

Universidad de Valparaíso
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil Industrial



**Desarrollo de un Sistema de Gestión del Recurso Hídrico en Aguas
CCU-Nestlé Chile S.A. Planta Cachantun**

Por

**Alexis Alejandro Díaz Jara
Ricardo Enrique Segovia Cofré**

Trabajo de Título para optar al Grado de
Licenciado en Ciencias de la Ingeniería y título de
Ingeniero Civil Industrial

Prof. Guía Fernando Crespo Romero

Enero, 2014

Agradecimientos

A mi familia por su entrega, comprensión e incondicional apoyo.

A las personas y familia que conocí durante esta hermosa etapa.

A mi compañero de Universidad, de Memoria y amigo, Ricardo Segovia.

A mis padres, de los que estaré eternamente orgulloso y agradecido.

A quienes hoy me acompañan

Alexis Díaz J.

Me gustaría que estas líneas sirvieran para expresar mi más profundo y sincero agradecimiento a todas aquellas personas que con su ayuda han colaborado en la realización de este trabajo.

A mis padres Guillermo Segovia y Carmen Cofré, y hermanos Paola, Karin, y Guillermo, por el apoyo intelectual y emocional que me han proporcionado. Y a mis sobrinos Josue y Emilia, por brindarme energía y amor incondicional.

A mi compañero y amigo Alexis, porque sin el equipo que formamos no hubiéramos logrado esta meta.

Ricardo Segovia C.

Índice

Lista de Abreviaturas y Siglas	6
Lista de Tablas.....	8
Lista de Figuras	10
Resumen	12
1. Introducción	14
Identificación y planteamiento del problema	15
2. Objetivos.....	16
Objetivo General	16
Objetivos Específicos.....	16
3. Marco Teórico.....	17
3.1 Demanda Mundial de agua embotellada.	17
3.2 Demanda Nacional de agua embotellada.	17
3.3 Mercado Nacional de agua embotellada.	18
3.4 Aguas CCU-Nestlé Chile S.A.	19
3.5 Marco Jurídico del agua en Chile.....	20
3.5.1 Funciones del Estado	20
3.5.2 Instituciones	21
3.5.3 Organismos del Estado	21
3.5.4 Organizaciones de Usuarios.....	21
3.5.5 Código de Aguas 1981	22
3.5.6 Decreto 106.....	23
4. Antecedentes generales de la empresa.....	24
4.1 Descripción de Planta Cachantun.....	24
4.1.1 Productos.	24
4.1.2 Líneas de Producción.....	24
4.2 Descripción del proceso productivo.....	25
4.2.1 Descripción genérica.....	25
4.2.2 Procesos por línea de producción	29
5. Desarrollo del trabajo.....	35

5.1 Manejo de agua en Planta Cachantun	35
5.1.1 Ingresos de agua al proceso.	35
5.1.2 Distribución del agua.	35
5.1.3 Uso y descargas de agua.	38
5.2 Estimación de la producción.	40
5.3 Estimación de la demanda.....	42
5.3.1 Vertiente 1.....	42
5.3.2 Vertiente 2.....	44
5.4 Oferta de agua	46
5.5 Comparación entre la oferta y la demanda de agua	46
5.5.1 Vertiente 1.....	47
5.5.2 Vertiente 2.....	47
5.6 Balance de agua general.....	48
5.7 Estimación de pérdidas.....	50
5.8 Simulación del recorrido del agua.....	50
5.8.1 Definición del problema, objetivos y metas.	50
5.8.2 Modelo conceptual del sistema.	50
5.8.3 Programación en ARENA.	51
5.8.4 Resultados de la simulación.....	52
5.8.5 Validación del modelo.	52
5.9 Propuesta de reducción del consumo.	53
5.9.1 Política de uso responsable del agua.....	53
5.9.2 Orientación estratégica de la política de uso del agua	53
5.9.3 Capacitación a trabajadores	55
5.9.4 Distribución esperada del agua con la implementación de las propuestas	57
5.9.5 Resumen de las propuestas	62
5.9.6 Ahorro esperado por cada artefacto propuesto	64
5.10 Simulación de la propuesta.	67
5.10.1 Resultados de la simulación.....	68
6. Evaluación de la propuesta	70

6.1 Valorización de la propuesta	70
6.1.1 Cambio de artefactos eficientes	70
6.1.2 Instalación de reutilización de pérdidas	71
6.2 Ahorro	72
6.3 VAN	73
6.3.1 Variación del VAN a distintas tasa de descuento	74
7. Conclusión	75
Bibliografía	77
Anexo 1: Grado de utilización del agua de producto (Agua de V2).	78
Anexo 2: Descripción de artefactos eficientes propuestos.	81
Anexo 3: Evaluación económica sin considerar el ahorro equivalente.	83
Anexo 4: Plano circuito de cañerías para recirculación de las pérdidas.....	85

Lista de Abreviaturas y Siglas

\$:	Pesos
\$/m ³ :	Pesos por metro cúbico
μ :	Micrómetro
cc. :	Centímetros cúbicos
CO ₂ :	Dióxido de Carbono
HI :	Hectólitro
Kg. :	Kilógramo
lt. :	Litro
lt/min :	Litros por minuto
lt/seg :	Litros por segundo
m. :	Metros
m ³ :	Metros cúbicos
N° :	Número
O ₂ :	Ozono
ppm :	Partes por millón
seg. :	Segundos
ANBER :	Asociación Nacional de Bebidas Refrescantes
CCU :	Compañía de Cervecerías Unidas
CIP :	Limpieza 'in situ'
CNR :	Comisión Nacional de Riego
CONAMA :	Comisión Nacional del Medio Ambiente
CT :	Correas transportadoras
DBO :	Demanda biológica de oxígeno
DFL :	Decreto con fuerza de ley
DGA :	Dirección General de Aguas
DOH :	Dirección de Obras Hidráulicas
DR :	Dirección de Riego
DS :	Decreto Supremo
Fig. :	Figura
Lav3 :	Lavadora de la línea de producción 3
Ltda. :	Sociedad Limitada
MOP :	Ministerio de Obras Públicas
PET :	Tereftalato de Polietileno
ph :	Potencial de Hidrógeno
PTAS :	Planta de tratamiento de aguas servidas
RILES :	Residuos industriales líquidos
S.A. :	Sociedad Anónima
SISS :	Superintendencia de Servicios Sanitarios
UNESCO :	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

Unid. : Unidad
UV : Ultravioleta
v/s : Versus
V1 : Vertiente 1
V2 : Vertiente 2
VAN : Valor Actual Neto
WC : Baños

Lista de Tablas

Tabla 1: Normativa Nacional relacionada con el agua.....	22
Tabla 2: Cuadro comparativo Líneas de producción.....	24
Tabla 3: Cantidad de producto (HI) elaborado por Cachantun.....	40
Tabla 4: Pronóstico de producción.....	41
Tabla 5: Media del error “Pronóstico de producción”.....	41
Tabla 6: Volumen extraído desde vertiente 1.....	42
Tabla 7: Volumen extracción vertiente 1 pronosticado.....	43
Tabla 8: Media del error “Volumen extracción vertiente 1 pronosticado”.....	43
Tabla 9: Volumen extraído desde vertiente 2.....	44
Tabla 10: Volumen extracción vertiente 2 pronosticado.....	45
Tabla 11: Media del error “Volumen extracción vertiente 2 pronosticado”.....	45
Tabla 12: Límite de extracción por vertiente.....	46
Tabla 13: Estimación de los flujos de agua.....	49
Tabla 14: Comparación situación actual y resultados simulación.....	52
Tabla 15: Distribución de las cantidades (hectólitros) actuales de las dos vertientes.....	55
Tabla 16: Distribución actual del agua.....	57
Tabla 17: Distribución del agua tomando en cuenta la neutralización de las pérdidas.....	58
Tabla 18: Distribución del agua con la propuesta de cambio a artefactos más eficientes.....	58
Tabla 19: Distribución del agua cambiando a artefactos más eficientes y anulando las pérdidas.....	59
Tabla 20: Distribución del agua cambiando a artefactos eficientes, neutralizando las pérdidas y generando conciencia de ahorro.....	60
Tabla 21: Distribución del agua reutilizando las pérdidas generadas en las máquinas llenadoras.....	60

