

Dimensión **Ambiente**

Agua

Guía para el uso sustentable del agua

Mario Wulf Cárdenas

Ingeniero Agrónomo, Asesor independiente



ESTÁNDAR DE SUSTENTABILIDAD PARA LA INDUSTRIA DE CIRUELAS DESHIDRATADAS

Apoyado por:



Colaboran:



Se autoriza la reproducción parcial de la información aquí contenida, siempre y cuando se cite esta publicación como fuente.

Editoras:

Karina Orellana Moreina

Francisca Sepúlveda Olivares

Diseño y diagramación:

Cynthia Aguilera Fernández

2024

Dimensión **Ambiente**
Agua

**Guía para el uso
sustentable del agua**

Mario Wulf Cárdenas

Ingeniero Agrónomo

Asesor independiente

2024

Índice

Índice

Generalidades.....	5
1. Introducción.....	7
2. Gestionar los recursos hídricos en el huerto	10
A) Mapear la red.....	10
B) Origen del agua.....	11
C) Registrar el consumo de agua	11
D) Plan de gestión del recurso hídrico	13
E) Monitoreo de extracciones efectivas DGA	15
F) Huella Hídrica Norma ISO 14046	16
G) Roles de los colaboradores.....	17
3. Minimizar las pérdidas de agua por percolación, fugas o uso doméstico	18
A) Monitoreo en el cabezal de extracción de agua.....	19
B) Caudal.....	19
C) Presión.....	21
D) Minimizando pérdidas de agua.....	22
E) Señalética para Ahorro de Agua	24
F) Sistemas Automáticos de Corte de Agua	24
G) Protocolos de Ahorro de Agua	25
4. Minimizar los riesgos de contaminación de agua en el predio....	26
A) Contaminación	27
B) Posibles impactos de los contaminantes en la calidad del agua.....	27
C) Acciones	28

5. Monitorear y asegurar la calidad del agua utilizada	30
Calidad de agua	31
A) Requisitos químicos	31
B) Requisitos Bacteriológicos.....	32
6. Gestionar eficientemente el riego en el predio	33
A) Necesidades de riego	34
B) Medición de humedad de suelo y planta	37
C) Implementación de Riego Tecnificado	38
D) Evaluación de Uniformidad de Distribución	38
E) Mantenimiento de Equipos de Riego	40
7. Reutilizar el agua dentro de la planta	44
Conclusiones.....	48
Bibliografía	49

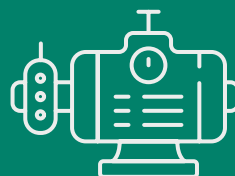
Generalidades

La Asociación Gremial Chileprunes, en conjunto con el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), ha diseñado y elaborado un estándar de sustentabilidad para el sector industrial de ciruelas deshidratadas, el cual se ha construido de manera participativa con todos los actores asociados a la cadena.

Esta guía tiene como propósito entregar contenidos para que las empresas de producción primaria y adecuación agroindustrial, puedan desarrollar acciones que les permitan realizar una manejo sustentable del agua.

Además, la guía pretende ser un marco de referencia que ayude a establecer un procedimiento que muchas veces se realiza, pero que puede estar invisibilizado, o que no cuenta con una estructura que le permita estar incorporado como un eje estratégico del negocio.

El documento muestra en primer lugar, temas generales relacionados con el uso eficiente del agua y, en segundo lugar, explica cómo llevar a cabo acciones concretas para alcanzar el estándar.



¿Por qué es fundamental la gestión del agua?

La importancia de la gestión del agua para la producción sustentable de ciruelas deshidratadas radica en:



1. Eficiencia en el uso del recurso hídrico

La producción de ciruelas deshidratadas requiere un uso intensivo de agua, por lo tanto, una gestión eficiente es fundamental para la sustentabilidad del negocio, especialmente en un contexto de creciente escasez hídrica. Esto implica implementar sistemas de riego tecnificado como el goteo o la microaspersión, que permiten un uso más preciso y controlado del agua. Dichas prácticas no sólo reducen el consumo de agua, sino que también mejoran la calidad y uniformidad de la fruta, optimizando el rendimiento del cultivo.



2. Cumplimiento normativo y acceso a mercados

La gestión sustentable del agua es cada vez más un requisito para acceder a mercados internacionales exigentes y el cumplimiento de normativas no sólo evita sanciones, sino que también es un factor diferenciador en mercados que valoran la producción responsable. Una gestión adecuada del agua, por lo tanto, se convierte en un pasaporte para acceder a mercados premium y obtener mejores precios por el producto.



3. Adaptación al cambio climático

El cambio climático altera los patrones de precipitación y aumenta la frecuencia e intensidad de eventos extremos como sequías y lluvias torrenciales, provocando que la gestión del agua sea aún más crítica para la resiliencia del sector. En consecuencia, estrategias como la cosecha de aguas lluvias, la recirculación de aguas de proceso, y la adopción de variedades de ciruelo más resistentes a la sequía, son fundamentales para asegurar la disponibilidad de agua a largo plazo. La capacidad de adaptarse a estas nuevas condiciones climáticas a través de una gestión inteligente del agua será clave para la sustentabilidad futura de la industria.



4. Impacto en la calidad del producto y eficiencia energética

Un manejo hídrico inadecuado puede llevar a problemas como el rajado de frutos, la proliferación de enfermedades fúngicas o la dilución de azúcares, lo que afecta directamente la calidad de la ciruela deshidratada. Por otro lado, el exceso de riego implica un mayor gasto energético en bombeo y en el proceso de deshidratación posterior. Se ha demostrado que un manejo de riego deficitario controlado puede reducir el consumo de agua hasta en un 30% sin afectar significativamente el rendimiento, y mejorando incluso la concentración de azúcares y la eficiencia en el proceso de secado, lo que se traduce en un ahorro de energía en la etapa de deshidratación y en una mejor calidad del producto final.

Introducción

1

1. Introducción

Esta guía apunta a relevar la importancia de la gestión eficiente del agua, la cual es fundamental en la producción frutícola por múltiples razones. En primer lugar, el agua es un recurso cada vez más escaso y costoso, por lo que su uso óptimo tiene un impacto directo en la rentabilidad. Además, el manejo adecuado del riego es clave para asegurar la productividad y calidad de la fruta, ya que tanto el exceso como la falta de agua, pueden generar efectos negativos en los cultivos.

Por otro lado, la agricultura es el mayor consumidor de agua dulce a nivel global, representando más del 70% del uso total. Con las proyecciones de incremento en la demanda de alimentos y el cambio climático, se anticipa un escenario de creciente estrés hídrico en muchas zonas productivas. Esto subraya la urgencia de adoptar prácticas de manejo sustentable del agua en el sector.

Entre las buenas prácticas para una gestión eficiente del agua destacan: el monitoreo permanente del sistema de riego y la detección oportuna de fugas, la estimación precisa de las necesidades de riego del cultivo, la modernización de los equipos de riego, la capacitación del personal, y la prevención de la contaminación de las fuentes de agua, entre otras medidas que se detallan en esta guía.



Gestionar los recursos hídricos en el huerto

2

2. Gestionar los recursos hídricos en el huerto

En el contexto de la gestión del agua, es crucial adherirse a principios directrices orientados hacia la sustentabilidad, persiguiendo prácticas para reducir el consumo de agua en actividades del riego, usos industriales y aplicar medidas de manejo efectivas.

Para lograr este objetivo es necesario considerar los siguientes puntos:

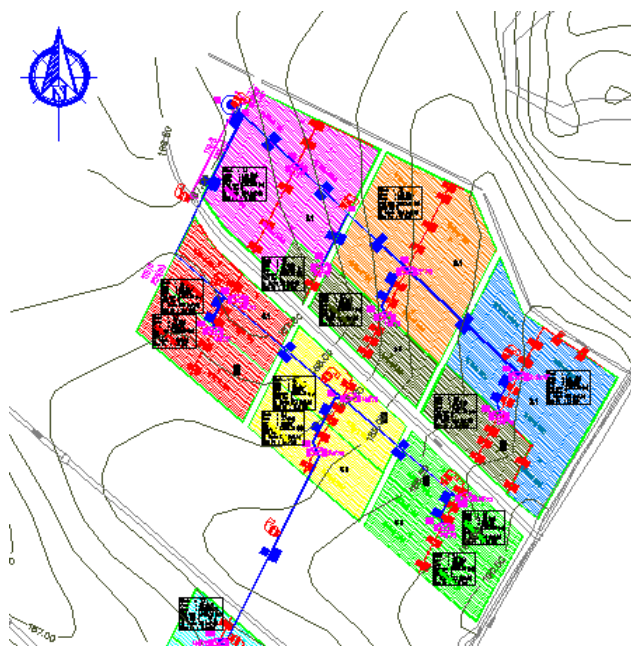
A) Mapear la red

Es muy útil tener claro en un mapa las redes, resaltar áreas propensas a fugas y pérdidas, e identificar dónde se pueden realizar mejoras. Esto será muy útil para todos los colaboradores, ya que los problemas se pueden resolver.

Los detalles deben incluir:

- Fuentes de agua.
- Cualquier sistema de tratamiento de agua.
- Número de medidores de agua (si los hay) y ubicación.
- Red de distribución y almacenamiento.
- Tipo de líneas de agua (PE, PVC, galvanizado, etc.).
- Ubicaciones de las válvulas.
- Líneas de agua enterradas, en la superficie o ambas.
- Tanque(s) de almacenamiento y capacidad.
- Sistema de alerta (por ejemplo, luz piloto, manómetro) para detectar una posible pérdida de agua.
- Donde se guarda el equipo para reparar fugas o reemplazar.

