y presentar informes periódicos al Coordinador General.	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar el volumen de agua ahorrado y el cumplimiento de las metas propuestas. • Gestionar y evaluar los reportes de fugas y problemas técnicos, asegurando su resolución en tiempo y forma. • Elaborar informes semestrales y anuales sobre los avances y resultados del plan.

Nota: La Facultad será responsable de designar a las personas que asumirán estos cargos, priorizando a aquellos que cumplan con el perfil y las competencias necesarias para garantizar el éxito de las medidas. Esta asignación deberá realizarse antes del inicio de la primera etapa del plan.

5.2.9 Recomendaciones

En esta sección se presentan recomendaciones enfocadas en mejorar la implementación de las tecnologías de ahorro de agua. Además, se incluyen sugerencias para la campaña de sensibilización y se proponen buenas prácticas que complementen las acciones planteadas.

- **Tecnologías de ahorro para lavamanos:** En el plan, se presentan tres opciones para reducir el consumo de agua en los lavamanos: Instalación de aireadores, Instalación de grifos con temporizadores e Instalación de grifos con sensor.

De estas opciones, los grifos con temporizador son los más recomendables desde una perspectiva costo-beneficio. Tienen un costo moderado en comparación con los grifos con sensor y proporcionan un ahorro de agua significativo (hasta un 30%), además de ser relativamente sencillos de instalar. Los aireadores son una opción más económica, pero su impacto en la reducción del consumo es menor en comparación con los

temporizadores. Por lo tanto, los grifos con temporizador ofrecen el equilibrio óptimo entre reducción de consumo y costo de instalación. Si el presupuesto lo permite, se puede considerar instalar grifos con sensor en áreas de mayor uso o en lugares donde se busque maximizar la eficiencia.

- **Riego Eficiente:** La propuesta de instalar un sistema de riego por goteo es adecuada. Además, es fundamental programar el riego en horarios adecuados (por la mañana temprano o al atardecer) para minimizar la evaporación y maximizar el impacto del agua utilizada.
- **Priorizar la campaña digital sobre la física:** Dado que el plan propone tanto la difusión de material visual físico como digital, se recomienda priorizar la campaña digital a través de redes sociales de la universidad. Esta estrategia es más económica y permite alcanzar a un mayor número de personas con menos recursos. La impresión y colocación de pósters físicos podría limitarse a los puntos más estratégicos (como baños y laboratorios), pero la difusión constante debería concentrarse en plataformas digitales.
- **Utilizar recursos internos para charlas y talleres:** Para minimizar los costos y asegurar una mayor participación, se recomienda que los talleres y charlas educativas sean dirigidos por académicos y profesionales de la misma universidad. Involucrar a profesores de áreas afines, como ecología, ciencias ambientales o química, no solo reducirá costos asociados a la contratación de servicios externos, sino que también aumentará el impacto, ya que los participantes tienden a valorar más la información que proviene de fuentes internas reconocidas.
- **Lavado en baños y laboratorios:** Se recomienda establecer y comunicar claramente los tiempos óptimos de lavado en baños y laboratorios. En los baños, se sugiere educar a la comunidad para limitar el uso de agua en los lavamanos. En los laboratorios, los lavados de utensilios y equipos deberían realizarse, siempre que sea posible, de manera conjunta, evitando lavados individuales e innecesarios que incrementen el consumo de agua.
- **Ajuste de la presión del agua:** El ajuste de la presión del agua es una medida simple pero efectiva. Se recomienda realizar revisiones periódicas de las llaves de paso y grifos para mantener una presión adecuada que evite el desperdicio de agua en duchas, lavamanos y lavaplatos. Esta medida asegurará que no se consuma más agua de la necesaria.
- **Calefontes de Duchas:** Se sugiere realizar inspecciones periódicas y establecer un calendario de mantenimiento preventivo para asegurar que los calefontes funcionen correctamente y enciendan con rapidez. Esto evitará el desperdicio de agua mientras se espera que se caliente. Además, se recomienda evaluar la posibilidad de cambiar a

modelos de calefons más eficientes, lo que reducirá tanto el consumo de agua como los costos de energía.

- **Composición química de productos de limpieza:** Es fundamental realizar una evaluación regular de los productos de limpieza utilizados en la facultad. Se recomienda cambiar a productos más ecológicos que no contengan cloro o ácidos inorgánicos y minimizar el uso de aerosoles y ambientadores químicos. Este cambio no solo reducirá el impacto ambiental, sino que también puede contribuir a la reducción de la huella hídrica directa de la facultad.
- **Infraestructura:** Se recomienda instalar llaves de paso independientes para cada artefacto, lo que permitirá aislar su consumo, facilitar un control más preciso y reducir el desperdicio en caso de fugas en alguno de ellos.

5.3 ANÁLISIS DE COSTOS Y DEL IMPACTO DE LAS MEDIDAS PROPUESTAS EN EL PLAN PARA REDUCIR LA HUELLA HÍDRICA EN LA FACULTAD DE FARMACIA

5.3.1 Análisis de Costos del Plan de Implementación

En este capítulo se presenta el análisis de costos de las medidas propuestas en el plan de implementación para reducir la huella hídrica directa de la Facultad Farmacia. Aunque estas medidas aún no han sido implementadas, el análisis proyecta los costos de inversión, los costos operativos, los beneficios esperados en términos de ahorro de agua y el cálculo del índice Costo-Beneficio.

5.3.1.1 Valorización Económica

Se identificaron los costos de las compras a través de la plataforma transaccional Mercado Público que es administrada por ChileCompra, se cotizó en la tienda Convenio Marco de la plataforma, además se utilizaron los datos disponibles en licitaciones y cotizaciones de compras y servicios de similares características.

En la Tabla 5.23 se presentan los costos de inversión, calculados en función del precio unitario de cada equipo o artefacto, la cantidad a adquirir y los costos de instalación correspondientes. En el caso del cambio de grifería para lavamanos y lavaplatos, e instalación de aireadores, no se consideraron costos de instalación, ya que este trabajo será realizado por funcionarios de la universidad, lo que elimina costos adicionales. Por otro lado, en la Tabla 5.24 se muestran los costos aproximados de las actividades de la campaña de sensibilización y difusión.

Tabla 5.23: Resumen Propuestas por Edificio y sus Costos Aproximados de Inversión (Elaboración propia).

Propuesta	Edificio	Cantidad o Área	Costo aproximado por unidad (UF)	Costo Total (UF)
Instalación de Aireadores en los Grifos de los Lavaplatos	A	57	0,032	1,8
Reemplazo de los Inodoros Actuales por Inodoros de Doble Descarga	A	7	10	70
Lavamanos de los Baños Opción 1: Instalación de Aireadores	A	20	0,032	0,64
Lavamanos de los Baños Opción 2: Instalación de Grifos con Temporizador	A	20	0,35	7
Lavamanos de los Baños Opción 3: Instalación de Grifos con Sensor	A	20	0,92	18,4
Instalación de Aireadores en los Grifos de los Lavaplatos	B	9	0,032	0,29
Reemplazo de los Inodoros Actuales por Inodoros de Doble Descarga	B	15	10	150
Lavamanos de los Baños Opción 1: Instalación de Aireadores	B	18	0,032	0,58
Lavamanos de los Baños Opción 2: Instalación de Grifos con Temporizador	B	18	0,35	6,3
Lavamanos de los Baños Opción 3: Instalación de Grifos con Sensor	B	18	0,92	16,6
Instalación de Flujómetros de Agua	A y B	2	2,24	4,5
Implementar un Sistema de Riego Eficiente por Goteo	Áreas Verdes	827 m ²	-	53

Tabla 5.24: Costos Aproximados de las Actividades de la Campaña de Sensibilización y Difusión (Elaboración propia).