Tabla 22: Distribución del agua cambiando a artefactos eficientes, neutralizando las pérdidas, generando conciencia de ahorro y reutilizando las pérdidas de las máquinas llenadoras	61
Tabla 23: Comparación alternativas de ahorro I	62
Tabla 24: Comparación alternativas de ahorro II	63
Tabla 25: Ahorro esperado por cambio de llaves de lavaplatos	64
Tabla 26: Ahorro esperado por cambio de llaves de lavamanos	64
Tabla 27: Ahorro esperado por cambio de llaves de duchas	65
Tabla 28: Ahorro esperado por cambio de estanques de inodoros	65
Tabla 29: Ahorro esperado por cambio de llaves de urinarios	66
Tabla 30: Comparación entre resultados de la simulación de la propuesta y los resultados esperados	68
Tabla 31: Variación entre datos de la simulación de la situación actual versus datos de la simulación de la propuesta	69
Tabla 32: Resumen del ahorro esperado de los artefactos y el monto de la inversión que se debe realizar	70
Tabla 33: Inversión Instalación de reutilización de pérdidas	71
Tabla 34: Ahorro esperado	72
Tabla 35: Ahorro costo energético por concepto de bomba	72
Tabla 36: Evaluación Económica de la alternativa	73
Tabla 37: Variación del VAN en función de la Tasa de descuento	74
Tabla 38: Detalle de artefactos eficientes propuestos	81
Tabla 39: Evaluación económica de la alternativa sin considerar el ahorro equivalente	83
Tabla 40: Variación del VAN en función de la Tasa de descuento	84

Lista de Figuras

Fig. 1: Ventas en el mercado nacional.....	18
Fig. 2: Estructura de la Compañía	19
Fig. 3: Proceso general	25
Fig. 4: Diagrama de elaboración de la bebida	26
Fig. 5: Proceso línea 1	29
Fig. 6: Proceso línea 2	30
Fig. 7: Proceso línea 3	31
Fig. 8: Proceso línea 4	32
Fig. 9: Proceso línea de bidones	33
Fig. 10: Proceso línea de botellones	34
Fig. 11: Circuito de agua obtenida desde vertiente 1	36
Fig. 12: Circuito de agua obtenida desde vertiente 2	37
Fig. 13: Esquema Planta tratamiento de aguas servidas.....	39
Fig. 14: Esquema planta de tratamiento de RILES	39
Fig. 15: Gráfico pronóstico de la producción.....	42
Fig. 16: Gráfico pronóstico de la extracción vertiente 1	44
Fig. 17: Gráfico pronóstico de la extracción vertiente 2	46
Fig. 18: Oferta v/s demanda de vertiente 1.....	47
Fig. 19: Oferta v/s demanda de vertiente 2.....	47
Fig. 20: Balance general de agua.....	48
Fig. 21: Programación en ARENA situación actual.....	51
Fig. 22: Programación en ARENA alternativa propuesta	67
Fig. 23: Variación del VAN en función de la Tasa de descuento	74

Fig. 24: Variación del VAN en función de la Tasa de descuento84

Resumen

El agua, como recurso natural esencial para la vida, debe gestionarse bajo principios que garanticen la sostenibilidad de sus aprovechamientos actuales y futuros. En el mercado de las aguas embotelladas, el principal recurso es el agua, por lo que el foco de atención está puesto en ella.

En Aguas CCU-Nestlé Chile S.A. Planta Cachantun, en el año 2011 se extrajo desde sus dos vertientes, ubicadas en la comuna de Coinco en la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins, 280.000 m³ y se espera que para el año 2014 esa cifra sobrepase los 320.000 m³.

El cambio en los procesos y la percepción de este recurso por parte de los mismos trabajadores integrantes de la empresa, constituyen una herramienta fundamental para lograr la sostenibilidad del recurso hídrico.

El presente Trabajo de Título ha tenido por objetivo proponer un diseño para generar una política de uso responsable del agua. Entendiéndose como uso responsable, el ocupar estrictamente la cantidad necesaria de agua para las actividades que se llevan a cabo, evitando así el desperdicio de ésta.

Actualmente en la empresa, el único registro de consumo que poseen es de la extracción desde ambas vertientes, lo que limita el manejo que puedan tener sobre ésta. Es por esto que se debió hacer estimaciones para determinar el consumo de agua que ocurría en cada uno de los procesos.

Una vez determinados los flujos de agua, se identifican aquellos en los que se puede intervenir directamente y aquellos que pueden ser utilizados en otros procesos. Los flujos que se pueden intervenir directamente son los del casino y los baños del personal, y el que se puede recircular para otros usos es el de las pérdidas producidas en las máquinas llenadoras de las líneas de producción.

En cuanto a la intervención directa, se propone minimizar las pérdidas por problemas de infraestructura, con el cambio de los artefactos de baños y casino, como llaves de duchas, urinarios, lavamanos y lavaplatos y el cambio de estanques de los sanitarios, y el desperdicio generado por el mal uso que los trabajadores le dan al agua, estableciendo los lineamientos estratégicos que se deben seguir como la creación de una nueva cultura, con el fin de inducir conductas y actitudes de los trabajadores en su relación con el aprovechamiento del agua.

Luego de introducir todo lo antes mencionado a la empresa, se podría generar un ahorro en la extracción de la vertiente 1 de aproximadamente 77,4%, cerca de un 77,8% también en el tratamiento de aguas servidas, y un 43% en el tratamiento de los RILES. En números, el ahorro en la extracción llegaría en 2014 a 102.328m³, y en el tratamiento de RILES y aguas servidas, de 70.923m³ y 24.149m³ respectivamente.

El costo equivalente, es decir, si el agua necesaria para el proceso la empresa debiese comprarla, el ahorro asciende a \$46.224.663, y de electricidad, por concepto de bombas, \$4.195.451, ambos datos para el año 2014.

Algunos temas no desarrollados en este trabajo, que se podrían evaluar a futuro, sería el reutilizar el agua proveniente de la lavadora de la línea 3, donde se lavan y enjuagan los envases de vidrio, en otros procesos. Además, se podría evaluar la factibilidad química y económica de recircular el agua para enjuague del saneado de fin de semana y cambio de formato, en donde a través de un sistema de válvulas para el desvío del agua se podría procesar esta agua de menor contaminación o contenido químico para su posterior reutilización.

1. Introducción

Hoy por hoy tendríamos agua suficiente para abastecer a 6.000, 7.000 y 8.000 millones de personas, pero el reparto del agua es muy desigual y depende de la región geográfica de la que se trate. Por otro lado, desperdiciamos demasiada agua. En algunas partes del mundo el agua es tan barata, que no importa el ahorro. Únicamente el 0,4% del total del agua global está disponible para los seres humanos.

Los períodos de sequía que se suceden naturalmente en muchas partes del mundo, son hoy más agresivos. Eso significa, que un país puede llegar a perder hasta un 5% de su producto interno bruto por causa de la sequía.

No basta solamente con gestionar la distribución del agua, es preciso también administrar la demanda. El reto consiste en reducir la demanda aumentando al mismo tiempo el rendimiento mediante iniciativas de reutilización de agua, protección de las fuentes de suministro, entre otras. Así, las empresas poco a poco han comenzado a incluir dentro de sus operaciones procesos de ahorro de agua, sobre todo las empresas cuyo principal recurso es ésta, y dónde cualquier desperdicio del mismo conlleva pérdidas económicas.

En el caso de Aguas CCU-Nestlé Chile S.A. Planta Cachantun el consumo de agua ha ido en constante aumento. El mercado del agua embotellada en Chile se ha duplicado con respecto a hace cinco años y las proyecciones para los próximos años se espera que sean similares, pues el nivel de consumo per cápita a nivel internacional es mayor al de Chile, por lo que el agua que se requerirá seguirá aumentando.

En el año 2011 se extrajo desde las dos vertientes que posee la empresa cerca de 280.000 m³ y se espera que para el próximo año sobrepase los 320.000m³.

Con el objetivo de prevenir el aumento sostenido y disminuir los costos asociados al recurso, en el presente trabajo se mostrará una propuesta para la empresa que consiste en el establecimiento de una política de uso responsable del agua.

Identificación y planteamiento del problema

El agua dulce es un recurso natural único y escaso, esencial para la vida y las actividades productivas, y por tanto directamente relacionado con el crecimiento económico.

La disponibilidad de agua dulce en el mundo es limitada. Por ejemplo, según los antecedentes que han sido expuestos en la Dirección General de Aguas, las precipitaciones actuales en comparación con las del año anterior en la provincia de Cachapoal (donde se encuentra la planta) presentan un déficit del 38%. Lo que lleva a pensar que con el tiempo, el seguir con la extracción de agua de la vertiente mediante el sistema actual sobrepasará a lo que ésta pueda ser capaz de aportar.

Actualmente la empresa no posee un manejo del agua que utiliza en la planta. Esto se ve reflejado en que sólo se limitan a medir o llevar un registro del agua extraída desde sus vertientes. Además no existe conciencia ni mayor cuidado en el uso del agua por parte del personal, que se puede notar en que dejan las llaves de los lavamanos y duchas abiertas, o existen llaves en mal estado, que provocan pérdidas considerables al estar gran cantidad de horas desperdiciando agua. Y es por esto mismo que el personal directivo ha ido tomando preocupación sobre cómo lograr llevar el control del recurso.