Figura 1. Plano líneas de conducción y válvulas



B) Origen del agua

Es fundamental tener claridad de la documentación legal pertinente que certifique sus derechos de uso del agua, tanto superficial como subterránea. Es esencial estar al tanto del caudal de agua autorizado por las autoridades competentes. Además, el productor debe asegurarse y ser capaz de demostrar que la extracción de agua se realiza conforme al caudal autorizado, garantizando así, el cumplimiento de las normativas vigentes y la sostenibilidad de los recursos hídricos.

C) Registrar el consumo de agua

El registro de consumo de agua es un proceso sistemático de medición y documentación del volumen de agua utilizado en las diferentes operaciones, ya sea en predio (agua de riego) como en el procesamiento de ciruelas deshidratadas. Debe incluir identificación de fuentes de abastecimiento y la categorización de los usos del agua dentro de la del predio o la planta.

Relevancia:

- Permite ajustar los regímenes de riego según las necesidades reales del cultivo.
- Permite identificar los puntos de mayor consumo de agua en el proceso productivo.
- Facilita la detección temprana de fugas o consumos anormales.
- Facilita la identificación de prácticas ineficientes de riego.
- Ayuda a planificar la disponibilidad de agua durante la temporada de crecimiento.

- Proporciona datos para calcular la productividad del agua (kg de ciruelas por m³ de agua).
- Ayuda a cumplir con regulaciones ambientales y requisitos de informes.
- Permite establecer metas realistas de reducción de consumo.

Para poder llevar un adecuado registro de consumo hídrico se deben tener en consideración los siguientes pasos:

EN PREDIO

Instrucciones:

1. Dividir el predio en sectores o cuarteles identificables.
2. Instalar medidores de flujo en los sistemas de riego.
3. Establecer un calendario de riego.
4. Registrar diariamente los datos de riego según el formato.
5. Calcular el volumen de agua aplicado multiplicando el caudal por el tiempo de riego.
6. Sumar los volúmenes diarios para obtener el acumulado mensual.

Ejemplo:

Fecha de riego	Sector o cuartel	Identificación					(T)	(Vd)	(Vt)
		Equipo de riego	Superficie regada diaria ha	Cultivo presente	Caudal del equipo litros/h	Precipitación del equipo mm/h	Tiempo de riego (horas)	Volumen de agua aplicado en el día litros/día (Q) x (T)	Volmen de agua acumulado a la fecha
15-01-24	1	Goteo	1	Ciruela	2.800	5	1	2.800	2.800
15-01-24	2	Goteo	1	Ciruela	2.800	5	1	2.800	5.600

EN PLANTA**Instrucciones:**

1. Identificar todas las fuentes de agua utilizadas en la planta.
2. Instalar medidores en cada fuente o punto de entrada de agua.
3. Registrar las lecturas de los medidores al inicio y final de cada mes.
4. Calcular el consumo restando la lectura inicial de la final.
5. Identificar el uso principal del agua de cada fuente en el proceso.
6. Llenar el formato mensualmente con los datos recopilados.

Ejemplo:

Mes: Junio 2024

Fuente	Uso en el proceso	Consumo (m ³)
Pozo	Lavado de ciruelas	1500
Red municipal	Sanitización de equipos	500
Aljibe	Riego de áreas verdes	200
TOTAL consumo		2200 m ³

D) Plan de gestión del recurso hídrico

El plan de gestión del recurso hídrico es un documento estratégico que establece objetivos, metas y acciones específicas para optimizar el uso del agua en toda la cadena de producción de ciruelas deshidratadas. Este plan debe incluir indicadores de eficiencia, metas cuantificables y propuestas de reducción de consumo.

Relevancia:

- Proporciona una hoja de ruta para la mejora continua en el uso del agua.
- Integra la gestión del agua en la planificación estratégica de la empresa.
- Permite cuantificar y comunicar los esfuerzos de sostenibilidad hídrica.
- Ayuda a identificar oportunidades de innovación en procesos y tecnologías de ahorro de agua.
- Contribuye a la resiliencia de la empresa frente a la escasez hídrica y el cambio climático.

Para poder generar un plan de gestión adecuado se sugiere incluir los siguientes puntos:

1. Establecer el indicador de eficiencia del uso del agua: El indicador de eficiencia es una medida que relaciona el volumen de agua utilizada con la cantidad de producto obtenido. Fórmula: m^3 de agua / kg de ciruela seca (o fresca). Para obtener este indicador se debe:

- Recopilar datos de consumo total de agua (en m^3) de todas las fuentes y procesos.
- Recopilar datos de producción total de ciruelas (en kg), ya sea secas o frescas.
- Dividir el consumo total de agua entre la producción total de ciruelas.

Ejemplo

Consumo anual de agua: 50,000 m^3

Producción anual de ciruelas secas: 500,000 kg

Indicador de eficiencia: $50,000 \text{ m}^3 / 500,000 \text{ kg} = 0.1 \text{ m}^3/\text{kg}$

2. Establecer una meta de eficiencia: La meta de eficiencia es el valor objetivo del indicador que la empresa se propone alcanzar en un plazo determinado. Para obtener esta meta se debe:

- Analizar el indicador actual de la empresa.
- Investigar metas actuales de la industria o mejores prácticas del sector.
- Considerar las mejoras tecnológicas y operativas factibles.
- Establecer una meta realista pero desafiante.

Ejemplo

Indicador actual: 0.1 m^3/kg

Meta de eficiencia: Reducir a 0.08 m^3/kg en un plazo de 2 años

3. Proponer un porcentaje de reducción del uso del agua: Es el porcentaje de disminución en el consumo total de agua que la empresa se compromete a alcanzar si no se cumple la meta de eficiencia. Para obtener este porcentaje se debe:

- Evaluar el desempeño histórico en reducción de consumo de agua.
- Analizar las oportunidades de ahorro identificadas en auditorías hídricas.
- Considerar las inversiones planificadas en tecnologías de ahorro de agua.
- Proponer un porcentaje de reducción anual.

Ejemplo

Propuesta de reducción: 5% anual del consumo total de agua

4. Desarrollo del plan completo: Una vez definidos los indicadores y metas, es requerido generar un plan de acción para poder cumplir con el objetivo en los plazos estipulados. Para poder generar una estrategia adecuada, se sugiere realizar una planificación que considere los siguientes puntos:

- a. Objetivos del plan, definiendo los objetivos generales y específicos.
- b. Presentar el indicador calculado, la meta establecida y el porcentaje de reducción propuesto, junto con su justificación.
- c. Acciones para alcanzar la meta, mediante un listado y descripción de las acciones concretas para mejorar la eficiencia.
- d. Cronograma de implementación que establezca plazos para cada acción propuesta.
- e. Recursos necesarios con la estimación de los recursos financieros y humanos requeridos.
- f. Monitoreo y evaluación que describa cómo se evaluará el progreso.

Este plan proporcionará una hoja de ruta clara para mejorar la gestión del recurso hídrico. Es importante que el plan sea revisado y actualizado regularmente (con una frecuencia anual) para asegurar su efectividad.

E) Monitoreo de extracciones efectivas DGA

El Sistema de Monitoreo de Extracciones Efectivas de Aguas (MEE), es una normativa que se está implementando a nivel nacional, tanto para aguas superficiales como subterráneas, con categorizaciones específicas basadas en el volumen de extracción y el tipo de derechos de aprovechamiento.

Para las aguas superficiales, regido por el Decreto MOP N°53, se establece que todos los titulares de derechos de aprovechamiento, tanto consuntivos como no consuntivos, deben instalar sistemas de medición para monitorear y reportar las extracciones a la Dirección General de Aguas (DGA).

Estos sistemas deben ser capaces de medir el flujo de agua extraída, y la selección del sistema de medición que depende del volumen de extracción. La normativa clasifica las extracciones en categorías según el caudal total autorizado, que van desde “Caudales Muy Pequeños” hasta “Mayor”. La transmisión de datos puede realizarse mediante formularios, archivos o de manera online. Los usuarios deben asegurarse de cumplir con las actualizaciones de información, la gestión de mediciones y la comunicación con la DGA, pues en caso de incumplimiento, deberán enfrentar multas.

Para las aguas subterráneas, la Resolución D.G.A. N° 1238 (Exenta) establece un sistema similar, donde se exige que los titulares de derechos de aprovechamiento registren sus extracciones en el Software D.G.A. La normativa clasifica las extracciones en categorías según el caudal total autorizado, que van desde “Caudales Muy Pequeños” hasta “Mayor”. Esto determina el tipo de sistema de medición y transmisión que los titulares deben instalar, variando desde sistemas básicos con flujómetros, hasta sistemas más avanzados equipados con sensores para la medición del nivel freático y almacenamiento de datos. La finalidad es garantizar una gestión eficiente y sostenible de los recursos hídricos a través de un monitoreo exhaustivo y el reporte preciso de las extracciones.

Este enfoque estratificado permite adaptar los requerimientos de monitoreo y reporte a la magnitud de las extracciones, tanto para aguas superficiales como subterráneas, promoviendo así una gestión hídrica responsable y adecuada a cada contexto específico.

F) Huella Hídrica Norma ISO 14046

La Norma ISO 14046 podría proporcionar una buena propuesta para dimensionar impactos de eficiencia hídrica. Esta norma otorga directrices y requisitos para la evaluación de la huella hídrica de productos, procesos y organizaciones. Esta norma forma parte de la serie de normas ISO 14000, enfocadas en la gestión ambiental.