Actividades	Costo Aproximado (UF)
Colocación de Pósters y Material Visual	0,25
Difusión en Redes Sociales	No implica costos adicionales
Charlas y Talleres Educativos	4
Sistema de Reporte de Problemas con Códigos QR	0,25

Según los datos de la Tabla 5.23, se observó que las inversiones varían dependiendo de la cantidad de unidades o áreas a intervenir, destacando el costo más elevado en la sustitución de inodoros y la instalación de grifos con sensores. Además, en la Tabla 5.24 se presentan los costos asociados a la campaña de sensibilización y difusión, incluyendo actividades como la colocación de pósters, charlas educativas y el uso de redes sociales para difundir el mensaje, destacando que esta última no genera costos adicionales.

La Tabla 5.25 presenta un análisis de los costos y beneficios económicos de las medidas propuestas para lograr un uso eficiente del agua en la Facultad de Farmacia. En primer lugar, se detallan los costos de inversión. Asimismo, se identifican los costos operativos, que se enfocan en el mantenimiento periódico de los equipos. Dado que esta tarea será asumida por el personal de la Facultad, no se prevén costos adicionales, ya que se consideran como costos irrelevantes, por lo que se ha asignado un valor de 0.

Además, la tabla muestra el porcentaje de reducción de cada propuesta, el consumo anual actual de inodoros, lavaplatos, lavamanos y riego, y el ahorro monetario estimado según la disminución del consumo que aporta cada medida, considerando el cargo fijo de agua de 0,042 UF/m³ establecido por la compañía de agua potable.

Finalmente, para la campaña de sensibilización y difusión dirigida a la comunidad universitaria, el costo de inversión está asociado a la impresión de material visual, como pósters y códigos QR, que implica gastos en hojas y tinta, además del pago del profesional encargado de realizar las charlas y talleres. Esta medida no tiene costos operativos adicionales ni se proyecta un ahorro de agua directo como en las demás propuestas.

Tabla 5.25: Resumen del Análisis de Costos por Medida Propuesta (Elaboración propia).

Medida Propuesta	Costo de Inversión (UF)	Costo Operativo (UF/año)	Porcentaje de Reducción (%)	Consumo Actual (m ³ /año)	Reducción Esperada (m ³)	Ahorro Esperado (UF/año)
Instalación de flujómetros	4,5	0	-	-	-	-
Reemplazo de inodoros por modelos de doble descarga	220	0	50	1.116,9	558,5	23,5
Instalación de aireadores en lavaplatos	2,1	0	40	450	180,0	7,6
Opción 1: Aireadores en lavamanos	1,22	0	40	734,7	293,9	12,3
Opción 2: Grifos con temporizador	13,3	0	60	734,7	440,8	18,5
Opción 3: Grifos con sensor	35	0	70	734,7	514,3	21,6
Sistema de riego por goteo	53	0	50	66,2	33,1	1,4
Campaña de sensibilización y difusión	4,5	0	-	-	-	-

En relación con la Tabla 5.25, los datos muestran que las medidas propuestas para la eficiencia hídrica presentan una amplia gama de costos y ahorros. El reemplazo de inodoros por modelos de doble descarga tiene un costo de inversión de 220 UF, con una reducción esperada de 558,5 m³/año y un ahorro de 23,5 UF/año. La instalación de aireadores en lavaplatos (2,1 UF) reduce 180 m³/año, generando un ahorro de 7,6 UF/año. Las opciones para los lavamanos, como los aireadores (1,22 UF), grifos con temporizador (13,3 UF) y grifos con sensores (35 UF), muestran una reducción de entre 293,9 y 514,3 m³/año, con ahorros de entre 12,3 y 21,6 UF/año. El sistema de riego por goteo tiene un costo de 53 UF, con una reducción de 33,1 m³/año y un ahorro de 1,4 UF/año. La campaña de sensibilización no genera ahorros directos.

A continuación, en la Tabla 5.26, se presentan los totales de costos de inversión, así como la reducción y el ahorro esperado, calculados para toda la Facultad considerando únicamente una opción de las medidas propuestas para los lavamanos de los baños.

Tabla 5.26: Egresos, Reducción Esperada e Ingreso por opción de medidas propuestas para los lavamanos (Elaboración propia).

Opciones	Costo o Egresos (UF)	Reducción Esperada (m ³)	Ahorro Esperado o Ingresos (UF/año)
1	285,3	1.065,4	44,7
2	297,4	1.212,3	50,9
3	319,1	1.285,8	54,0

De acuerdo con la Tabla 5.26, los costos de inversión, considerando una de las opciones para los lavamanos de los baños, variaron entre las 285,3 UF y las 319,1 UF, con una reducción esperada de 1.065,4 m³ a 1285,8 m³ y un ahorro esperado de 44,7 UF/año a 54 UF/año.

5.3.1.2 Razón Beneficio-Costo

Para este análisis, se consideró una Tasa Social de Descuento (TSD) de un 5,5%, que representa el costo de oportunidad social del capital para los periodos evaluados. Este valor, establecido por la División de Evaluación Social de Inversiones del Ministerio de Desarrollo Social y Familia (MDSF), se utilizó como parámetro para estimar el beneficio neto de las medidas en cada año.

La Tabla 5.27 presenta los valores obtenidos de la Razón Beneficio-Costo, calculados considerando únicamente una de las opciones de medidas propuestas para los lavamanos, evaluando desde el periodo 0 al periodo 7 luego de la implementación del plan, siendo este último donde la Razón Beneficio-Costo alcanza un valor igual o mayor a 1, tanto para la opción 2 y 3.

Tabla 5.27: Resultados Razón Beneficio-Costo (Elaboración propia).

Opciones	Costo o Egreso (UF)	Ahorro Esperado o Ingreso (UF/año)	Razón Beneficio-Costo Séptimo Año
1	285.3	44.7	0,94
2	297.4	50.9	1,03
3	319.1	54.0	1,01

Como se muestra en la Tabla 5.27, para el séptimo año, las opciones 2 y 3 superan el valor de 1, estas serían las más adecuadas para su selección.

5.3.2 Análisis del Impacto de las Medidas Propuestas

El análisis del impacto de las medidas propuestas en el plan de implementación se centró en calcular la huella hídrica directa proyectada de la Facultad de Farmacia. La huella hídrica directa se clasificó en tres componentes: huella azul, huella verde y huella gris.

5.3.2.1 Huella Azul

La huella azul actual se estimó en 3.256 m³/año. Con la implementación de las medidas propuestas, se espera una reducción del consumo de agua. Las proyecciones consideran tres opciones para la instalación de lavamanos, las cuales ya incluyen los ahorros adicionales por las mejoras en los inodoros, los lavaplatos de laboratorio y el sistema de riego por goteo anteriormente presentadas.

En la primera opción, se proyecta un ahorro de 1.065,41 m³/año, lo que reduciría la huella azul a 2.180,59 m³/año, representando una disminución del 32,82% en comparación con el consumo actual. Con la segunda opción, el ahorro estimado es de 1.212,35 m³/año, lo que ajustaría la huella azul a 2.033,65 m³/año, equivalente a una reducción del 37,35%. Por último, la tercera opción permitiría alcanzar un ahorro de 1.285,82 m³/año, situando la huella azul en 1.960,18 m³/año, lo que corresponde a una disminución del 39,61% respecto al consumo inicial.

En la Tabla 5.28 se presenta el resumen de los cálculos obtenidos:

Tabla 5.28: Resultados Huella Azul Proyectada (Elaboración propia).