El agua que es extraída actualmente de las vertientes se utilizan para el producto y para otros fines, como en servicios sanitarios (baños y duchas del personal), casino de la planta, y riego de jardines. Por lo que el agua que puede ser utilizada para el producto final, se está utilizando en actividades que no requieren de agua de alta calidad.

La proporción en el consumo de agua ha aumentado aproximadamente un 5%. Para el año 2010, por cada litro de agua producido, se ocupó 2,13 lt en promedio, y en el año 2011, para el mismo litro de agua producido, se necesitó de 2,24 lt. esta diferencia significa que en 2011 se consumió 135.704 Hl de más, lo que equivale al volumen de producción en el mes de mayor demanda.

Por otro lado, el utilizar gran volumen de agua trae consigo gasto por el tratamiento, tanto en el inicio como al final del proceso, un gran gasto energético por concepto de utilización de las bombas de extracción, y por consiguiente gasto en el mantenimiento de dichas bombas, puesto que el mantenimiento de éstas se hace por horas de servicio.

2. Objetivos

Objetivo General

Proponer un diseño para generar una política para lograr sostenibilidad del recurso hídrico procurando el mejor uso del agua de la vertiente.

Objetivos Específicos

- Analizar el proceso.
- Determinar el consumo del recurso hídrico.
- Pronosticar la demanda de agua y determinar la oferta de agua.
- Estimar el volumen de agua recuperable.
- Establecer propuestas referentes a cómo disminuir el nivel de consumo de agua.
- Seleccionar y evaluar económicamente la propuesta.

3. Marco Teórico

3.1 Demanda Mundial de agua embotellada.

Un claro aumento arrojan las cifras manejadas en la industria de los bebestibles, ya que en la última década los niveles de producción se han duplicado, como así lo anuncian estudios de diferentes firmas de análisis de mercado.

Según estudios realizados por la UNESCO en los años setenta, el volumen anual de agua embotellada y comercializada era de 1.000 millones de litros, posteriormente el consumo de aguas embotelladas alcanzó cifras cercanas a los 84.000 millones de litros a finales de la década del 90'.

Luego entre los años 1999 a 2004, el consumo global de agua embotellada creció de unos 118.000 millones de litros a unos 182.000 millones de litros.

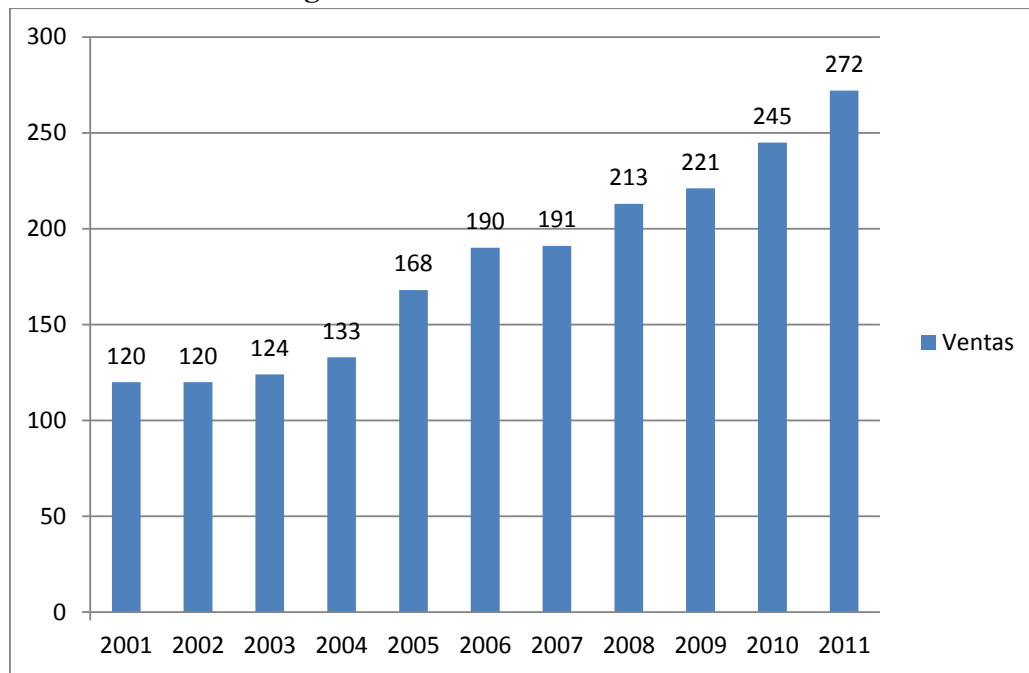
En la actualidad se habla de un consumo mundial superior a los 250.000 millones de litros, el que varía según la fuente, pero los estudios se asemejan en cuanto a que el consumo tiene directa relación con la riqueza, educación y calidad del agua municipal o potable de cada región o territorio. Un estudio realizado por la firma internacional de estudios de mercadería Euromotor, refleja que los países que tiene mayor consumo de aguas embotelladas son los de Europa occidental como Italia, Alemania, Francia y España, y además de México que presenta cifras similares. También afirma que los mercados que más crecen son los de Asia y el Pacífico.

3.2 Demanda Nacional de agua embotellada.

Según estudios realizados por la firma internacional Euromonitor, el consumo de agua embotellada por parte de los habitantes chilenos aun es bajo comparado con el promedio mundial, pero si tiene relación en cuanto ha seguido la misma tendencia positiva.

Así lo reflejan los estudios realizados por la firma, en donde el consumo por habitante en el año 2010 fue de 13,6 litros anual, mientras que en lo que va del año se estima que el consumo sea de 19 litros por persona.

Tendencia que de igual forma se ve demostrada en estudios realizados por la asociación nacional de bebidas refrescantes, que demuestra, como en el siguiente gráfico el aumento en el consumo nacional por el agua embotellada.

Fig. 1: Ventas en el mercado nacional

**Datos en millones de litros. Fuente: www.ccu.cl.*

Como se puede extraer del gráfico anterior, en los dos últimos años, las ventas en millones de litros en el mercado nacional ha aumentado por cifras cercanas al 11%, lo que indica la adhesión que está teniendo el consumidor nacional por estos productos.

3.3 Mercado Nacional de agua embotellada.

Las tendencias de salud y bienestar buscada por los habitantes chilenos, han motivado el crecimiento en la demanda de alimentos y bebestibles con menores contenidos de azúcares y calorías, lo que se ha demostrado por un reciente estudio realizado por ANBER, donde afirma una tendencia positiva en las ventas de estos productos, ventas que principalmente provienen de la variada oferta en distintos formatos y sabores producida por Aguas CCU - Nestlé Chile SA, la empresa conjunta de CCU y Nestlé, que según un estudio de la firma internacional de estudios de mercado Euromitor, la organización cubrió el 52% de las ventas de aguas embotelladas en el año 2011. La compañía es propietaria de la marca más fuerte en el mercado, Cachantun (49% del mercado), que ha sido utilizado como marca paraguas para competir en la mayoría de las categorías, es decir, Cachantun Más, Más Mujer y otras marcas como Pure Life y Porvenir.

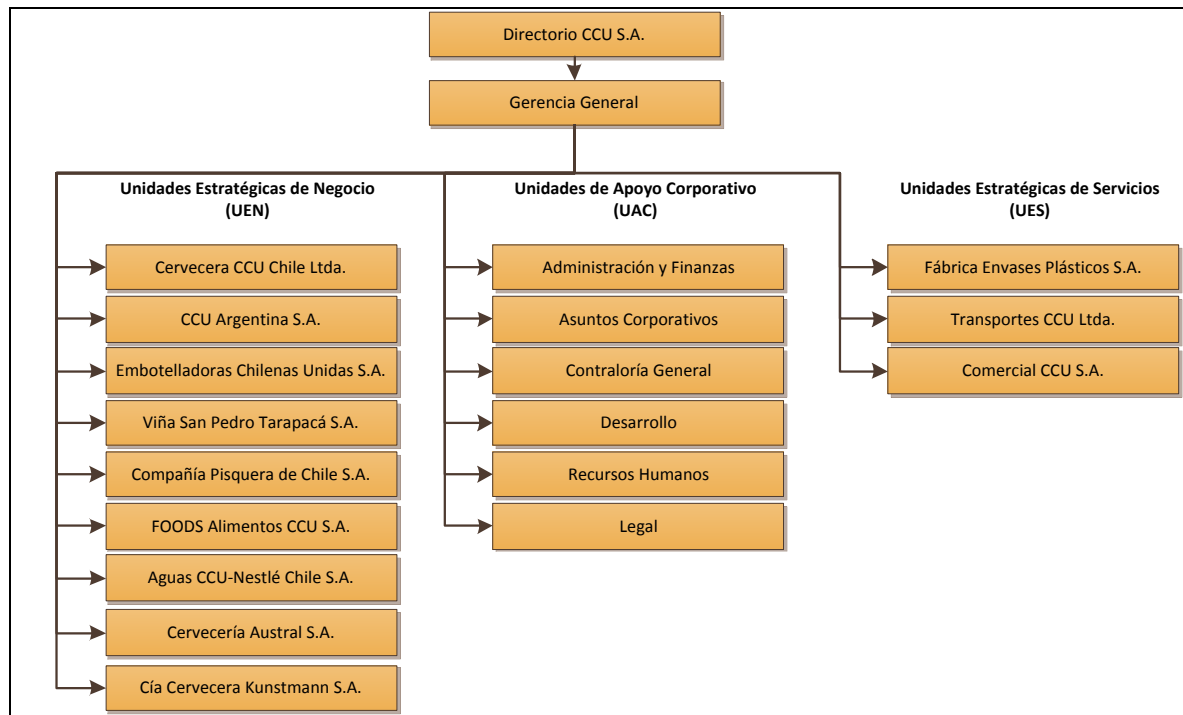
El otro gran participante del mercado de aguas embotelladas en Chile, es Embotelladora Andina, que posee tres fuertes marcas dentro de los paladares chilenos, como lo son Vital, Benedictino y Dasani, y en especial esta última, por incluir el concepto de bebestibles saborizados muy demandados últimamente por el consumidor. Este último