Definición y Alcance:

La huella hídrica se define como una medida del consumo de agua y la contaminación asociada a un producto, proceso u organización, evaluada en términos de volumen de agua. La norma cubre todo el ciclo de vida del producto o proceso, desde la extracción de materias primas hasta la disposición final.

Metodología:

- **Inventario de Consumo y Emisiones de Agua:** Recolección de datos sobre el uso directo e indirecto de agua y las emisiones que afectan la calidad del agua.
- **Evaluación de Impactos:** Análisis de los impactos potenciales en la disponibilidad de agua, la calidad del agua y los ecosistemas acuáticos.
- **Interpretación:** Comprensión de los resultados del inventario y la evaluación de impactos para tomar decisiones informadas y mejorar la gestión del agua.

Categorías de Impacto:

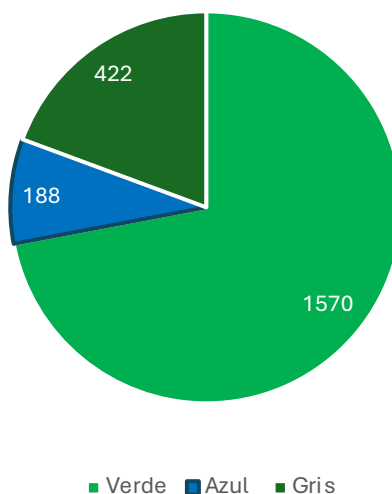
Esta metodología califica el agua según su origen.

- **Agua azul:** Esta categoría incluye el agua que se extrae para uso desde una fuente superficial y/o subterránea en riego agrícola, consumo humano, procesos industriales y otros usos directos.
- **Agua verde:** Agua verde es el agua de lluvia que se almacena en el suelo y se utiliza directamente por las plantas a través de la transpiración y evaporación.
- **Agua gris:** Agua gris se refiere al volumen de agua contaminada que resulta del uso de agua en procesos industriales, agrícolas o domésticos, y que requiere tratamiento para ser reutilizada o para ser vertida de manera segura en el medio ambiente.

En los estudios de Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2011), evaluaron varios cultivos, entre ellos la ciruela, obteniendo una huella hídrica consolidada de 2.180 m³/ton como media global.

Figura 2. Huella Hídrica ciruelas media global (m3/ton)

Huella hídrica media global (m3/ton)			
Verde	Azul	Gris	Total
1570	188	422	2180



La implementación de la Norma ISO 14046 en la producción frutícola de ciruelas y en las plantas de procesamiento permite identificar, evaluar y gestionar eficientemente el uso y la contaminación del agua. Esto no sólo mejora la sostenibilidad ambiental, sino que también, puede resultar en beneficios económicos a largo plazo mediante la optimización del consumo de agua y la reducción de costos de tratamiento de efluentes.

G) Roles de los colaboradores

¿Qué miembro del equipo es responsable de las tareas relacionadas con el agua? Ayuda a garantizar que las cosas se hagan con regularidad y que los esfuerzos de uso inteligente del agua funcionen sin problemas.

¿Cuál es el procedimiento para hacer frente a fugas y pérdidas? Permite definir procedimientos y planes de contingencia ante los problemas, para su correcta solución por parte del equipo de colaboradores. Un pizarrón con acciones y plazos funciona, la sabiduría rural dice que “si no está escrito, no sucede”.



Minimizar las pérdidas de
agua por percolación, fugas
o uso doméstico

3

3. Minimizar las pérdidas de agua por percolación, fugas o uso doméstico

A) Monitoreo en el cabezal de extracción de agua

Gestionar el agua implica conocer cuánta agua estamos consumiendo en los cultivos y contrastarla con la extracción de la fuente de agua. Esto nos ayudará a identificar oportunidades de mejora en el sistema de riego.

Por lo anterior, el monitoreo de los volúmenes de agua, la presión de operación y la energía utilizada, tienen una implicancia directa sobre el correcto abastecimiento de agua del cultivo, los costos de impulsión y el ahorro del recurso hídrico.

En el cabezal de extracción encontraremos los elementos básicos de impulsión y control del sistema, ya sea para riego o para los procesos de la planta, por ende, acá encontraremos la fuente de los datos para evaluar el desempeño buscado.

Qué medir en el cabezal

Esencialmente debemos evaluar en forma periódica:

- El caudal que estamos utilizando.
- La presión de operación.
- La potencia eléctrica que nos permitirá obtener el consumo.

Estos parámetros deben estar en orden al diseño del sistema, de lo contrario, serán una señal de malos desempeños con consecuencias a nivel productivo y/o aumentos de costos energéticos.

Tanto a nivel de planta como de huerto, debemos analizar los datos recopilados para identificar patrones de consumo y rendimiento de los litros utilizados. Tomar decisiones informadas basadas en estos análisis permite optimizar el uso del agua y la energía.

B) Caudal

Lo que queremos evaluar es el volumen de agua por unidad de tiempo, por lo que debemos entender cómo funcionan los totalizadores análogos.

Estos son contadores mecánicos, totalizadores del volumen de agua que fluye en el punto de control. Es decir, contabilizan el consumo del líquido totalizando el número de vueltas de una turbina cuando

el agua incide sobre ella. La velocidad de giro de la turbina depende del caudal de agua circulante en cada momento.

A continuación, un contador de volumen de agua de riego, donde podemos identificar algunos parámetros interesantes para la medición.

Figura 3. Esquema Contador de agua de riego

Especificaciones Metrológicas
Q₃, máximo caudal en donde el instrumento tiene una precisión dentro de rango.

Detector de fugas
Mientras más rápido gira, más alto el caudal



Totalizadores.

En este caso en distintos niveles de precisión. 10 m³, 1m³, 0,1 m³. En la imagen se indica 174.184,16 m³.

Registro y cálculo del caudal

El caudal de operación lo obtenemos registrando el volumen totalizado durante un periodo de tiempo superior a 60 min.

Ejemplo:

Lectura 1: 171.000 m³

Lectura 2: 171.500 m³

Tiempo de evaluación: 1 hora

$$\text{Caudal operación} = \frac{\text{Lectura 2} - \text{Lectura 1}}{\text{tiempo}}$$

$$\text{Caudal operación} = \frac{171.500 \text{ m}^3 - 171.000 \text{ m}^3}{1 \text{ hora}} = 500 \text{ m}^3/\text{hora}$$

Conversiones

Para realizar las conversiones a otras unidades, se multiplica por los factores propuestos en la siguiente tabla.

		Unidad deseada			
		m3/h	m3/s	Litros/h	Litros/s
Lectura	m3/h	1	0,000278	1.000	0,278
	m3/s	3.600	1	3.600.000	1.000
	litros/h	0,001	3,60	1	0,000278
	Litros/s	3,60	3,6	3.600	1

Se recomienda realizar este ejercicio en forma continua a través de la temporada, tal como lo sugiere el estándar de sustentabilidad.

C) Presión

La presión se mide en el manómetro a la salida de la bomba, como se mencionaba anteriormente, esta presión debe estar en línea con la presión de diseño del sistema de riego, por lo que debemos conocer de antemano ese valor para evaluar el desempeño.

Al realizar la lectura debemos asegurarnos en qué unidades vamos a registrar la presión.

Figura 4. Esquema manómetro



Aguja Indicadora

Escala de presión en Libras/ pulgadas² o psi.

Ej: 50,75 psi

Escala de presión Bar.

Ej: 3,5 bar

Conversiones

Para realizar las conversiones a otras unidades, se multiplica por los factores propuestos en la siguiente tabla.

		Unidad deseada			
		Psi	kPa	bar	mca
Lectura	Psi	1	6,9	0,069	0,69
	kPa	0,15	1	0,01	0,10
	Bar	14,5	100	1	10
	Mca	1,45	10	0,1	1

Se recomienda realizar este ejercicio en forma continua a través de la temporada tal como lo sugiere el estándar de sustentabilidad.

D) Minimizando pérdidas de agua

El suministro de agua es un componente vital, tanto a nivel de huerto como a nivel de proceso. Asegurarse de que los sistemas funcionen de manera eficiente puede ahorrar agua, tiempo y dinero.

Los siguientes consejos ayudarán a identificar oportunidades para reducir el uso del agua y mejorar la eficiencia.

Red de tuberías

En el campo nos encontraremos con diversas redes de agua de riego y abastecimiento de los distintos cuarteles, por lo que debemos tener presente que:

- Las líneas y conexiones de agua, viejas y/o de mala calidad tienen más probabilidades de romperse y tener fugas.
- Identificar las áreas problemáticas y marcar las ubicaciones de los puntos débiles en un mapa del campo.
- Es prudente tener un plan de reemplazo de aquellas secciones de tuberías más antiguas para ayudar a prevenir la pérdida de agua. Recuerde que el PVC se fragiliza con la exposición al sol.
- Reemplace las conexiones mal ajustadas para disminuir el riesgo de fugas.
- Releve la atención de estos problemas a todo el equipo de colaboradores.
- Las tuberías más superficiales corren un riesgo particular de sufrir daños. Marque las ubicaciones de estos puntos débiles en un mapa. Entierre las líneas más profundamente para protegerlas.
- Para evitar problemas donde las líneas de agua deben pasar por debajo de caminos, colóquelas dentro de una tubería rígida más grande para su protección.

Comprobación periódica de Líneas

La disponibilidad de agua tanto en oportunidad como en cantidad, es de suma importancia, por lo mismo, mantener la operatividad del sistema de riego es clave para un buen desempeño.