Opción + Otras medidas	Huella Azul Proyectada (m ³ /año)	Reducción (%)
Con primera opción	2.180,59	32,82%
Con segunda opción	2.033,65	37,35%
Con tercera opción	1.960,18	39,61%

Así, la huella hídrica directa azul proyectada varió entre 1.960,18 m³/año y 2.180,59 m³/año, dependiendo de la opción seleccionada para la instalación de lavamanos.

5.3.2.2 Huella Verde – Huella Gris

Debido a que las medidas propuestas están dirigidas a reducir la huella hídrica directa azul, la huella verde y la huella gris se mantienen igual. La huella hídrica directa verde se estimó en 266.42 m³/año. Por su parte, la huella gris es de 0 m³/año.

5.3.2.3 Huella hídrica Proyectada Total

La huella hídrica total proyectada de la Facultad de Farmacia se determinó sumando las contribuciones de las huellas azul, verde y gris. La huella azul, que representa el consumo de agua dulce, se proyectó según las opciones de instalación de lavamanos discutidas previamente. Por su parte, las huellas verde y gris se mantuvieron constantes, dado que las medidas implementadas estaban orientadas exclusivamente a la reducción de la huella azul.

La huella hídrica total proyectada para cada opción se detalló en la Tabla 5.29 a continuación:

Tabla 5.29: Resultados Huella Hídrica Total Proyectada (Elaboración propia).

Opción	Huella Azul (m ³ /año)	Huella Verde (m ³ /año)	Huella Gris (m ³ /año)	Huella Hídrica Total (m ³ /año)	Porcentaje de ahorro (%)
Primera opción	2.180,59	266,42	0	2.447,01	32,82%
Segunda opción	2.033,65	266,42	0	2.300,07	37,35%
Tercera opción	1.960,18	266,42	0	2.226,60	39,61%

Así, la huella hídrica total proyectada varió entre 2.226,60 m³/año y 2.447,01 m³/año, dependiendo de la opción seleccionada para la instalación de lavamanos.

6 DISCUSIÓN

El consumo de agua en la Facultad de Farmacia experimentó una evolución notable en los últimos cinco años, reflejando cambios en las actividades académicas y administrativas, especialmente influenciadas por el impacto de la pandemia de COVID-19. En 2019, el promedio mensual de consumo fue de 291,25 m³, reflejando un escenario de operación regular, con actividades académicas y administrativas constantes, estableciendo así una línea base de consumo pre-pandemia. Con la llegada de la pandemia en 2020, el consumo promedio mensual se redujo a 130,25 m³, atribuible a la disminución de actividades presenciales y a variaciones estacionales, con un incremento en verano debido al riego de áreas verdes. En 2021, el consumo aumentó ligeramente a 150,42 m³, reflejando una reanudación parcial de actividades presenciales, aunque sin alcanzar los niveles previos a la pandemia, lo cual sugiere que el retorno gradual permitió mantener un consumo moderado y estable. En 2022, el regreso completo de actividades presenciales elevó el consumo mensual promedio a 243,92 m³, impulsado especialmente por el uso intensivo de agua en laboratorios y eventos académicos. En 2023, el consumo mensual promedio se situó en 271,33 m³, muy cercano al nivel de 2019, evidenciando una estabilización en el uso de agua.

Este patrón sugiere la necesidad de gestionar de forma más eficiente el recurso hídrico, dado que la implementación de tecnologías de ahorro es aún limitada, especialmente en el edificio B (10%) en comparación con el edificio A (18%). A pesar de que los equipos de destilación y ósmosis inversa se utilizan de manera constante, estos no están considerados en el plan actual debido a que la Facultad tiene previsto reutilizar sus aguas residuales para riego y depósitos de agua de reserva. Esta medida podría reducir la dependencia de fuentes externas y, por ende, disminuir la huella hídrica directa azul, considerando que la Facultad depende principalmente de estas fuentes para sus actividades cotidianas. En cuanto a los resultados obtenidos, la huella hídrica directa azul total de 3.256 m³ refleja una alta dependencia del agua potable para satisfacer las necesidades de la Facultad. Aunque el riego con agua potable representa 66,16 m³ de esta huella, la cifra global destaca la necesidad de reducir el consumo de agua a través de tecnologías de ahorro, lo cual podría minimizar esta huella. En contraste, la huella hídrica directa verde es baja (266,42 m³), lo que indica que el aprovechamiento del agua de lluvia es limitado. Este bajo aprovechamiento de la precipitación disponible podría mejorarse con una mayor captación y almacenamiento de agua de lluvia, lo que reduciría aún más la huella hídrica directa y favorecería un uso más sostenible del recurso hídrico en la Facultad.

En cuanto a la identificación de problemas y oportunidades de mejora, se evidenció la falta de monitoreo por parte de la Facultad en áreas como baños, laboratorios y áreas verdes. La ausencia de monitoreo en estos sectores dificulta la detección de consumos elevados, fugas y un balance preciso del uso de agua en cada área. A modo referencial, la Universidad Andrés Bello abordó esta problemática mediante la instalación de flujómetros en sus campus de mayor consumo, como en el Campus Casona, donde se identificó un alto consumo en el riego y sanitarios (Proyectae,2022). Para la Facultad, replicar esta medida, instalando flujómetros en

los dos edificios, permitiría aislar el consumo y realizar diagnósticos más precisos, facilitando también el seguimiento de los impactos de las medidas propuestas tras su implementación.

El plan de implementación presentó varias medidas para reducir el consumo de agua, y por consiguiente la huella hídrica, como la instalación de grifos temporizados en lavamanos y sistemas de riego por goteo en áreas verdes. La implementación de grifos temporizados para los baños en conjunto con las otras medidas, resultó ser la medida más viable de las tres, ya que permitirá un ahorro de hasta un 60% en el consumo de agua sin requerir grandes modificaciones en la infraestructura. Para las áreas verdes, el riego por goteo se planteó como una alternativa que reduciría el consumo al dirigir el agua directamente a las raíces, minimizando la evaporación y el escurrimiento, con un potencial de ahorro de hasta un 50%.

De forma similar, la Universidad Andrés Bello implementó el uso de grifos temporizados en campus de alta afluencia, estimando una reducción del 70% en el consumo de agua en comparación con grifos manuales. Para optimizar aún más el riego de áreas verdes, esta universidad incorporó telemetría, ajustando el uso de agua según la humedad del suelo y el pronóstico de precipitaciones, lo que permitió un ahorro estimado de entre 10% y 30% (Proyetae, 2022). Ambas instituciones buscaron, mediante estas medidas, disminuir el consumo de agua en sus instalaciones, con un enfoque en la sostenibilidad y la eficiencia en el uso del recurso hídrico.

Finalmente, el plan contempla acciones adaptativas para ajustar las medidas en caso de que los indicadores de impacto no alcancen los niveles esperados. Estas incluyen inspecciones periódicas de la infraestructura para detectar fallas, evaluaciones del rendimiento de las tecnologías instaladas y un refuerzo en la campaña de sensibilización. La flexibilidad de estas acciones garantiza que el plan pueda adaptarse a cambios en la matrícula, en los patrones de uso del agua o en la infraestructura, promoviendo así la sostenibilidad y efectividad del programa de ahorro hídrico a largo plazo. El monitoreo y seguimiento permitirán garantizar que las medidas implementadas cumplan con su objetivo de reducir la huella hídrica directa, permitiendo controlar todos los aspectos tanto de la implementación como el impacto posterior de estas. En cuanto a la campaña de sensibilización, se prioriza la difusión digital a través de redes sociales institucionales para alcanzar a un público más amplio y reducir los costos en comparación con la impresión de materiales. Aunque los pósters físicos cumplen una función importante en puntos estratégicos como baños y laboratorios, la campaña digital garantiza una comunicación constante y accesible.