participante según el mismo estudio realizado por la firma internacional Euromonitor, tiene una participación cercana al 30% de las ventas del mercado.

3.4 Aguas CCU-Nestlé Chile S.A.

CCU es una compañía de bebestibles y confites con operaciones, principalmente, en Chile y Argentina. En el año 2007, se asocia con Nestlé Waters Chile, dando origen a CCU-Nestlé Chile S.A., encargada de la producción y distribución del agua embotellada.

Fig. 2: Estructura de la Compañía



Fuente: www.ccu.cl.

Aguas CCU-Nestlé está ubicada en la comuna de Coinco, específicamente en el sector de Copequén, en la Región de O'Higgins, a unos 30 kilómetros al suroeste de Rancagua. En esta área se encuentra la fuente de agua mineral Cachantun que comenzó a ser explotada en 1920 y adquirida por CCU en 1960.

3.5 Marco Jurídico del agua en Chile

Desde sus inicios el marco jurídico del agua ha estado relacionado con el régimen jurídico de la tierra, adoptándose conceptos de títulos de dominio utilizados en la época de la corona española cuando se concedía tierras a particulares bajo el instrumento de “Títulos de Merced”. Es así, que el Estado chileno asume los criterios del Derecho Español, acogiendo conceptos como el uso, goce y disposición, de aplicación actual y que aparecen en el Código Civil de 1855.

Luego en el año 1951 aparece el primer Código de Aguas, que se mantiene sin modificaciones hasta la llegada de la Reforma Agraria en el año 1967, provocando cambios en el concepto de la propiedad y estableciendo el protagonismo del Estado en la asignación y administración del recurso agua, en donde el derecho de aprovechamiento a cada peticionario quedaba sujeto a una previa solicitud al estado a través de la Dirección General de Aguas (DGA). Declarándose también que los derechos de aprovechamiento no se podían ceder ni comercializar; y la tierra con el agua estaban jurídicamente asociadas.

Con la derogación de la Reforma Agraria, y la promulgación del Código de Aguas (1981), aparecen grandes modificaciones, introduciendo una nueva relación de propiedad del agua, separada de la tierra. Permitiendo al titular del derecho de aprovechamiento, comercializar su bien, fomentando el uso racional del recurso y creando un “Mercado del Agua”.

3.5.1 Funciones del Estado

- Investigar y medir los recursos hídricos.
- Regular el uso del recurso hídrico.
- Conservar y proteger los recursos hídricos en un marco de desarrollo sustentable.
- Regular los servicios asociados a los recursos hídricos.
- Apoyar la satisfacción de los requerimientos básicos de los sectores más pobres de la población.
- Promover, gestionar, y en la medida que existen beneficios sociales, apoyar el financiamiento de obras de riego y de grandes obras hidráulicas.

“La gestión de las aguas en Chile corresponde históricamente al Ministerio de Obras Públicas (MOP) a través de la Dirección General de Aguas, Dirección de Obras Hidráulicas, Dirección de Riego, Dirección de Planeamiento y Departamento de Defensas Fluviales, entre otros. Además está involucrado el Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, a través de la Comisión Nacional de Riego, existiendo una fuerte dispersión de las funciones del Estado en materia de aguas” (Programa Chile Sustentable, 2010).

3.5.2 Instituciones

En Chile, la asignación de los recursos hídricos está en manos de dos principales grupos reguladores, los organismos del Estado y los titulares de derechos de aguas agrupados en organizaciones de usuarios, estos últimos han tenido una gran evolución y tradición en el país, ayudando a subsanar muchas deficiencias legislativas y conflictos, sin necesidad de apelar a la justicia.

3.5.3 Organismos del Estado

Dirección General de Aguas (DGA): Organismo del Estado que depende del Ministerio de Obras Públicas que tiene a su cargo la planificación general en materia del uso del agua y la regulación de la distribución de los derechos de agua.

Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA): Organismo del Estado encargado de la protección y conservación ambiental del recurso hídrico.

Comisión Nacional de Riego (CNR): Organismo del Estado encargado de la planificación, evaluación y aprobación de proyectos de inversión en obras de infraestructura de riego. La CNR junto con la Dirección de Riego (DR), participa en la aplicación de las leyes de riego para las distintas obras.

Dirección de Riego (DR): Organismo del Estado que se encarga principalmente de la ejecución de estudios técnicos y económicos sobre los proyectos de inversión en obras de riego financiadas por el Estado.

Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS): Organismo del Estado encargado de la regulación de los servicios de agua potable y saneamiento.

Dirección del Obras hidráulicas (DOH): Organismo del Estado encargado de las labores de desarrollo y fomento de riego.

3.5.4 Organizaciones de Usuarios

Las Juntas de Vigilancia: Comités encargados de la supervisión del uso de las fuentes naturales del agua, como los ríos.

Las Asociaciones de Canalistas: Comités que normalmente tiene a su cargo la administración de la infraestructura primaria, como las represas y los principales canales de riego.

Las comunidades de Agua: Comités que tiene a su cargo la infraestructura secundaria, como los canales de distribución.

Tabla 1: Normativa Nacional relacionada con el agua

Materia	N° de la Norma	Publicación
Código de Aguas	Decreto con Fuerza de Ley N° 1.122, Ministerio de Justicia	29 de Octubre de 1981
Reglamento de los servicios de agua destinados al consumo humano	Decreto N° 735, Ministerio de Salud	19 de Diciembre de 1969
Reglamento de instalaciones domiciliarias de agua potable y de alcantarillado	Decreto N° 50, Ministerio de Obras Públicas	28 de Enero del 2003
Establece norma de emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas	Decreto N° 46, Ministerio Secretaría General de la Presidencia	17 de Enero del 2003
Reglamento de aguas minerales	Decreto N° 106, Ministerio de Salud	14 de junio de 1997

Fuente: Biblioteca del congreso nacional, actualizado al año 2008.

3.5.5 Código de Aguas 1981

Decreto con Fuerza de Ley 1122 promulgado el 13 de Agosto de 1981 que contempla mecanismos para la regulación e inscripción de derechos de aprovechamiento, cuyo principal objetivo es posibilitar un mejor y más equitativo uso del recurso.

Principales Características

- Separa los derechos de la propiedad del agua con los derechos de propiedad de la tierra, permitiendo su libre compra/venta y transferencia. Su legislación es conforme a los derechos de propiedad privada establecida en el Código Civil.
- El Estado asigna los derechos de agua a título gratuito y, cuando se presentan más de dos solicitantes sobre los mismos derechos, éstos se asignan al mejor postor.
- El rol del Estado en la solución de controversias es limitado, ya que la sanación de conflictos principalmente viene dada por las organizaciones de usuarios y en segundo caso del sistema judicial.
- Protege tanto los derechos concedidos por el Estado (constituidos) como los usos habituales y otros usos especiales.
- Define los derechos de aprovechamiento consuntivo y no consuntivo, el primero no obliga a restituir las aguas después de utilizarlas y, el segundo obliga al usuario a restituir el recurso respetando ciertas exigencias estipuladas en la constitución del derecho.
- La concesión de derechos de aprovechamiento de agua debe cumplir con tres preceptos fundamentales:

- Que sea legalmente procedente.
- Que no se afecte derechos de terceros.
- Que exista disponibilidad del recurso.

3.5.6 Decreto 106

Este decreto pretende regular las actividades que se desarrollan en relación con las aguas minerales, resguardando la salud de la población.