Para evitar pérdidas y/o un mal funcionamiento en general, se sugieren las siguientes acciones:

- Tener un sistema de control y mantenimiento de líneas, es muy útil un medidor de agua como control.
- Detección y plan de contingencia para reparar fugas, .
- Compromiso del todo el equipo de colaboradores.
- No es mala idea tener un kit básico de repuestos y herramientas en el vehículo, para la reparación inmediata de problemas sencillos.

Figura 5. Esquema Contador de agua de riego

Detector de fugas



Se estima que el 26% del agua potable almacenada se pierde por fugas. Esto provoca desperdicio de agua, áreas de inundaciones e incurre en costos adicionales de bombeo. Tener sistemas de detección de fugas ayuda a gestionarlas y reducir estos efectos.

Hay fugas y fugas, aquellas grandes a menudo se notan rápidamente y se reparan fácilmente, mientras que las fugas pequeñas, pasan desapercibidas durante mucho tiempo, drenado su bolsillo “literalmente”.

Fugas grandes

La detección temprana puede prevenir la pérdida excesiva de agua. Una comprobación regular de los medidores de agua con telemetría, es una medida preventiva muy útil. Si la fuga es en medio de la noche, cierre los grifos de los tanques de agua y trate la fuga en la mañana.

Otras formas de notar fugas grandes:

- Escuchar la bomba con bombeo excesivo.
- El flotador del tanque de almacenamiento consistentemente bajo.
- Baja presión del agua.

Fugas pequeñas

Las fugas pequeñas son de pequeño caudal y por lo mismo, no se detectan durante mucho tiempo. A menudo, sólo se detectan cuando se convierten en una fuga importante o en verano, cuando se notan manchas verdes en los predios. Si bien son fugas lentas, la cantidad de agua aumenta con el tiempo. Una de las mejores formas de detectar fugas lentas es tener un medidor de agua.

A manera de ejemplo, un orificio de 1 mm de diámetro en una presión de 1,5 bar genera una pérdida de 36 m³ en un mes.

Cuadro de pérdidas

Diámetro (mm)	Fuga (l/día)	Fuga (l/mes)
1	1.164	36.069
5	29.088	901.735
10	116.353	3.606.941

E) Señalética para Ahorro de Agua

La señalética para ahorro de agua es una forma fácil y simple de crear conciencia sobre el uso responsable del agua. Consiste en la colocación estratégica de carteles o avisos que promuevan prácticas de conservación del agua, en áreas de alto consumo. Esto reduce el consumo innecesario en zonas comunes y fomenta una cultura de sostenibilidad en la empresa.

Para el uso adecuado de las señaléticas es necesario:

- Identificar las áreas críticas de consumo de agua.
- Diseñar señalética clara y llamativa.
- Colocar los avisos en lugares visibles.
- Realizar mantenimiento regular de la señalética.
- Evaluar periódicamente su efectividad mediante encuestas o mediciones de consumo.

F) Sistemas Automáticos de Corte de Agua

Los sistemas automáticos de corte de agua son dispositivos que interrumpen el flujo de agua cuando no está en uso activo, ya sea por sensores de movimiento o temporizadores. Estos eliminan el sobre

consumo por olvido o mal cierre de llaves, reducen significativamente el consumo de agua en operaciones de limpieza y mejoran la eficiencia hídrica de la planta.

Ejemplo de implementación:

- Para mangueras de limpieza: Instalar pistolas de alta presión con corte automático.
- Para lavamanos: Implementar llaves con sensor de movimiento o temporizador.

G) Protocolos de Ahorro de Agua

Los protocolos de ahorro de agua son procedimientos estandarizados que optimizan el uso del agua durante etapas en las que el consumo de agua es elevado. Estos protocolos pueden ayudar a mantener la calidad del producto final y a reducir los costos de tratamiento de aguas residuales. Es importante identificar los puntos dentro del proceso productivo en los cuales el uso del agua es elevado, y a partir de ello generar protocolos personalizados. Las fases del proceso donde se identifican mayores porcentajes de uso de agua, es en el proceso de lavado de la fruta, limpieza de pisos y tiernizado. A continuación, se ejemplifican protocolos para el correcto uso del agua en los procesos de lavado de la fruta, limpieza de pisos:

Ejemplo de protocolo de lavado de fruta:

1. Analizar el proceso actual de lavado y medir el consumo de agua.
2. Inspección visual y remoción manual de impurezas grandes.
3. Prelavado por aspersion con agua reciclada y filtrada del proceso anterior.
4. Lavado principal con agua limpia en sistema de flujo continuo optimizado.
5. Enjuague final con agua potable en sistema de aspersion de alta eficiencia.
6. Recolección y filtrado del agua de lavado para su reutilización en el prelavado.
7. Implementar el protocolo y monitorear los resultados.

Ejemplo de protocolo de limpieza de suelos:

1. Identificar áreas donde se pueda implementar limpieza en seco.
2. Adquirir equipos de limpieza eficientes (mopas microfiber, máquinas de presión).
3. Barrido en seco para remover residuos sólidos.
4. Raspado de superficies con espátulas para remover residuos adheridos.
5. Aplicación de detergente en seco o mínima humedad.
6. Limpieza con mopa húmeda usando agua reciclada cuando sea posible.
7. Enjuague final con manguera de alta presión y bajo caudal.
8. Implementar un sistema de recolección y reutilización de aguas de limpieza cuando sea posible.

La aplicación de estas medidas no sólo reducirá el consumo de agua, sino que también, mejorará la eficiencia operativa y contribuirá a la sostenibilidad de la empresa. Es importante adaptar estas prácticas a las condiciones específicas de cada instalación y realizar un seguimiento continuo para asegurar su efectividad.



**Minimizar los riesgos de
contaminación de agua
en el predio**

4

4. Minimizar los riesgos de contaminación de agua en el predio

A) Contaminación

Dentro de los desafíos de la producción frutícola, destacan aspectos ambientales cruciales como lo es el uso del agua.

Los desafíos relacionados con el agua trascienden simples métricas de consumo; constituyen la preocupación principal dentro del ámbito global de la producción de alimentos frescos.

Cada producto consumido requiere una cantidad significativa de agua para su producción. A nivel global, la agricultura es el mayor consumidor de agua dulce, representando más del 70% del uso, con proyecciones de incremento en las extracciones de agua de al menos un 15% para el año 2050. Este aumento anticipa una futura crisis de estrés hídrico en diversas regiones, resultando en un incremento en el costo y restricciones en el acceso al agua, subrayando la importancia de un manejo hídrico responsable en el sector de productos frescos.

B) Posibles impactos de los contaminantes en la calidad del agua

- Pérdida local de especies de peces (los peces pueden verse afectados por el agua contaminada). Los vertidos y la escorrentía en ríos y arroyos, pueden ser letales para la vida acuática, dependiendo de la fuerza del tóxico y del tamaño del cauce, causando la muerte de peces.
- Pérdida local de especies de invertebrados (los contaminantes pueden ser particularmente letales para los invertebrados), por ejemplo, el kōura. Los invertebrados también son alimento para los peces, y las descargas persistentes que matan a los invertebrados, podrían obligar a los peces a viajar más lejos en busca de alimento y exponerlos a mayores riesgos y estrés.
- Disminución de los niveles de oxígeno disuelto (OD), los compuestos de desecho liberados en los cursos de agua, inician reacciones bioquímicas que consumen oxígeno mientras las bacterias de la corriente descomponen la materia orgánica (Demanda Biogeoquímica de Oxígeno, BOD). Los nutrientes en exceso también pueden llevar a floraciones de algas, y el oxígeno se consume cuando las algas mueren y se descomponen. Los peces “respiran” oxígeno a través de sus branquias; una disminución del oxígeno disponible (anoxia) en la columna de agua amenaza su capacidad para respirar, lo que los puede llevar a la muerte.

- Aumento de la turbidez y disminución de la claridad del agua, el agua puede volverse turbia o descolorida debido a la contaminación química, lo que reduce la capacidad de los peces para ver, cazar y detectar depredadores.
- Daños a las especies, la exposición repetida a dosis subletales de algunos contaminantes puede causar cambios fisiológicos y de comportamiento en los peces que tienen efectos a largo plazo en la población, como el éxito reproductivo reducido, el abandono de nidos y crías, una disminuida inmunidad a enfermedades, tumores y lesiones, deterioro del sistema nervioso central y un aumento del fracaso para evitar depredadores.
- Algunos contaminantes, como el mercurio, pueden bioacumularse en los tejidos animales y transmitirse a los consumidores humanos de los peces.

C) Acciones

a.- Para garantizar una gestión responsable del agua de riego y minimizar el riesgo de contaminación en las explotaciones agrícolas, es crucial realizar un análisis detallado de los posibles focos de contaminación. Este análisis debe identificar aquellos elementos o actividades dentro del predio que puedan impactar negativamente en canales, pozos y fuentes de agua de riego.