El análisis de costos y del impacto de las medidas propuestas en el plan para reducir la huella hídrica directa proyecta la viabilidad financiera y la reducción del consumo de agua. Aunque las tecnologías de disminución de consumo requieren una inversión inicial significativa, esta se justifica mediante los ahorros proyectados, logrando una relación beneficio-costos positiva a partir del séptimo año. La huella hídrica directa azul proyectada podría variar entre 1.960,18 m³ y 2.180,59 m³ según la opción elegida para los lavamanos, lo que refleja una reducción de hasta un 39,61%. En relación con lo anterior, en 2023, el Campus San Joaquín de la PUC logró disminuir su consumo de agua en un 30,4% en comparación con el año 2019, logro que fue reconocido por la empresa Aguas Andinas, que destacó los esfuerzos de la universidad en

el cuidado del agua (PUC, 2023). Entre las medidas implementadas para alcanzar esta reducción se incluyen la instalación de sistemas de riego eficientes, el uso de dispositivos sanitarios de bajo consumo, la implementación de programas de concientización sobre el uso responsable del agua y la reutilización de aguas grises para el riego de jardines y áreas verdes (PUC, 2023). Comparando la reducción esperada luego de la implementación del plan, las proyecciones indican que, con la implementación de tecnologías de ahorro y campañas de sensibilización, es posible alcanzar e incluso superar estos niveles, demostrando el potencial de las medidas propuestas.

El ahorro en el consumo de agua no solo implica una disminución del gasto a largo plazo, sino que refuerza la importancia de ver estas medidas como inversiones sostenibles en el tiempo, con impacto económico y ambiental positivo. El monitoreo continuo de las acciones implementadas contribuirá a una cultura de conservación del agua, lo que podría otorgar reconocimiento y fortalecer su imagen frente a la opinión pública.

Para obtener una perspectiva más completa del impacto hídrico de la Facultad de Farmacia, sería relevante incorporar la huella hídrica indirecta, que considera el consumo de agua asociado a todas las etapas de producción de los bienes y servicios utilizados, como papel, equipos electrónicos, energía y materias primas de laboratorio. Según el Manual de Evaluación de la Huella Hídrica de la WFN, esta huella podría ser considerablemente mayor que la directa, representando una oportunidad adicional para reducir el impacto hídrico institucional de manera integral.

7 CONCLUSIÓN

El trabajo de titulación desarrollado en la Facultad de Farmacia de la Universidad de Valparaíso ha permitido cumplir de manera efectiva con los objetivos propuestos, aportando información relevante sobre el estado actual del consumo y manejo del recurso hídrico y proponiendo medidas viables y sostenibles para su reducción.

En relación con el primer objetivo, evaluar el estado actual del consumo y manejo del agua, el análisis de datos históricos de facturación, junto con las visitas a terreno, permitió identificar los problemas de consumo de agua dentro de la Facultad, incluyendo áreas verdes, sistemas de riego y dispositivos sanitarios. Se encontró que pocos artefactos y equipos cuentan con tecnologías de ahorro, lo cual, desde un punto de vista ingenieril, resulta ser poco eficiente, ya que estos dispositivos utilizan mayor cantidad de agua en comparación con los que cuentan con tecnologías de ahorro. Por lo tanto, estos sistemas requieren de intervención para reducir su consumo de agua. Este diagnóstico permitió comprender cómo se distribuye y utiliza el recurso hídrico en la Facultad, constituyendo la base sobre la cual se diseñaron las medidas del plan de implementación.

El segundo objetivo, elaborar un plan de implementación, se cumplió mediante la formulación de diversas acciones orientadas a reducir el consumo de agua en la Facultad. Entre las principales medidas propuestas se encuentran la instalación de sistemas de riego por goteo en áreas verdes, la incorporación de aireadores para lavaplatos en laboratorios, de aireadores, temporizadores o sensores en lavamanos de baños, la instalación de inodoros de doble descarga y la implementación de campañas de concientización y sensibilización ambiental dirigidas a la comunidad universitaria. Estas acciones buscan no solo reducir el consumo de agua de manera directa, sino también fomentar hábitos sostenibles a largo plazo, promoviendo una cultura de sostenibilidad basada en el uso consciente y responsable de los recursos.

Respecto al tercer objetivo, es importante destacar que la relación beneficio-costos favorable a partir del séptimo año de implementación refleja la naturaleza gradual del proceso. Las tecnologías de ahorro de agua requieren una inversión inicial significativa, y considerando el contexto de una universidad pública, los plazos para su implementación pueden ser más lentos. Este período de adaptación incluye no solo la actualización de infraestructuras, sino también la capacitación del personal y de los propios usuarios, lo que genera un tiempo de amortización más largo. Sin embargo, una vez alcanzado este punto, los beneficios económicos y ambientales comienzan a materializarse de manera más sustancial, lo que respalda la viabilidad y el impacto positivo de las medidas a largo plazo.

Los hallazgos más importantes de este trabajo, además de confirmar la viabilidad del plan, fue la importancia de sugerir tecnologías y campañas de concientización para maximizar el ahorro y fomentar un uso eficiente del agua en entornos universitarios. En términos de aportes, este trabajo proporciona una guía práctica para que otras facultades y universidades interesadas en la sostenibilidad puedan implementar planes similares, adaptados a sus necesidades específicas.

8 BIBLIOGRAFÍA

- Dirección General de Aguas. (2020). *Escasez hídrica en la Región de Valparaíso*. Recuperado de <https://dga.mop.gob.cl/noticias/Paginas/DetalledeNoticias.aspx?item=677>
- Dirección General de Aguas. (2024). *Información pluviométrica, estados de embalses y aguas subterráneas. Boletín N°550*. Recuperado de <http://www.dga.cl/productosyservicios/informacionhidrologica/Informacin%20Mensual/Bolet%3%ADn%202%20Febrero%202024.pdf>
- Ecologiaverde. (2020). *Qué es la huella hídrica*. Recuperado de <https://www.ecologiaverde.com/que-es-la-huella-hidrica-2186.html>
- ESVAL. (2021). *Reporte hídrico actualizado en la Región de Valparaíso*. Recuperado de <https://www.esval.cl/personas/noticias/listado-de-noticias/reportes-h%C3%ADdrico-actualizado-en-la-regi%C3%B3n-de-valpara%C3%ADso/>
- Escenarios Hídricos 2030 Chile. (2021). *Sequía histórica: el 53% de las comunas está bajo decreto de escasez hídrica*. Recuperado de <https://escenarioshidricos.cl/eh-2030-en-la-prensa/sequia-historica-el-53-de-las-comunas-esta-bajo-decreto-de-escasez-hidrica/>
- Fundación Aquae. (2021). *La huella hídrica y la lucha climática*. Recuperado de <https://www.fundacionaquae.org/wiki/huella-hidrica-un-indicador-para-conseguir-un-mundo-mas-sostenible/>
- Fundación para la Innovación Agraria. (2022). *Chile: Pronóstico y seguimiento del balance entre oferta y demanda hídrica para el sector agrícola*. Recuperado de <https://opia.fia.cl/601/w3-article-120682.html>
- Grupo Medioambiental del Sistema de las Naciones Unidas en Chile. (2021). *Informe sobre la escasez hídrica en Chile y los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Recuperado de https://chile.un.org/sites/default/files/2021-03/PB%20Recursos%20H%C3%ADdricos_FINAL_17%20de%20marzo.pdf
- Ingertec. (2024). *¿Qué es la huella hídrica? Para qué sirve, tipos y cálculo*. Recuperado de <https://ingertec.com/que-huella-hidrica-para-que-sirve-tipos-calculo/>
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. (2019). *Huella hídrica*. Recuperado de <https://www.gob.mx/imta/articulos/huella-hidrica>