Establece los lineamientos que deben seguir los establecimientos crenoterápicos (destinados a la explotación de aguas minerales con fines médicos), de envase de aguas minerales (explotan dichas aguas para su consumo, procediendo a envasarlas para su distribución y expendio), y de explotación de subproductos (con fines médicos, higiénicos u otros).

Define las responsabilidades que recaen en los propietarios de la fuente de agua mineral, del servicio de salud correspondiente y de la dirección general de agua.

Establece también que el agua mineral destinada al consumo debe provenir de fuentes naturales, oficialmente reconocidas, cumplir con las condiciones bacteriológicas exigibles al agua potable, y no sobrepasar los límites de sustancias que se indican en el artículo 32 del mismo decreto.

4. Antecedentes generales de la empresa

4.1 Descripción de Planta Cachantun

4.1.1 Productos.

Lidera el mercado a través de un variado portafolio de aguas minerales, purificadas y saborizadas. Su oferta está compuesta por las marcas Cachantun, Mas de Cachantun y Mas Woman de Cachantun.

La variedad de sabores está compuesta por agua mineral con gas, light, y sin gas, limón, frutos del bosque, frutos silvestres, ginger, naranja, durazno, pomelo, manzana y pera.

4.1.2 Líneas de Producción.

La empresa cuenta con cuatro líneas de producción en formatos de botella, y con una línea de producción de agua en bidones, y otra de botellones. Trabajan cerca de 120 empleados (contando el personal ejecutivo, trabajadores y contratistas). Durante la temporada alta (de Noviembre a Marzo) la empresa opera las veinticuatro horas del día y los siete días de la semana. Y para la temporada baja (el resto del año), la cantidad de empleados disminuye y los días en que operan también, en base a los requerimientos de producción.

La información correspondiente a la cantidad de trabajadores con la que cuenta cada línea de producción, y el formato de los productos que en cada una se obtiene se encuentran en el Cuadro Comparativo Líneas de Producción que a continuación se presenta:

Tabla 2: Cuadro comparativo Líneas de producción

Línea de Producción	Total de trabajadores	Formatos de productos
Línea 1	6	1.5, 1.6, 2.0 y 2.25 lts.
Línea 2	6	250, 500 y 600cc y 1.5lts.
Línea 3	15	350cc., 1.0 y 1.25 lts.
Línea 4	27	500cc y de 1.5 y 1.6 lts.
Bidones	6	5 lts.
Botellones	5	20 lts.

Fuente: Datos otorgados por Planta Cachantun.

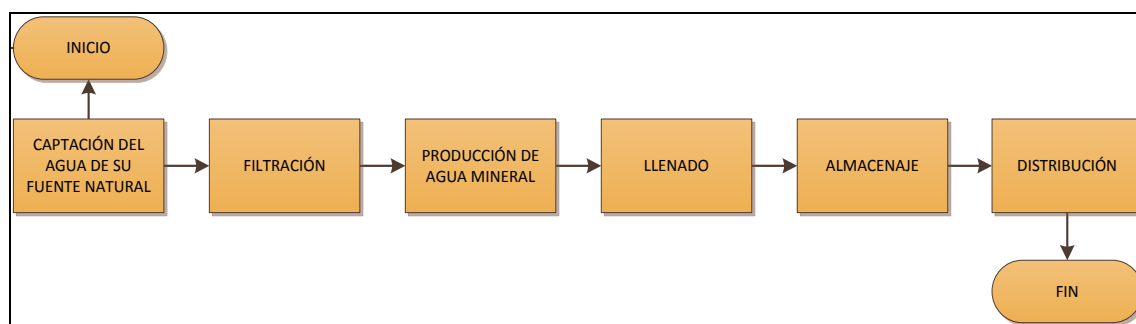
La línea 4 trabaja con tres turnos en los meses de temporada alta, con nueve integrantes cada uno.

La línea 3 se dedica sólo a la producción de agua mineral en botellas de vidrio.

4.2 Descripción del proceso productivo.

4.2.1 Descripción genérica.

Fig. 3: Proceso general



Fuente: www.ccu.cl.

Captación del Agua de su Fuente Natural: En este proceso, el agua se extrae desde la vertiente y es transportada por un complejo sistema de bombas y tuberías de acero inoxidable hasta la sala de filtración

Filtración: Esta etapa retiene principalmente partículas que pudiesen generarse por movimientos sísmicos u otras alteraciones climatológicas atendiendo al tipo de recurso natural en explotación.

Producción de Agua Mineral: Para el agua gasificada, se aplica CO₂, también llamado gas carbónico, a presión constante y a temperatura ambiente. Para el agua sin gas, también llamada agua mineral natural, el agua es sometida a ozonización o incorporación de ozono. Para el agua enriquecida con oxígeno, se incorpora al agua oxígeno puro obteniendo un producto enriquecido con 80 ppm de O₂.

Llenado: El agua mineral en sus distintas variedades es envasada en diferentes formatos de botella.

Almacenaje: Las botellas ya listas para su distribución son almacenadas en una bodega.

Distribución: Los productos son distribuidos a diversos lugares, en donde se comercializarán.

Para todas las líneas de producción, el agua mineral es recibida desde la sala de preparación del producto.

El producto es enviado hacia la máquina llenadora, que se encarga de llenar las botellas del formato predeterminado con dicho producto. Una vez que salen de la llenadora pasan frente a la máquina codificadora, que imprime en el cuello de la botella un código con la finalidad de obtener la información de la trazabilidad del producto, luego son transportadas hacia la máquina etiquetadora (que adhiere las etiquetas correspondientes al formato que se esté produciendo), por medio de la mesa transportadora de botellas, siguen por la correa transportadora y pasan a la máquina envasadora, que agrupa una cierta cantidad de botellas en un film plástico, y por último, las botellas envasadas en el plástico film son llevadas a la máquina paletizadora, para que luego los pallets sean llevados a bodega por las grúas horquillas y posteriormente depositadas en el camión que los llevará a su destino final.

Los envases son tratados de distinta forma dependiendo de cada línea de producción. Para la línea 1, por ejemplo, se reciben las botellas PET del proveedor en un 'robot ordenador', luego se transportan hacia la máquina que realizará el enjuague, para posteriormente ser direccionado hacia la máquina llenadora.

En la línea 2, los envases enviados por el proveedor se despaletizan y se les rocía con agua blanda para eliminar la suciedad superficial. Luego son enviadas a la máquina que las enjuagará mediante un transportador aéreo, y después a la máquina llenadora.

En la línea 3, como se trabaja solamente con envases de vidrio, se despaletizan las cajas y luego se retiran los envases de dichas cajas. Se envían hacia donde se les hará el lavado y luego se hace una inspección visual para descartar aquellos envases que no son aptos para continuar el proceso, y luego son transportados hacia la máquina llenadora. Una vez que han pasado por el proceso de etiquetado e impresión del código, las botellas son agrupadas por los operarios y luego son dirigidas por las grúas horquillas a la bodega.

En la línea 4, la máquina llenadora puede recibir los envases de tres formas distintas. Esta línea cuenta con una máquina sopladora, por lo que los envases son adquiridos por el proveedor en forma de probeta. Esta máquina sopladora puede enviar directamente los envases hacia la llenadora, o puede enviarlos también a la máquina paletizadora de envases. Así entonces, las formas en que la llenadora recibe los envases pueden ser directamente desde la sopladora, directamente desde la despaletizadora de envases, o en parte de la sopladora y en parte de la despaletizadora.

La línea de bidones y la de botellones funcionan de manera similar. Los envases son despaletizados por los operarios y puestos en la correa transportadora y dirigidos por ésta