Entre los riesgos más comunes a considerar se incluyen:

- Derrames de petróleo durante la recarga de combustible en tractores y maquinaria.
- Ubicación de talleres de maquinaria respecto a los cursos de agua, para evitar contaminación directa.
- Ubicación de instalaciones sanitarias, como baños y sistemas de alcantarillado o pozos sépticos, que deben situarse lejos de fuentes de agua.
- Áreas de carga para equipos aplicadores de plaguicidas, las cuales deben ser diseñadas para evitar escurrimientos hacia fuentes de agua.
- Control de rebalses de plaguicidas, fertilizantes y otros productos químicos, para prevenir la entrada de estos contaminantes en el sistema de agua.
- Aplicación de fertilizantes de manera que no comprometa la calidad del agua.
- Ubicación de áreas de acopio de guano y otros insumos orgánicos, asegurándose de que no afecten negativamente a las fuentes hídricas.
- Manejo adecuado de caldos sobrantes de productos como plaguicidas y fertilizantes, mediante prácticas de fertirrigación que aprovechen estos residuos sin perjudicar el agua.
- Gestión de residuos sólidos y basuras, manteniéndolos alejados de las fuentes de agua para evitar contaminaciones.
- Las cantidades de fertilizantes a aplicar, deben ser calculadas técnicamente en función de las necesidades específicas del cultivo, asegurando que la aplicación se realice en el momento más oportuno para su desarrollo.

b.- A nivel de planta de proceso, el foco lo pondremos en las descargas como son:

- Agua Residual del Procesamiento de Frutas: El agua utilizada en el lavado y procesamiento de frutas puede contener residuos.
- Descarga de Efluentes: Efluentes industriales sin tratar o insuficientemente tratados pueden contener contaminantes químicos y biológicos que afecten la calidad del agua.
- Es esencial que todas estas áreas y actividades de riesgo sean ubicadas o reubicadas considerando factores como la pendiente del terreno, la distancia a las fuentes de agua y la existencia de barreras naturales o artificiales que puedan minimizar su impacto. La adopción de estas prácticas no sólo contribuye a la sostenibilidad ambiental, sino que también asegura la viabilidad a largo plazo de las actividades agrícolas en el predio.





**Monitorear y asegurar la
calidad del agua utilizada**

5

5. Monitorear y asegurar la calidad del agua utilizada

Calidad de agua

La calidad del agua para diferentes usos cumplir los estándares de la norma chilena 1.333, la cual fija los límites máximos para los diferentes parámetros considerados como requisito en función del uso como agua. Para más detalles podemos acceder a la norma en el instituto nacional de normalización, www.inn.cl, pero los principales estándares evaluados son:

A) Requisitos químicos

Acidez- Alcalinidad: 6 - 9 pH.

Concentraciones máximas de elementos.

Elemento		Unidad	Límite máximo
Aluminio	(Al)	mg/l	5,0
Arsénico	(As)	mg/l	0,1
Bario	(Ba)	mg/l	4,00
Berilio	(Be)	mg/l	0,10
Boro	(B)	mg/l	0,75
Cadmio	(Cd)	mg/l	0,010
Cianuro	(CN ⁻)	mg/l	0,20
Cloruro	(Cl ⁻)	mg/l	200,00
Cobalto	(Co)	mg/l	0,050
Cobre	(Cu)	mg/l	0,20
Cromo	(Cr)	mg/l	0,10
Fluoruro	(F ⁻)	mg/l	1,00
Hierro	(Fe)	mg/l	5,00
Litio	(Li)	mg/l	2,50
Litio (cítricos)	(Li)	mg/l	0,075
Manganeso	(Mn)	mg/l	0,20
Mercurio	(Hg)	mg/l	0,001
Molibdeno	(Mo)	mg/l	0,010
Níquel	(Ni)	mg/l	0,20
Plata	(Ag)	mg/l	0,20
Plomo	(Pb)	mg/l	5,00
Selenio	(Se)	mg/l	0,020
Sodio porcentual	(Na)	%	35,00
Sulfato	(SO ₄ =)	mg/l	250,00
Vanadio	(V)	mg/l	0,10
Zinc	(Zn)	mg/l	2,00

Conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos

Clasificación	Conductividad específica, c, μ mhos/cm a 25°C	Sólidos disueltos totales, s, mg/l a 105°C
Agua con la cual generalmente no se observarán efectos perjudiciales	$c \leq 750$	$s \leq 500$
Agua que puede tener efectos perjudiciales en cultivos sensibles	$750 < c \leq 1\,500$	$500 < s \leq 1\,000$
Agua que puede tener efectos adversos en muchos cultivos y necesita de métodos de manejo cuidadosos	$1\,500 < c \leq 3\,000$	$1\,000 < s \leq 2\,000$
Agua que puede ser usada para plantas tolerantes en suelos permeables con métodos de manejo cuidadosos	$3\,000 < c \leq 7\,500$	$2\,000 < s \leq 5\,000$

B) Requisitos Bacteriológicos

El contenido de coliformes fecales en aguas de riego destinadas al cultivo de verduras y frutas a ras de suelo y que habitualmente se consumen crudas, debe ser menor a 1.000 coliformes fecales/100 ml.



**Gestionar eficientemente
el riego en el predio**

6

6. Gestionar eficientemente el riego en el predio

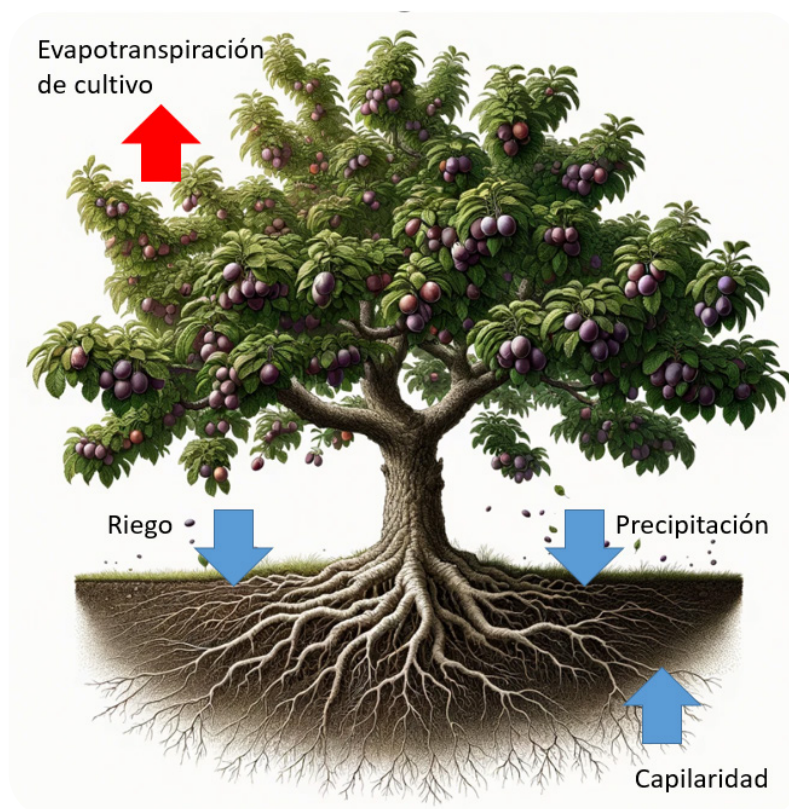
A) Necesidades de riego

La estimación de las necesidades de agua en los sistemas de riego por goteo, es clave por el limitado papel que juega el suelo como reserva de agua. La estimación de las necesidades es una herramienta de gestión para estimar la cantidad de agua que requiere una explotación. Esta puede ser calculada en un arreglo diario, semanal mensual y anual, de ser necesario.

Las necesidades de agua como lo indica el nombre, es una relación de ingresos y egresos de agua no muy distinto al balance de su cuenta corriente en el banco, donde tenemos una entrada de acuerdo a las precipitaciones, eventos de riego, agua por capilaridad y la variación del agua acumulada en suelo y, un consumo por parte del cultivo en forma de evapotranspiración.

Para efectos prácticos despreciaremos la capilaridad y la variación de humedad a nivel de suelo. En la siguiente figura se esquematiza la intuición del balance con sus entradas y salidas en un cultivo bajo riego.

Figura 6. Necesidades netas hídrico



Esencialmente, este balance de necesidades es la herramienta que utilizamos para la programación del riego. Las definiciones sobre la programación de riego se pueden encontrar en diversos documentos del portal Chile agrícola.

Ecuación de balance hídrico

$$\text{Necesidades netas} = PP - ETc \times Fl + (Cap + \Delta \text{ Suelo})$$

Necesidades netas = Demanda de agua del cultivo.

PP = Precipitación efectiva durante el periodo.

Factor Localización

ETc = Evapotranspiración de cultivo durante el periodo.

Factor de Localización= La fracción de área sombreada con respecto al marco de plantación.

Cap + Δ Suelo = Capilaridad y Variación humedad suelo.

Necesidades netas

Es la aplicación del riego pero en forma de lámina de neta, es decir, la lámina bruta corregida por la eficiencia de aplicación del sistema. Como el sistema se diseña para una lámina bruta máxima, este será el límite de aplicación de agua.

Precipitación efectiva

Una parcialidad de la precipitación como agua lluvia queda disponible en el suelo, por lo que a esta fracción la denominamos efectiva. Hay varias formas de cuantificarlas, pero la precipitación efectiva oscila en el 70% de la precipitación mensual.

Evapotranspiración de cultivo

Demanda de agua de las plantas que conjuga un componente ambiental (ETo) y características propias del cultivo, como su estado fenológico (Kc) ponderado por un Factor de localización. El Eto o evapotranspiración de referencia, se puede obtener de estaciones climatológicas de la red INIA.

Capilaridad y variación del contenido de humedad suelo

Agua que ingresa por capilaridad y la variación de la humedad de suelo, este valor supondremos que es igual a cero.

Esta necesidad neta requerida para el cultivo la corregiremos como una necesidad total a través de la eficiencia de aplicación, que en el caso del riego por goteo es de un 90%.

Ejemplo:

Vamos a evaluar el comportamiento del balance hídrico en un cultivo de ciruelos en un marco 5x3,5 la región de O'Higgins. Para ello contamos con las precipitaciones y evapotranspiración mensual y supondremos un riego por goteo con un 90% de eficiencia de aplicación y factor de localización 1.

$$\text{Necesidades totales} = \frac{PP - ET_c \times Fl}{Ef\%}$$

Obviamente, si las precipitaciones efectivas superan la demanda de agua del cultivo, la lámina de riego no es necesaria.