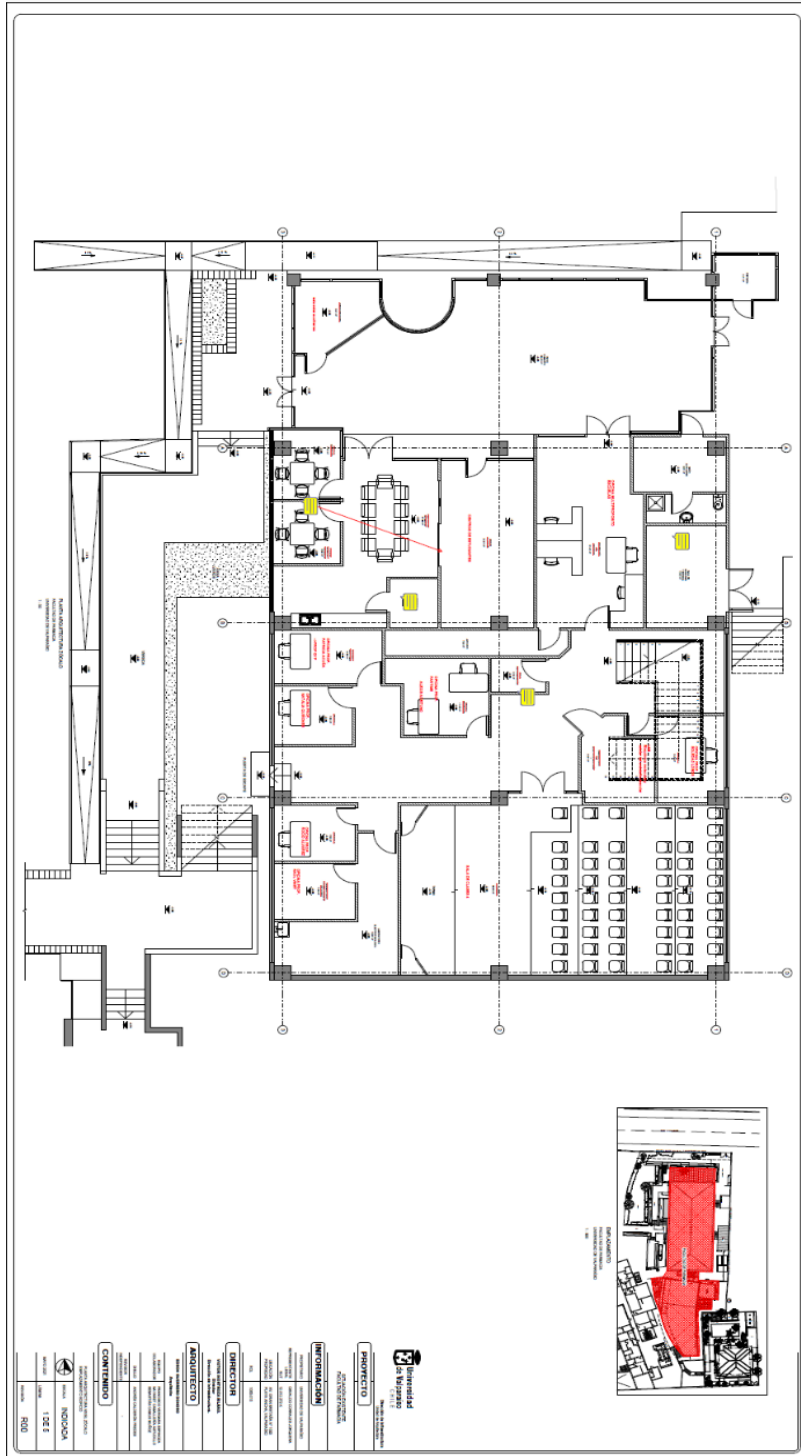
-
- Li, F. (2023). *Escasez de agua, crisis climática y seguridad alimentaria mundial: Un llamamiento a la acción colaborativa*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de <https://www.un.org/es/cr%C3%B3nica-onu/escasez-de-agua-crisis-clim%C3%A1tica-y-seguridad-alimentaria-mundial-un-llamamiento-la>
 - MIT Sloan Review. (2024). *Huella hídrica: ¿Cómo funciona, para qué sirve y por qué importa?*. Recuperado de <https://mitsloanreview.mx/responsabilidad-social/huella-hidrica-el-indicador-que-alerta-a-la-humanidad-sobre-el-uso-desmedido-del-agua/>
 - Ministerio de Medio Ambiente. (2023). *Consumo de agua. Reporte del Estado del Medio Ambiente 2023*. Recuperado de <https://infogram.com/1pxdw6xxjlr9w0sqngx35e6kpehnqp01mgk?live>
 - Naciones Unidas Chile. (2021). *Escasez hídrica en Chile: Desafíos pendientes*. Recuperado de <https://infogram.com/1pxdw6xxjlr9w0sqngx35e6kpehnqp01mgk?live>
 - Pontificia Universidad Católica de Chile. (2018). Informe Huella Hídrica PUC 2018. Recuperado de <https://sustentable.uc.cl/wp-content/uploads/2024/04/Informe-Huella-Hidrica-UC-2018.pdf>
 - UNESCO/ONU-Agua. (2023). *Riesgo inminente de una crisis mundial del agua*. Recuperado de <https://www.unesco.org/es/articulos/riesgo-inminente-de-una-crisis-mundial-del-agua-unesco/onu-agua>
 - Universidad Católica del Maule. (2024). Investigación en la UCM. Recuperado de <https://www.cienciaenchile.cl/investigacion-realza-los-avances-hacia-la-sostenibilidad-estrategica-en-universidades-chilenas/>
 - Universidad Técnica Federico Santa María. (2024). Análisis de la huella hídrica de la UTFSM. Recuperado de <https://repositorio.usm.cl/bitstreams/3073b66b-5fd4-4a5a-9034-eebaacd0f0bc/download>
 - Universidad de Valparaíso (UV). (2024). *Facultad de Farmacia*. Recuperado de <https://www.farmacia.uv.cl>
 - Universidad de Valparaíso (UV). (2024). *Medio ambiente y sostenibilidad*. Recuperado de <https://vinculacion.uv.cl/medioambiente-y-sostenibilidad>
 - Universidad de Valparaíso (UV). (2024). *Universidad de Valparaíso*. Recuperado de <https://www.uv.cl>
 - Water Footprint Network. (2002). *Manual de evaluación de la huella hídrica: Establecimiento del estándar mundial para la huella hídrica*. Recuperado de
-