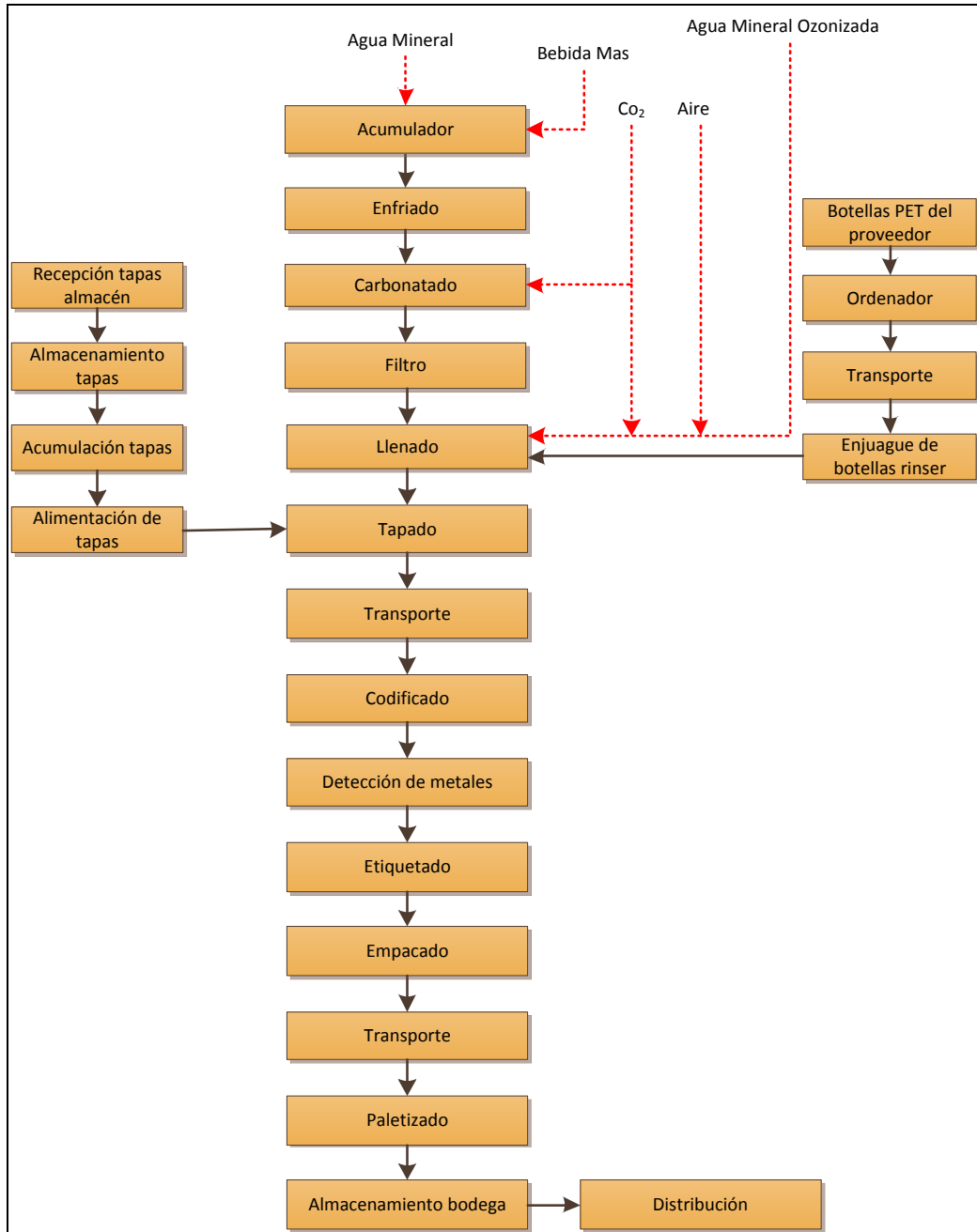
hacia la máquina llenadora, y luego del etiquetado, los operarios las ordenan manualmente y después son llevadas por la grúa horquilla hacia la bodega.

Las tapas de las botellas se reciben de la misma forma en todas las líneas, son almacenadas, y luego se alimentan a la máquina que realizará el tapado del producto.

El proceso detallado de lo que ocurre en cada línea de producción se muestra a continuación.

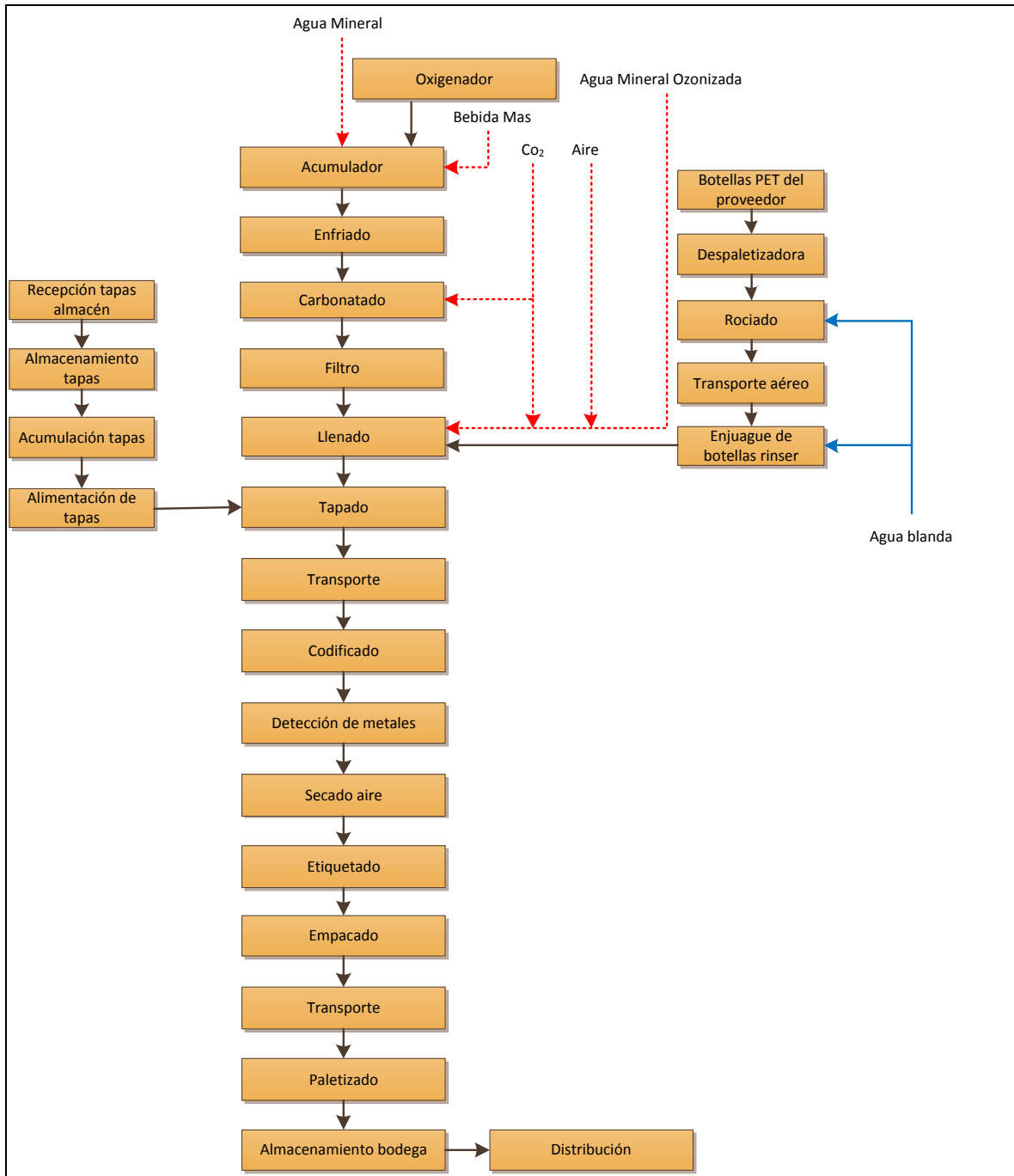
4.2.2 Procesos por línea de producción

Fig. 5: Proceso línea 1



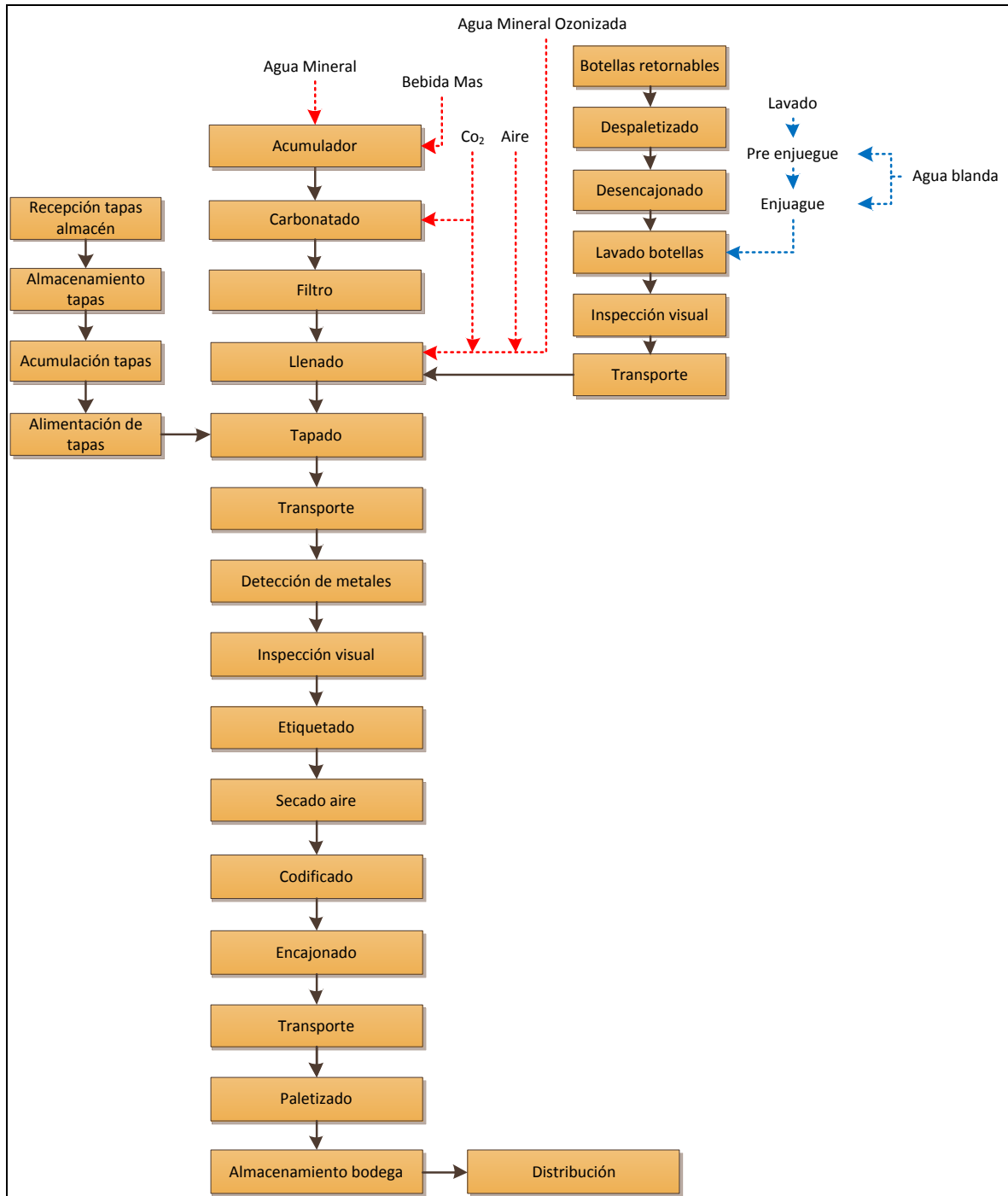
Fuente: Datos otorgados por Planta Cachantun.