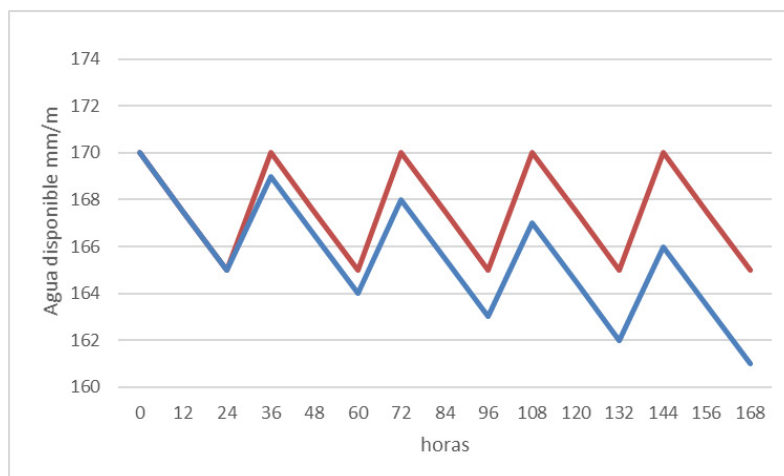
Cálculo del balance hídrico Estación INIA Región O'Higgins.

Mes	Precipitación mm	Precipitación efectiva mm	Eto mm	Kc	Etc mm	Balance mm	Necesidades totales 5 x 3,5 l/árbol/mes
Ene	22,6	15,8	151,3	0,7	105,9	-90,1	1.752
Feb	0,8	0,6	121,9	0,7	79,2	-78,7	1.530
Mar	0,2	0,1	56,6	0,4	22,6	-22,5	438
Abr	12,2	8,5	57,2	0,4	22,9	-14,3	279
May	10,8	7,6	33,3	0,4	13,3	-5,8	112
Jun	109,9	76,9	22,3	0,4	8,9	68,0	
Jul	64,2	44,9	26,0	0,4	10,4	34,5	
Ago	77,6	54,3	41,3	0,4	16,5	37,8	
Sept	16,1	11,3	49,8	0,4	19,9	-8,7	168
Oct	2,4	1,7	78,8	0,6	47,3	-45,6	887
Nov	0,4	0,3	101,1	0,9	85,9	-85,7	1.666
Dic	0,1	0,1	139,4	0,9	125,5	-125,4	2.438
Total	317,4	222,1	879,0		558,4	-336,3	9.268

Comportamiento del agua disponible

Al implementar un sistema de riego por goteo de alta frecuencia, es crucial asegurar una reposición completa de la humedad del suelo para satisfacer las necesidades del cultivo durante la punta de temporada, cuando el riego diario es imprescindible. Un manejo de riego óptimo, que repone el 100% de la demanda diaria del cultivo, se traduce en un patrón representado por una línea roja en la figura 7, indicando una hidratación adecuada. En contraste, un riego deficiente que no logra cubrir completamente la demanda de evapotranspiración del cultivo, resulta en una disminución progresiva de la disponibilidad de agua en el suelo, ilustrada por la línea azul en la figura 7. Este déficit hídrico genera estrés en el cultivo, llevando a consecuencias negativas sobre la producción, que pueden manifestarse en una reducción del rendimiento y de la calidad de los productos agrícolas.

Figura 7. Comportamiento del agua disponible, riego adecuado



B) Medición de humedad de suelo y planta

Para obtener un producto de calidad, la medición precisa de la humedad del suelo y de la planta se ha convertido en una práctica fundamental para la optimización del riego. Este enfoque técnico ha transformado la manera en que los agricultores manejan sus huertos, permitiendo una gestión hídrica más eficiente y precisa.

Calicatas

Una calicata es una excavación de profundidad variable que permite la observación directa del perfil del suelo para evaluar sus características físicas, incluyendo el nivel de humedad. Este tipo de evaluación proporciona información crucial sobre la distribución de la humedad en el perfil del suelo y ayuda a determinar la profundidad efectiva de las raíces y la penetración del agua de riego. Por otra parte, permite ajustar los tiempos y volúmenes de riego de manera más precisa. Para realizar una correcta medición de humedad con calicata se debe:

- Seleccionar puntos representativos del huerto para realizar las calicatas.
- Excavar hasta una profundidad de al menos 1 metro o hasta encontrar una capa limitante.
- Examinar y registrar las características del suelo a diferentes profundidades.
- Evaluar visualmente o mediante tacto el nivel de humedad en cada capa.
- Documentar los hallazgos en un registro de calicatas.

Tecnología avanzada

También se pueden realizar mediciones de humedad con tecnología avanzada. Esta práctica implica el uso de instrumentos especializados como los que se detallan a continuación:

- **Sondas de capacitancia:** Estas sondas transmiten datos continuos a una estación central, proporcionando una imagen en tiempo real del contenido de agua en el suelo. Se instalan en

puntos estratégicos del huerto, generalmente a diferentes profundidades para capturar el perfil hídrico completo del suelo.

- **Tensiómetros:** Se utiliza para medir el potencial hídrico del suelo. Estos dispositivos, instalados a la profundidad de las raíces activas de los ciruelos, típicamente entre 30 y 60 centímetros, ofrecen lecturas que indican la fuerza con la que el suelo retiene el agua
- **Bombas de presión (Scholander):** Este instrumento mide la presión necesaria para forzar el agua fuera de una hoja cubierta. Las mediciones se realizan típicamente al mediodía, cuando el estrés hídrico es máximo, y valores por debajo de -1.5 MPa pueden indicar un estrés hídrico significativo en ciruelos.

Estos equipos proporcionan datos precisos y continuos sobre el estado hídrico del suelo o la planta, permitiendo una programación del riego basada en datos objetivos y facilitando la detección temprana de estrés hídrico en los árboles. Para realizar este tipo de mediciones se debe tener en consideración:

- Instalar los dispositivos de medición en lugares representativos del huerto.
- Calibrar los equipos según las instrucciones del fabricante.
- Establecer un cronograma regular de lecturas.
- Registrar las mediciones y cualquier observación relevante.
- Utilizar los datos para ajustar los programas de riego según sea necesario.

C) Implementación de riego tecnificado

El riego tecnificado se refiere a sistemas de irrigación que aplican el agua de manera controlada y eficiente, como el riego por goteo o microaspersión. Este tipo de riego aumenta significativamente la eficiencia en el uso del agua, permite una distribución uniforme del agua en el huerto y facilita la aplicación precisa de fertilizantes (fertirriego).

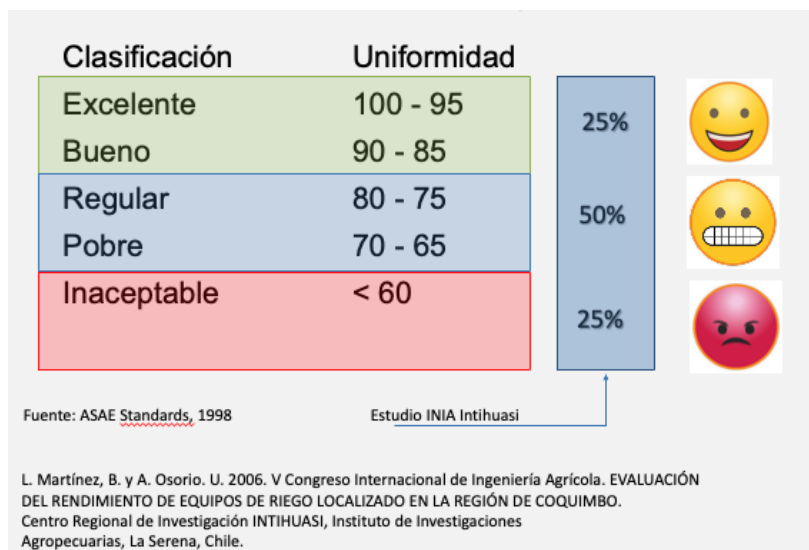
Adicionalmente, existen nuevas alternativas de sistemas de riego que permiten aumentar la eficiencia en el uso del recurso. El riego subterráneo es un sistema donde las líneas de goteo se entierran a cierta profundidad, aplicando el agua directamente en la zona radicular. Esta tecnología reduce significativamente la evaporación del agua, minimiza el crecimiento de malezas superficiales y permite una absorción más eficiente del agua por las raíces.

D) Evaluación de uniformidad de distribución

La uniformidad de distribución es una medida de qué tan uniformemente el sistema de riego aplica el agua en toda el área regada. Se expresa como un porcentaje, donde 100% sería una distribución perfectamente uniforme. Mantener una adecuada uniformidad del sistema de riego permite asegurar que todas las plantas reciban la cantidad adecuada de agua, identificar áreas problemáticas en el sistema de riego y

mejora la eficiencia general del uso del agua en el huerto. Se espera que un sistema de riego en buenas condiciones posea al menos un 85% de uniformidad, tal como lo indica la siguiente figura 8:

Figura 8. Escala de uniformidad



La fórmula más comúnmente utilizada para estimar la uniformidad de riego, en sistemas de riego tecnificado, es la Uniformidad de Distribución (UD), según la siguiente fórmula:

$$UD = (\bar{X} \text{ lq} / \bar{X}) * 100$$

Donde:

UD = Uniformidad de Distribución (expresada en porcentaje)

$\bar{X} \text{ lq}$ = Media del 25% de las observaciones más bajas

$\bar{X}$ = Media de todas las observaciones

Para realizar este cálculo se deben llevar a cabo los siguientes pasos:

1. Se seleccionan varios emisores (goteros o microaspersores) distribuidos uniformemente en el área de riego.
2. Se mide el caudal de cada emisor durante un tiempo determinado (por ejemplo, 5 minutos).
3. Se calcula el coeficiente de uniformidad utilizando la fórmula estándar.
4. Si el coeficiente es menor al 85%, se implementan medidas correctivas (como limpieza de emisores, ajuste de presiones, etc.).
5. Se registran los resultados y las acciones tomadas en el registro.