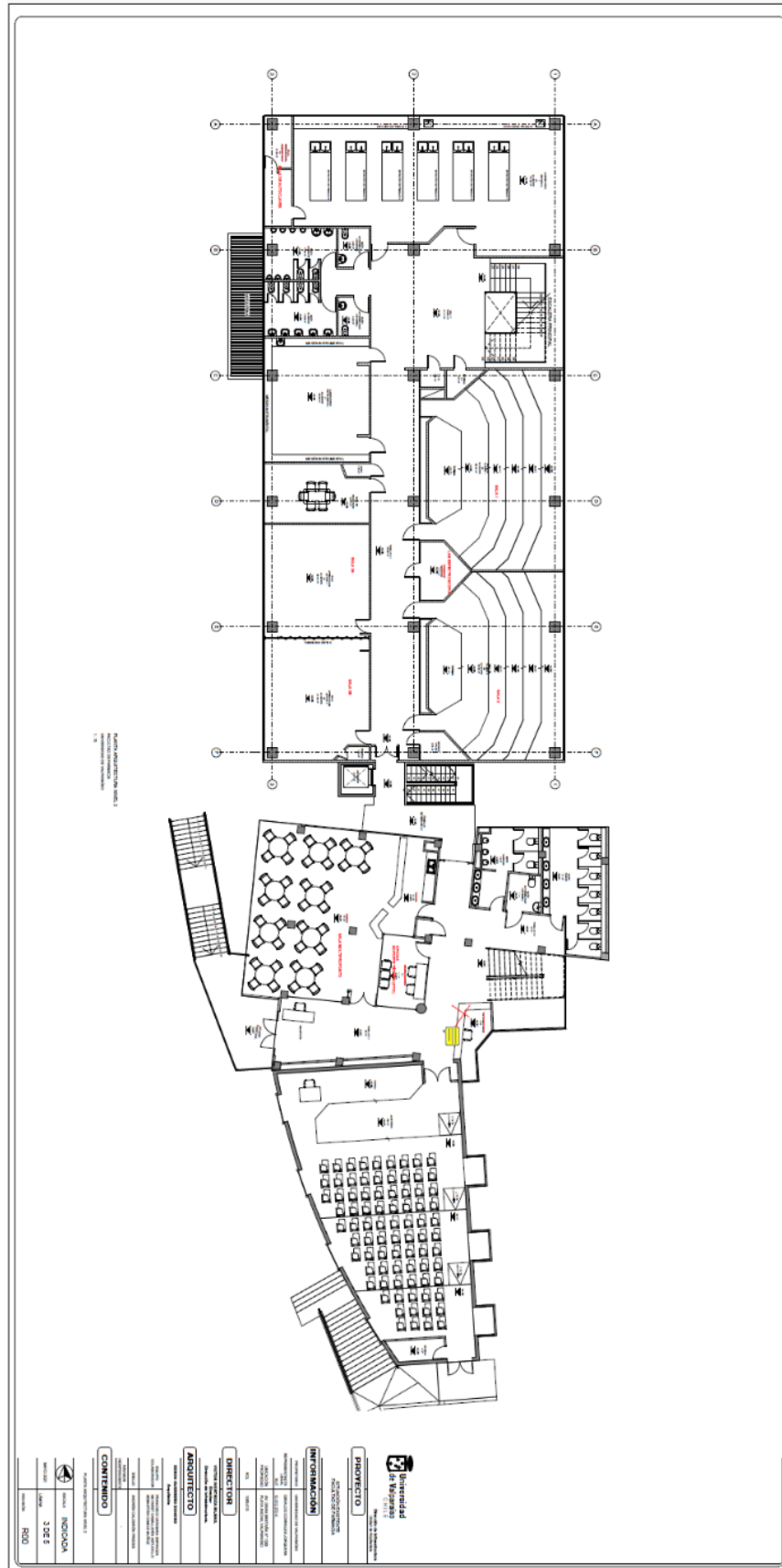
https://www.waterfootprint.org/resources/TheWaterFootprintAssessmentManual_Spanish.pdf

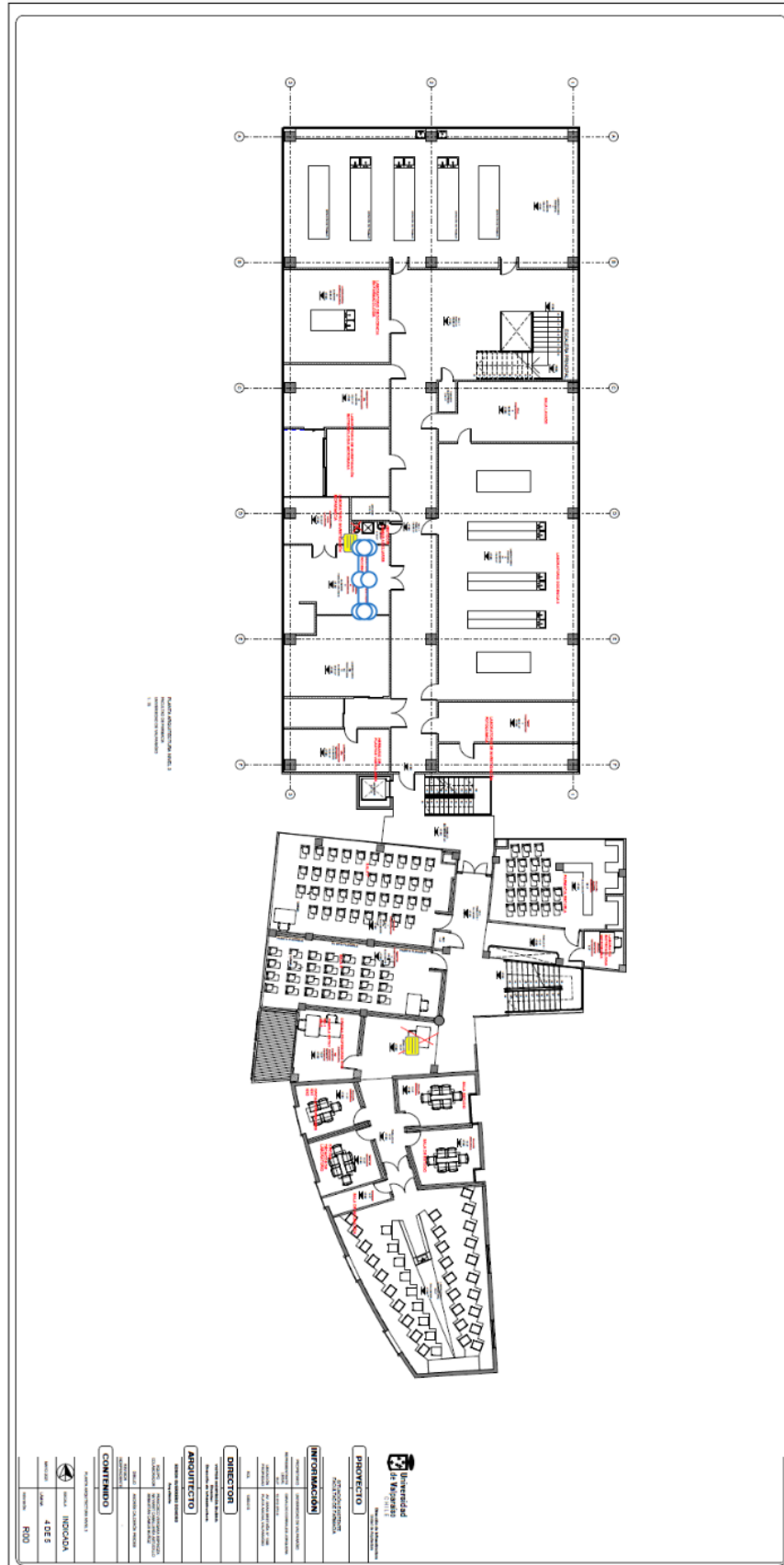
- Dirección General de Aeronáutica Civil de la Dirección Meteorológica de Chile. (2023). *Servicios Climáticos*. Recuperado de <https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/informacion/datosMensualesDelElemento/330002/2022/4/99>
- BASCOMEX. (2023). *¿Cuántos litros de agua se necesitan para regar una hectárea?* Recuperado de <http://surl.li/jwfezy>
- Sapag Chain, N., & Sapag Chain, R. (2008). *Preparación y evaluación de proyectos* (5.ª ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Construguia. (2024). *Guía de inodoro de doble descarga: ¡Ahorra más con cada descarga!*. Construguia. Recuperado de <https://www.construguia.com>
- Consumer. (2018). *Perlizadores o aireadores de agua: ¿cómo ayudan a ahorrar dinero?*. Consumer. Recuperado de <https://www.consumer.es>
- Bañoidea. (2018). *Grifo temporizado lavabo PRESTO 2000 ECO - Ahorro de agua 60%*. Bañoidea. Recuperado de <https://www.banoidea.com>
- Consumer. (2021). *Grifos con sensor: higiene y seguridad con tecnología Touch Less*. Consumer. Recuperado de <https://www.consumer.es>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2024). *Maximizando la eficiencia agrícola: Sistema de riego por goteo*. Gobierno de México. Recuperado de <https://www.gob.mx>
- Proyectae. (2022). *Diagnóstico y Plan de implementación del Agua de la Universidad Andrés Bello (UNAB)*. Universidad Andrés Bello.