Fig. 6: Proceso línea 2



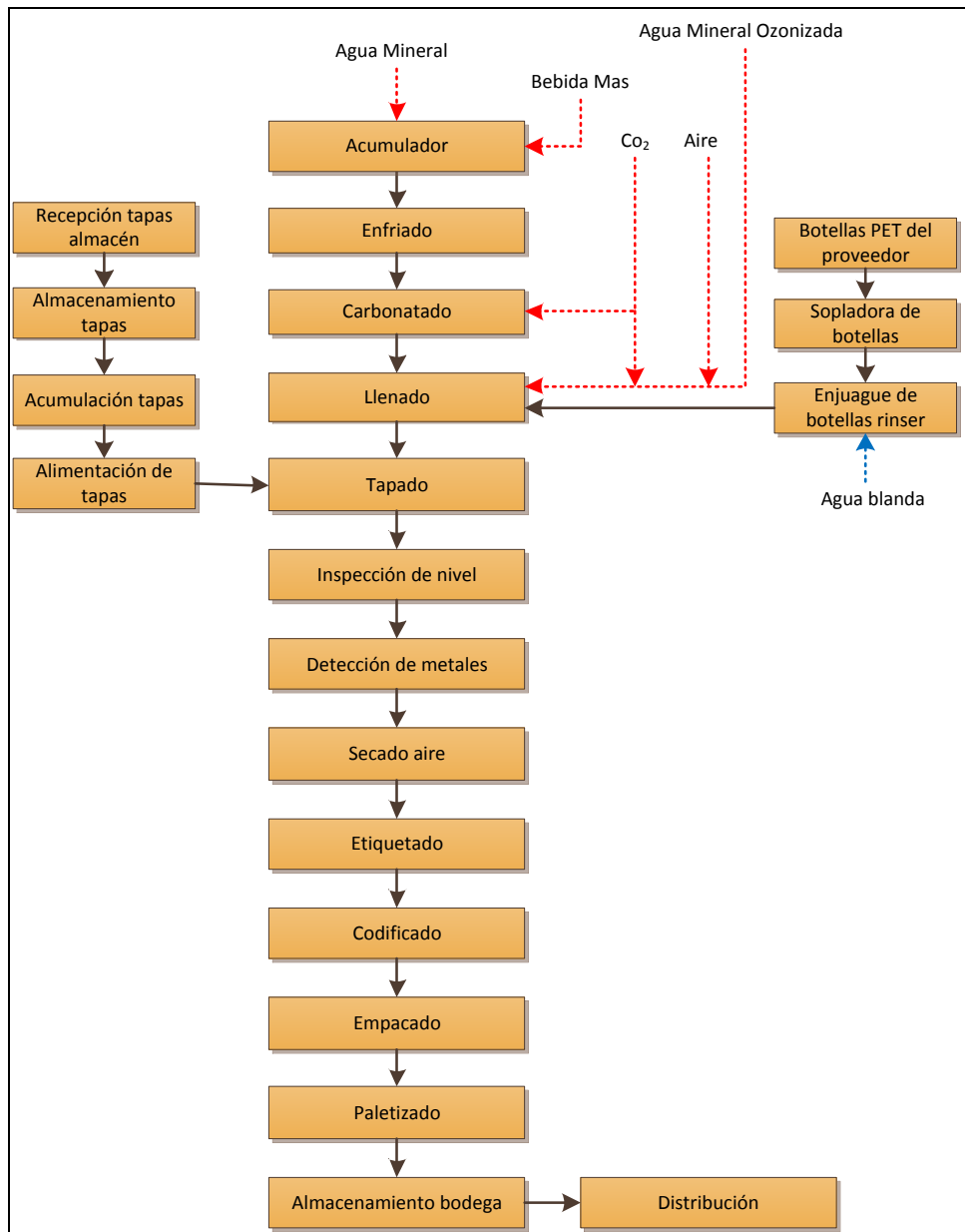
Fuente: Datos otorgados por Planta Cachantun.

Fig. 7: Proceso línea 3

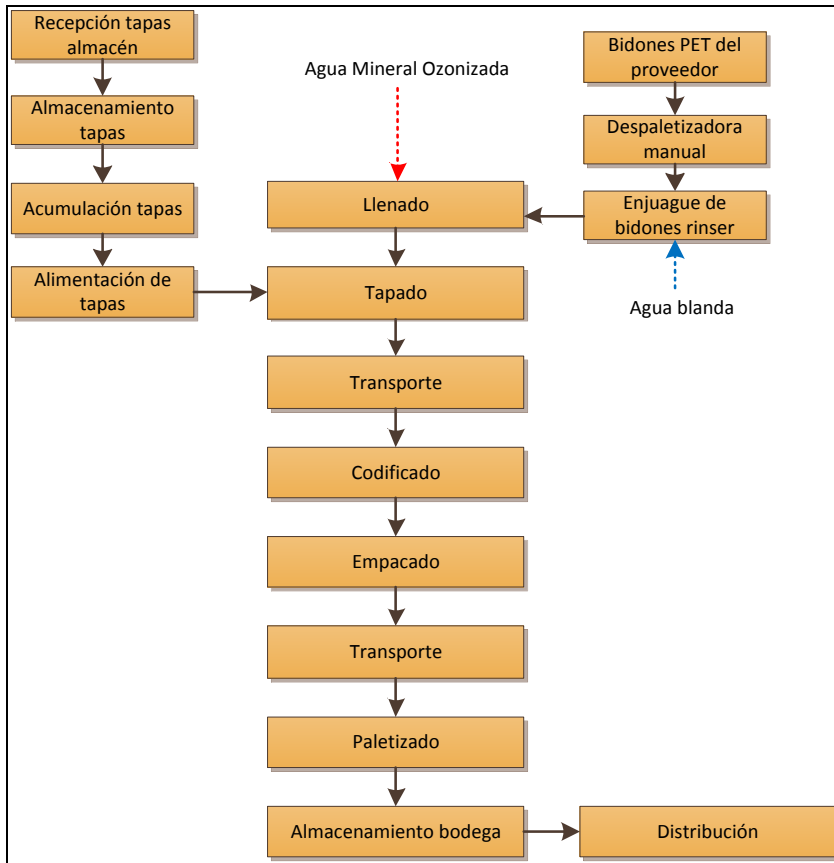


Fuente: Datos otorgados por Planta Cachantun.