Esta evaluación debe realizarse al menos una vez por temporada, idealmente antes del inicio del período de mayor demanda hídrica del cultivo.

E) Mantenimiento de equipos de riego

Para asegurar una adecuada eficiencia y uniformidad de riego, es requerido generar mantenciones del sistema de riego de manera periódica. El mantenimiento de equipos de riego implica la revisión periódica y reparación de los componentes del sistema para asegurar su funcionamiento óptimo. Esta acción previene fallas que podrían resultar en pérdidas de agua o distribución desigual, además de prolongar la vida útil de los equipos.

Los principales puntos de control para la mantención preventiva de los sistemas de riego son los siguientes¹:

Fuente de agua

RECOMENDACIÓN

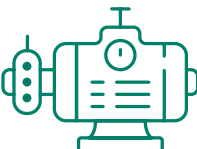
La fuente de agua debe estar **libre de algas, restos vegetales, botellas, plásticos** o algún elemento que pueda obstruir el ingreso del agua a la tubería de succión. Tampoco debe haber residuos sólidos de pequeño tamaño en el fondo del estanque como es arena fina o limo.

Bombas

RECOMENDACIONES GENERALES

Comprobar que la lectura de presión de la bomba coincida con las especificaciones del diseño.	Revisar todas las conexiones eléctricas, incluida la tensión (voltaje), en el tablero eléctrico.	Comprobar que la lectura de presión del aceite en el motor de la bomba y el número de RPM coincidan con las instrucciones del fabricante del motor.	Ajustar firmemente todas las conexiones de la bomba.	Limpiar la bomba y comprobar la ausencia de fugas de aceite y otros líquidos.	Lubricar todas las piezas móviles de la bomba.	Comprobar que el sonido que genera la bomba sea el habitual.
--	---	--	---	--	---	---

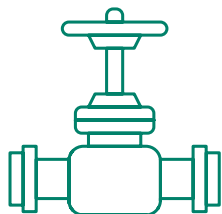
RECOMENDACIONES POR TIPO DE BOMBA

BOMBAS HORIZONTALES	BOMBAS VERTICALES	BOMBAS SUMERGIBLES
 ✓ Comprobar la hermeticidad del pistón. ✓ Ajustar los tornillos de la bomba. ✓ Revisar las juntas y sustituirlas si es necesario.	 ✓ Comprobar el buen funcionamiento del vástago que conecta el motor con la bomba vertical. ✓ Lubricar con la máxima frecuencia posible todas las piezas móviles de la bomba y del motor.	 ✓ Cotejar el juego (espacio libre, luz) del impulsor con las especificaciones del manual y ajustar si es necesario. ✓ Reemplazar la junta y el vástago si se observan rasguños o a la primera señal de desgaste. ✓ La bomba debe estar, al menos, medio metro sobre el fondo del estanque.

¹ IICA (2024). Programa de Mantención Preventiva de Equipos de Riego. (s.f.). Fichas Digital 2 (1) [PDF].

Válvulas

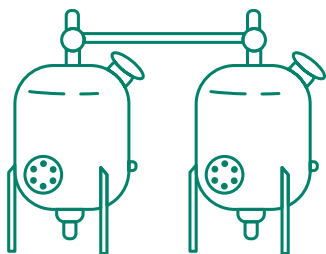
RECOMENDACIONES GENERALES



- ✓ **Comprobar** regularmente el correcto funcionamiento de las válvulas de apertura y cierre.
- ✓ **Comprobar** el cierre firme y perfecto.
- ✓ **Es necesario** realizar limpieza y chequeos periódicos de los orificios, filtros y membranas de las válvulas solenoides.
- ✓ **En válvulas eléctricas**, asegurarse que la señal eléctrica que la abre o la cierra, sea la indicada por el fabricante.

Filtros

RECOMENDACIONES FILTROS DE ARENA



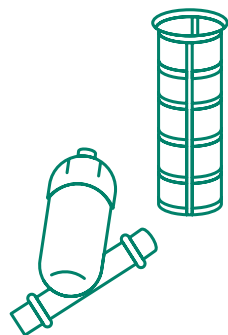
DURANTE LA TEMPORADA

- ✓ **Realizar** retrolavado cuando la diferencia de presión entre los manómetros ubicados antes y después del filtro es mayor a 5 mca. Los retrolavados pueden ser muy frecuentes, esto dependerá de la calidad del agua de riego.

AL FINAL DE LA TEMPORADA

- ✓ **Desmontar** completamente el filtro para sacar toda la arena y barro atrapado, y, cambiar la arena si se encuentra muy redondeada (cada 2 a 3 temporadas de riego).
- ✓ **Lavar** el filtro con cloro para prevenir el desarrollo de materia orgánica que puede acumularse en la arena.
- ✓ **Lubricar** todos los tornillos y tuercas.

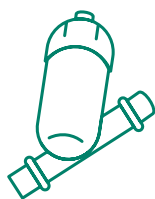
RECOMENDACIONES FILTROS DE MALLA



- ✓ **Generalmente** son autolimpiantes, por lo que sólo requieren que al final de la temporada se desmonten completamente para revisar estado de la malla, estado de las gomas y "Oring", daños del sistema de escáner, entre otros.
- ✓ **Lavar** con agua y detergente para evitar la corrosión.

- ✓ **Esperar** a que las partículas de suciedad se hayan asentado en el fondo del filtro antes de abrirlo y de extraer la malla.
- ✓ **Comprobar** la integridad de la malla.
- ✓ **Limpiar** el filtro con un cepillo suave para no dañar la malla.
- ✓ **Sumergir** la malla en una solución ácida para eliminar los depósitos de suciedad.
- ✓ **Lubricar** los tornillos para evitar la corrosión.

RECOMENDACIONES FILTROS DE ANILLAS



✓ **Generalmente** cuentan con proceso automático de limpieza. Al final de la temporada deben desmontarse completamente, para revisar especialmente el estado de las anillas.

✓ **Revisar** la junta entre ambas partes del cuerpo del filtro al desmontarlo y antes de reensamblarlo.

✓ **Comprobar** el correcto funcionamiento del comando automático de retrolavado después de cada limpieza.

✓ **Limpiar** el filtro de control instalado en la entrada del controlador de retrolavado.

✓ **Liberar** la presión retenida en el cuerpo del filtro antes de abrirlo.

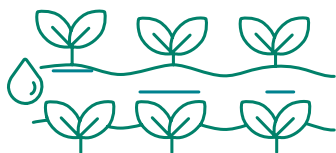
✓ **Lavar los discos:**

- ✓ Desensamblar los ejes del eje del disco.
- ✓ Examinar los discos y reemplazar los que estén torcidos.
- ✓ Lavar los discos con un chorro de alta presión, en dirección tangencial al eje.
- ✓ Si se observan depósitos de agroquímicos en las ranuras, remojar los discos en una solución de ácido clorhídrico y enjuagarlos bien con agua limpia.
- ✓ Reensamblar los discos en el eje y luego en el filtro, cerrar y ajustar el cuerpo del filtro. Comprobar que la pérdida de carga no sobrepase los 2 mca.

En caso de contar con riego superficial (surcos o tazas)



RECOMENDACIONES GENERALES PARA RIEGO SUPERFICIAL



- ✓ **Remover** de los surcos/tazas la acumulación de sedimentos que trae en suspensión el agua de riego.
- ✓ **Controlar** las malezas que crecen en los surcos/tazas.
- ✓ **Se recomienda** durante el riego o una vez concluido este, detectar sectores que no se encuentren bien nivelados, de manera que antes de proceder al próximo riego se realicen los movimientos de suelo y retoques necesarios para corregir los niveles.

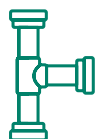
En caso de contar con riego tecnificado (goteo o microaspersión)

RECOMENDACIONES GENERALES PARA RIEGO TECNIFICADO



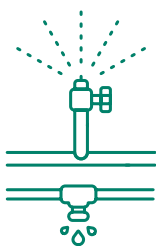
- ✓ **Activar** el sistema de riego y caminar a lo largo de los laterales, comprobando visualmente el funcionamiento de los goteros/aspersores.
- ✓ **Comprobar** el funcionamiento de los primeros goteros/aspersores.
- ✓ **Revisar** que la presión en el extremo de la línea sea la requerida por la programación del sistema.
- ✓ **Abrir** los extremos de línea, una vez al mes, con el sistema en funcionamiento, para arrastrar toda la suciedad acumulada.
- ✓ **Abrir** simultáneamente las válvulas instaladas en los extremos de la línea principal y secundaria.
- ✓ **Lavar** los laterales abriendo un número limitado de laterales.

LAVADO DE TUBERÍAS PRINCIPALES Y SECUNDARIAS



- ✓ **Hacer** un lavado después de limpiar los filtros, para lo cual se requiere una velocidad de flujo de agua mínimo de 1 m/seg.
- ✓ **Llenar** las tuberías con agua y elevar la presión a la requerida por la programación del sistema.
- ✓ **Abrir** las válvulas en los extremos de línea y dejar que el agua salga hasta que esté completamente limpia.