9 ANEXOS

9.1 ANEXO 1: PLANOS DE LA FACULTAD DE FARMACIA DE LA UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO



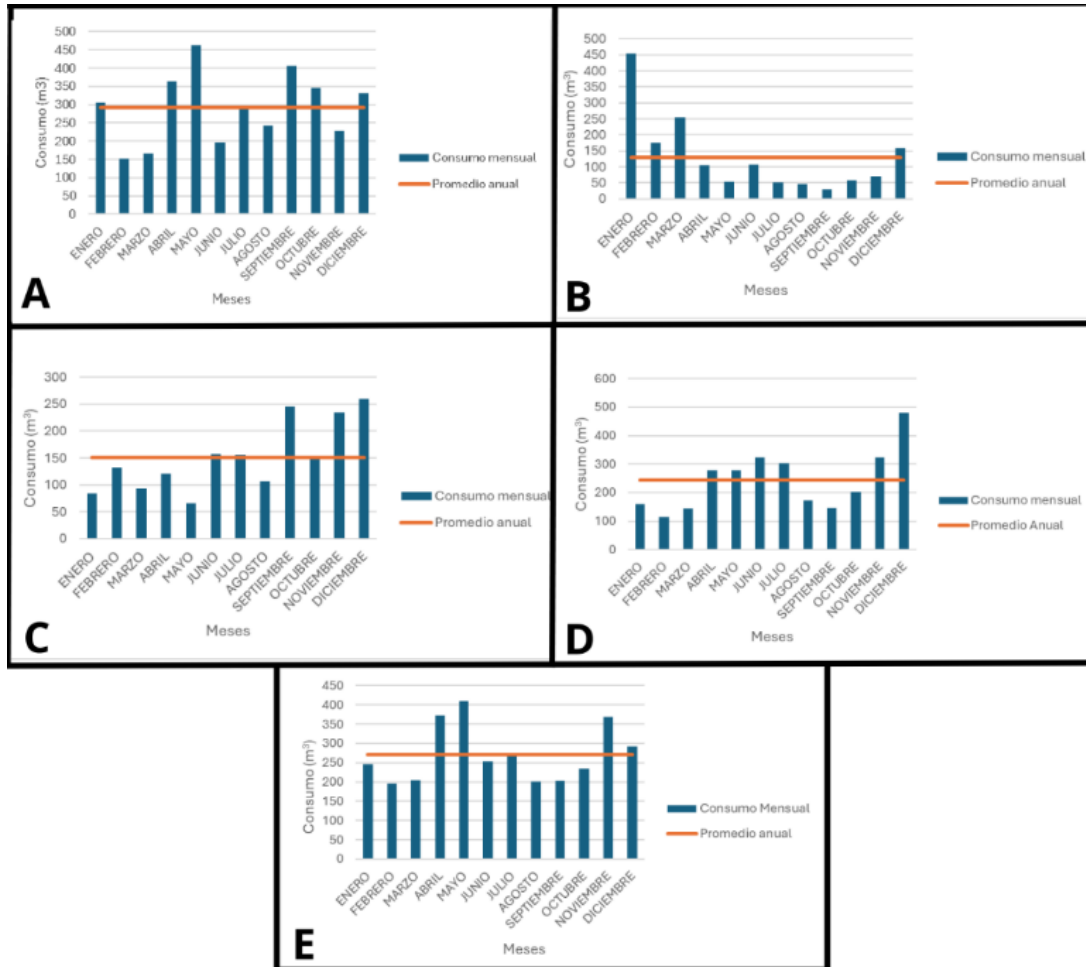




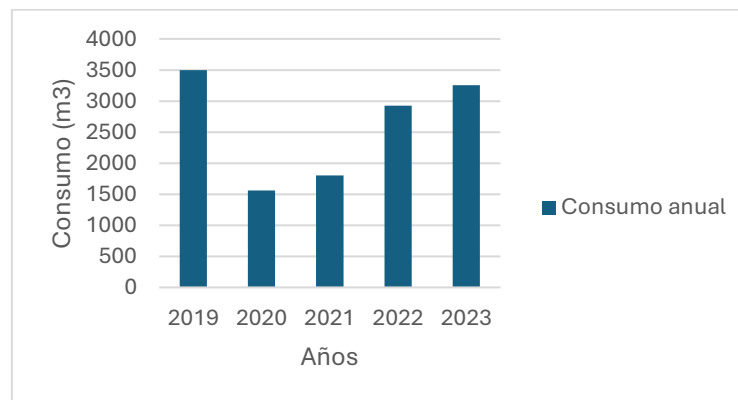


9.2 ANEXO 2: TENDENCIA MENSUAL DE CONSUMO DE AGUA ÚLTIMOS 5 AÑOS DE LA FACULTAD

- A: 2019, B: 2020, C: 2021, D: 2022 y E: 2023

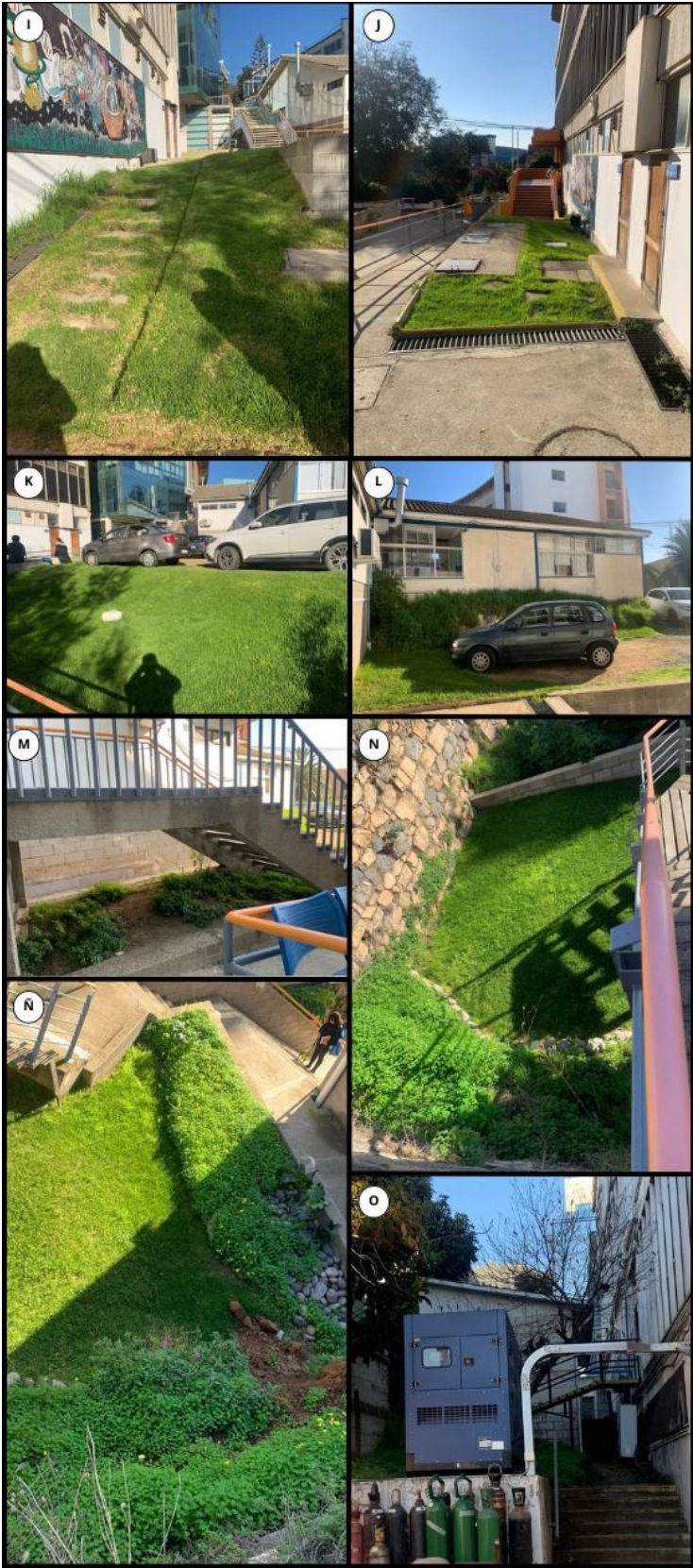


- Consumo total anual de agua de la Facultad en los últimos 5 años:










9.3 ANEXO 3: ÁREAS VERDES

















9.4 ANEXO 4: IDENTIFICACIÓN DE FLORA DE LAS ÁREAS VERDES.





Cantidad	Nombre científico	Nombre común	Letra polígono	
3	<i>Crassula ovata</i>	Árbol de jade	D	
3	<i>Fuchsia lycioides</i>	Palo de yegua	D	
2	<i>Quillaja saponaria</i>	Quillay	D	





1	<i>Cryptocarya alba</i>	Peumo	D	
1	<i>Maytenus boaria</i>	Maitén	E	
1	<i>Jubaea chilensis</i>	Palma chilena	E	
1	<i>Prunus persica</i>	Durazno	E	





1	<i>Platycladus orientalis</i>	Tuya asiática	E	
1	<i>Ginkgo biloba</i>	Ginkgo	E	
2	<i>Cestrum parqui</i>	Parqui	H	
3	<i>Nerium oleander</i>	Laurel rosa	E	





1	<i>Hibiscus</i>	Hibisco	A	
3	<i>Coprosma baueri</i>	Coprosma verde	D	
36	<i>Canna indica</i>	Achira	D	
1	<i>Euphorbia milii</i>	Corona de Cristo	D	





5	<i>Mentha spicata</i>	Menta	D	
3	<i>Lavandula angustifolia</i>	Lavanda	D	
3	<i>Rosmarinus officinalis L.</i>	Romero	D	
3	<i>Aloe maculata</i>	Sábila cebra africana	D	




5	<i>Anthemis tinctoria</i>	Manzanillón Amarillo	D	
5	<i>Calendula officinalis</i>	Caléndula	D	
5	<i>Solanum lycopersicum var. cerasiforme</i>	Tomate cherry	D	
4	<i>Petroselinum crispum</i>	Perejil	D	

5	<i>Origanum vulgare</i>	Orégano	D	
3	<i>Thymus vulgaris</i>	Tomillo	D	
5	<i>Capsicum annuum</i>	Ají	D	
5	<i>Coriandrum sativum</i>	Cilantro	D	

2	<i>Rosaceae</i>	Rosas	E	
2	<i>Liquidambar orientalis</i>	Liquidámbar	F	
1	<i>Peumus boldus</i>	Boldo	F	
3	<i>Cestrum parqui</i>	Parqui	H	

1	<i>Phoenix canariensis</i>	Palmera	H	
1	<i>Crassula ovata</i>	Árbol de jade	A	
2	<i>Eriobotrya japonica</i>	Níspero	F	
1	<i>Schefflera arboricola</i>	Chiflera	G	

1	<i>Prunus persica</i>	Durazno	O	
1	<i>Echinopsis chiloensis</i>	Quisco	O	
1	<i>Eriobotrya japonica</i>	Nispero	O	
1	<i>Physalis peruviana</i>	Golden berry	O	

1	<i>Echeveria secunda</i>	Conchita o tememetla	G	
1	<i>Dracaena reflexa</i>	Drácena	E	
1	<i>Pittosporum undulatum</i>	Laurel huesito	A	

9.5 ANEXO 5: ENCUESTA EXPLORATORIA

- Formato:

Encuesta Exploratoria: Uso de Agua en la Facultad de Farmacia

Estimados/as,

Somos Ignacio Álvarez Villablanca y Natajsha Mella Mella, estudiantes de quinto año de la carrera de Ingeniería Ambiental en la Universidad de Valparaíso. Actualmente, estamos realizando nuestro **trabajo de título titulado: "Propuesta de un Plan de Gestión del Recurso Hídrico en la Facultad de Farmacia de la Universidad de Valparaíso"**, con el objetivo de optimizar el uso del agua y mejorar su gestión dentro de la facultad.

Esta encuesta exploratoria tiene como finalidad **recolectar información sobre los hábitos de uso de agua en los inodoros, lavamanos, lavaplatos y urinarios** en los laboratorios y áreas comunes de la facultad. Los datos recopilados serán fundamentales para la elaboración de nuestra propuesta, ayudándonos a dimensionar el consumo de agua y a implementar posibles mejoras.

Agradecemos mucho su colaboración. Los resultados de esta encuesta serán utilizados exclusivamente para fines académicos y serán tratados de manera confidencial.

* Indica que la pregunta es obligatoria

1. Correo *

2. 1. ¿Cuántas veces al día utilizas los inodoros en la facultad? *

Marca solo un óvalo.

- A) 1 a 2 veces
 B) 3 a 4 veces
 C) 5 a 6 veces
 D) 7 o más veces
 No utilizo

3. 2. ¿Cuántas veces al día utilizas los lavamanos de los baños en la facultad? *

Marca solo un óvalo.

- A) 1 a 2 veces
 B) 3 a 4 veces
 C) 5 a 6 veces
 D) 7 o más veces
 No utilizo

4. ¿Cuántas veces a la semana utilizas los lavaplatos en los laboratorios de la facultad? *

Marca solo un óvalo.

- A) 1 a 2 veces
 B) 3 a 4 veces
 C) 5 a 6 veces
 D) 7 o más veces
 No utilizo

5. ¿Te gustaría que se implementen tecnologías de ahorro de agua en los inodoros, *
lavamanos, lavaplatos y urinarios?

Marca solo un óvalo.

- A) Sí
 B) No
 C) No estoy seguro(a)

6. ¿Tienes alguna sugerencia o comentario para mejorar el uso del agua en la facultad?

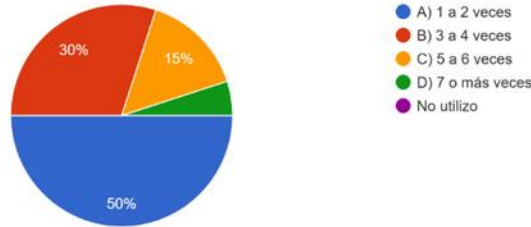
- Afiche:



- Graficas de los resultados:

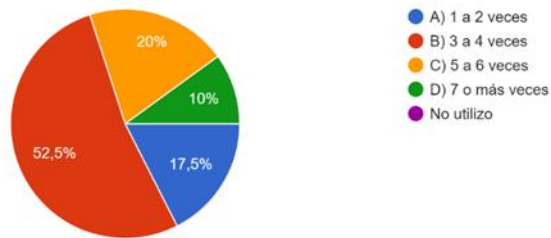
1. ¿Cuántas veces al día utilizas los inodoros en la facultad?

40 respuestas



3. ¿Cuántas veces al día utilizas los lavamanos de los baños en la facultad?

40 respuestas



4. ¿Cuántas veces a la semana utilizas los lavaplatos en los laboratorios de la facultad?

40 respuestas