LAVADO DE TUBERÍAS DE GOTERO/ASPERSIÓN



- ✓ **La velocidad** del agua recomendada para el lavado eficiente de las tuberías es de 0,5 m/seg.
- ✓ **Abrir** los extremos de línea uno por uno.
- ✓ **Para** llegar a la presión necesaria para lavar las tuberías, debe abrirse parte de los extremos de línea a la vez.
- ✓ **Dejar** que el agua corra por unos minutos y, cuando salga clara, ir cerrando los extremos de línea uno por uno.
- ✓ **En caso de** haber obturaciones por precipitación de carbonatos, aplicar ácido sulfúrico (H₂SO₄) 36 N o fosfórico (H₃PO₄) 45N.
- ✓ **En caso de** obturaciones por algas u otras sustancias biológicas, aplicar cloro o biocidas de alta concentración.



Reutilizar el agua dentro
de la planta

7

6. Reutilizar el agua dentro de la planta

En respuesta a la grave situación de escasez hídrica que afecta a Chile, se han implementado nuevas regulaciones para promover la gestión sostenible del agua. El reciente Decreto 40, publicado el 9 de mayo de 2024, establece un reglamento para las condiciones sanitarias básicas para la reutilización de aguas grises. Estas pueden ser tratadas y reutilizadas de manera segura, proporcionando una fuente adicional y sostenible de agua para el riego agrícola. Esta puede ser una oportunidad para buscar proteger la salud pública para también apoyar a los agricultores en la implementación de prácticas más eficientes y sostenibles en el uso del agua. A continuación, les presentamos un resumen detallado de los aspectos clave del Decreto 40 y cómo pueden beneficiarse de estas nuevas regulaciones en sus actividades agrícolas e industriales asociadas.

¿Qué son las Aguas Grises?

Las aguas grises son aguas residuales domésticas que provienen de lavabos, duchas, tinas de baño y lavaderos, excluyendo las aguas negras que contienen excretas. La reutilización de estas aguas puede ser una excelente opción para el riego agrícola, siempre y cuando se sigan las regulaciones sanitarias establecidas.

Por ejemplo a nivel industrial y agrícola podemos clasificar como aguas grises:

- a) Aguas de Lavabos y Duchas: Aguas utilizadas en baños y vestuarios del personal.
- b) Aguas de Lavanderías: Aguas utilizadas en la limpieza de uniformes y ropa de trabajo.
- c) Aguas de Limpieza General: Aguas utilizadas para la limpieza de pisos y superficies que no contienen residuos peligrosos.
- d) Aguas de Refrigeración No Evaporativa: Aguas utilizadas en sistemas de enfriamiento donde no hay contacto con productos industriales ni contaminantes.
- e) Aguas de Equipos de Aire Acondicionado: Condensados de unidades de aire acondicionado que pueden ser capturados y reutilizados.

Autoridades y Responsabilidades

Las Secretarías Regionales Ministeriales de Salud (Seremi de Salud) serán las encargadas de aprobar los proyectos, autorizar el funcionamiento y fiscalizar los sistemas de reutilización de aguas grises. Esto garantiza que los sistemas operen de manera segura y eficiente, protegiendo la salud de todos.

Diseño y Construcción de los Sistemas

1. **Independencia de Redes:** Los sistemas de reutilización de aguas grises deben ser completamente independientes de las redes de agua potable y de aguas lluvias. Esto evita cualquier riesgo de contaminación cruzada.

2. **Protección de las Plantas de Tratamiento:** Las plantas deben estar equipadas con dispositivos de seguridad para evitar el contacto de personas y animales con el agua tratada. Además, los estanques de almacenamiento deben tener tapas y ventilación adecuada para prevenir la entrada de insectos y roedores.
3. **Estanques de Almacenamiento:** Los estanques deben tener una capacidad adecuada y estar equipados con sistemas de desbordamiento y limpieza. También deben estar señalizados claramente como “Agua No Potable” para evitar su uso indebido.

Operación y Mantenimiento

1. **Manual de Operación:** Cada sistema debe contar con un manual que describa los procedimientos de operación y mantenimiento, asegurando su correcto funcionamiento.
2. **Capacitación del Personal:** El personal encargado de la operación y mantenimiento de los sistemas, debe recibir capacitación adecuada. Esto incluye conocimientos sobre el manejo del sistema, control de calidad del efluente y riesgos para la salud asociados al manejo inadecuado de las aguas grises.
3. **Monitoreo y Control:** Es obligatorio realizar un monitoreo regular de la calidad del agua tratada y mantener registros detallados de los resultados. Esto ayuda a asegurar que el agua reutilizada cumpla con los estándares sanitarios.

Usos Permitidos para las Aguas Grises Tratadas

El reglamento especifica diversos usos para las aguas grises tratadas, entre los cuales se incluyen:

1. **Riego Urbano y Recreativo:** Áreas verdes públicas, jardines, y campos deportivos.
2. **Riego Ornamental e Industrial:** Jardines de instalaciones industriales y procesos industriales no relacionados con alimentos.
3. **Riego Silvoagropecuario:** Cultivos agrícolas, viveros, cultivos de flores y praderas. Esto incluye el riego de especies arbóreas o arbustivas frutales, cereales, cultivos industriales y producción de semillas.

Con respecto a este punto la utilización se circunscribe en:

- **Cultivos No Comestibles:** Las aguas grises tratadas son adecuadas para el riego de cultivos no comestibles, como plantas ornamentales, flores, céspedes y árboles no frutales. Esto incluye áreas verdes, jardines y praderas.
- **Cultivos Industriales y Forestales:** Pueden usarse en cultivos destinados a la producción de fibras, bioenergía, y otros productos no alimentarios. También son adecuados para el riego de especies arbóreas y arbustivas utilizadas en reforestación y producción forestal.
- **Cultivos Comestibles con Precauciones:** Para cultivos comestibles, se deben seguir estrictas

medidas de seguridad. Por lo general, las aguas grises tratadas no se recomiendan para riego de cultivos que se consumen crudos, especialmente aquellos donde la parte comestible está en contacto directo con el suelo o el agua de riego.

Pueden ser utilizadas en cultivos de frutales y otros cultivos donde la parte comestible no tiene contacto directo con el agua tratada, siempre y cuando, se cumplan los estándares de calidad y se asegure que el tratamiento del agua elimina los patógenos y contaminantes.

Prohibiciones Específicas

No deben utilizarse en cultivos destinados a la producción de alimentos para el consumo humano directo sin procesamiento, como hortalizas y frutas que se comen crudas.

Está prohibido el riego con aguas grises tratadas en cultivos de hojas verdes, tubérculos y raíces comestibles que se consumen crudos.

Calidad del Agua Tratada

La calidad del agua tratada debe ser acorde al uso previsto. Por ejemplo, para el riego agrícola, se deben controlar parámetros como los coliformes fecales y la demanda bioquímica de oxígeno, asegurando que el agua no represente un riesgo para la salud humana ni para los cultivos.

Sanciones y Cumplimiento

Las infracciones a las disposiciones del reglamento serán sancionadas por la Seremi de Salud, conforme a lo establecido en el Código Sanitario. Es fundamental cumplir con todas las regulaciones para evitar sanciones y garantizar la seguridad y eficiencia del sistema.

Conclusiones

Esta guía establece un marco robusto y esencial para la gestión sostenible del agua en la producción de ciruelas deshidratadas. A través de la implementación de prácticas eficientes y la optimización del uso del recurso hídrico, se puede garantizar no sólo la sostenibilidad ambiental sino también, la viabilidad económica a largo plazo de la industria.

La gestión eficiente del agua, desde la minimización de pérdidas y la mejora en la calidad del agua hasta la reutilización de aguas residuales tratadas, es crucial en un contexto de creciente escasez hídrica y cambio climático. La adopción de tecnologías avanzadas de riego, el monitoreo constante y un manejo adecuado de los recursos hídricos no sólo cumplen con las normativas ambientales, sino que también, posicionan a las empresas del sector como líderes en sostenibilidad y responsabilidad ambiental.

Este enfoque integral y participativo es vital para enfrentar los desafíos futuros, promoviendo un uso racional del agua que respalde tanto la producción agrícola como la preservación de los ecosistemas.

En conclusión, esta guía es una herramienta fundamental para avanzar hacia una gestión hídrica más eficiente y sostenible en la industria de las ciruelas deshidratadas.

Bibliografía

ChileGAP. (2017). Buenas Prácticas de Sustentabilidad ChileGAP.

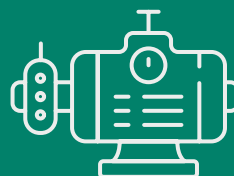
https://www.asoex.cl/images/documents/guiasBPA/guia_sus_eng_217.pdf

Dirección General de Aguas. Documentos sobre control de extracciones. Ministerio de Obras Públicas, Gobierno de Chile. <https://dga.mop.gob.cl/controlExtracciones/Paginas/documentos.aspx>

Environmental Protection Agency. (2012). 2012 guidelines for water reuse. U.S. Environmental Protection Agency. <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi?Dockkey=P100FS7K.txt>

Instituto Nacional de Normalización. (1987). NCh1333-1978: Modificación 1987. Calidad del agua para diferentes usos. https://ciperchile.cl/pdfs/11-2013/norovirus/NCh1333-1978_Mod-1987.pdf

Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2011). The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(5), 1577-1600. <https://doi.org/10.5194/hess-15-1577-2011>





www.ciruelacertificada.cl