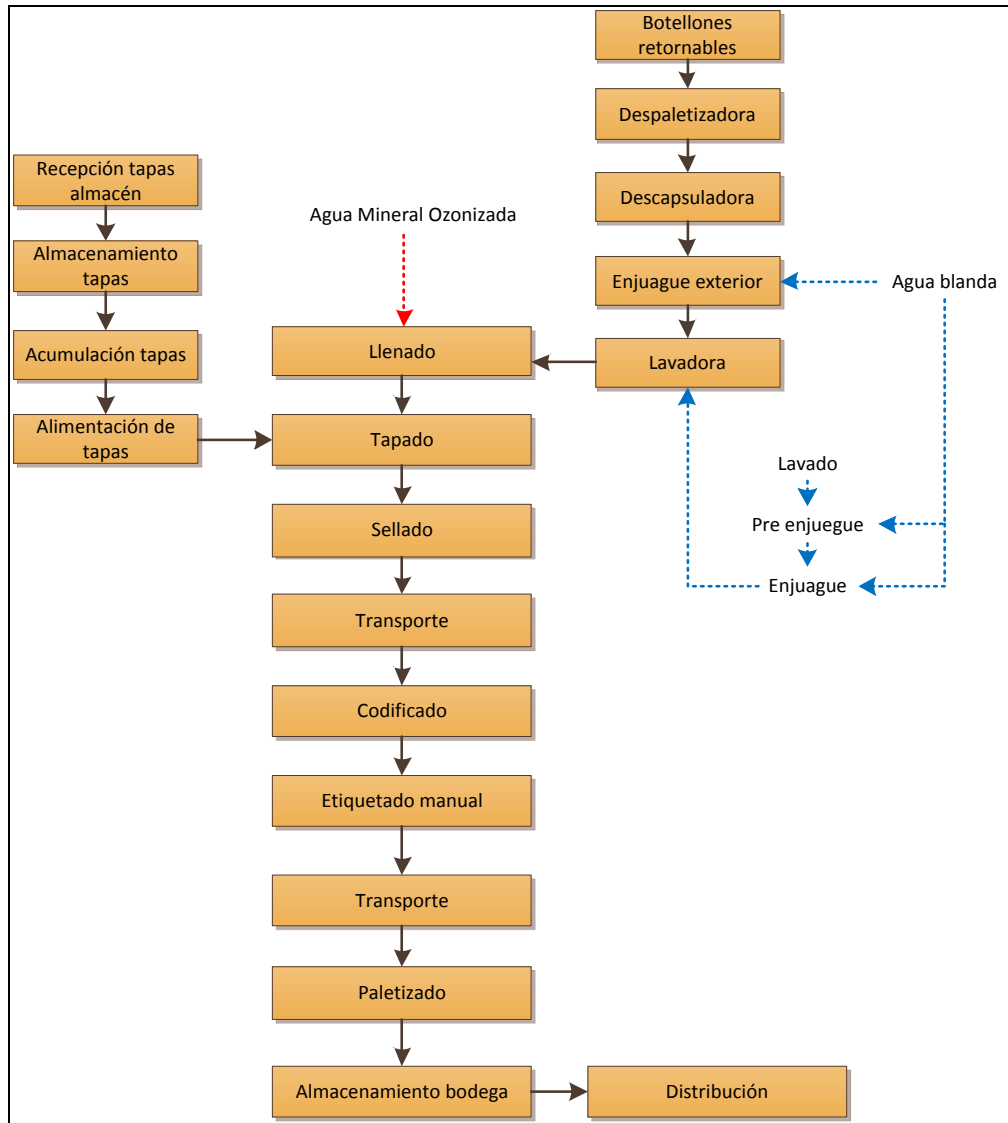
Fig. 8: Proceso línea 4



Fuente: Datos otorgados por Planta Cachantun.

Fig. 9: Proceso línea de bidones

Fuente: Datos otorgados por Planta Cachantun.

Fig. 10: Proceso línea de botellones

Fuente: Datos otorgados por Planta Cachantun.

5. Desarrollo del trabajo

5.1 Manejo de agua en Planta Cachantun

5.1.1 Ingresos de agua al proceso.

La planta se abastece de agua mediante dos vertientes de las que extrae el agua que necesita. El agua, es obtenida mediante la actuación de cuatro bombas, una en la vertiente 1, y las otras tres en la vertiente 2. Esta agua es utilizada para todos los procesos que se llevan a cabo en la planta, ya sea en el proceso de embotellado, como en el servicio sanitario (baños, duchas y casino) y regado de jardines.

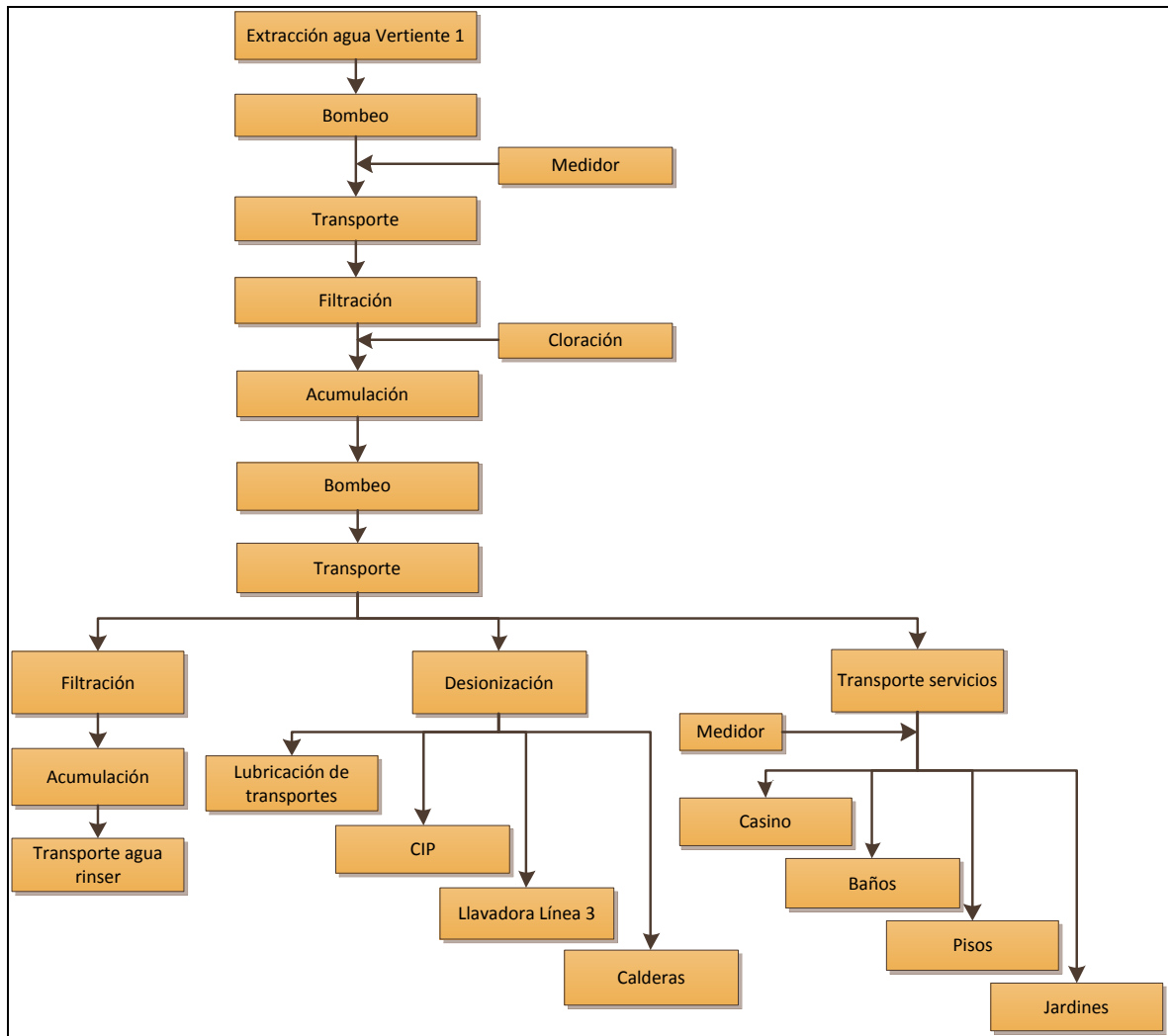
5.1.2 Distribución del agua.

El agua extraída desde la vertiente 1 mediante una bomba, es transportada hacia un filtro y luego a un proceso de adición de cloro para potabilizarla. Mediante bombeo, una porción es transportada hacia otro proceso de filtración, después de esto es acumulada en un estanque y luego se transporta al pulmón rinser. Otra porción de agua se somete a un proceso de desionización, para luego ser utilizada en la lubricación de cadenas transportadoras, el saneador CIP, la máquina lavadora de la línea 3 y las calderas. Una última porción de agua es transportada hacia el casino de la planta, baños, camarines, pisos y también hacia los jardines. Este proceso se puede observar en la Fig. 11.

Desde la vertiente 2 (Fig. 12), el agua es extraída por medio de tres bombas. Se transporta hacia dos estanques acumuladores y luego se dirige, una porción, hacia el proceso de cloración y posterior acumulación para ser enviada a las líneas de producción, con el objetivo de llevar a cabo los saneados de equipos y redes. La porción restante es dirigida a un proceso de filtración y luego expuesta a radiación ultravioleta, con el fin de eliminar los microorganismos existentes.

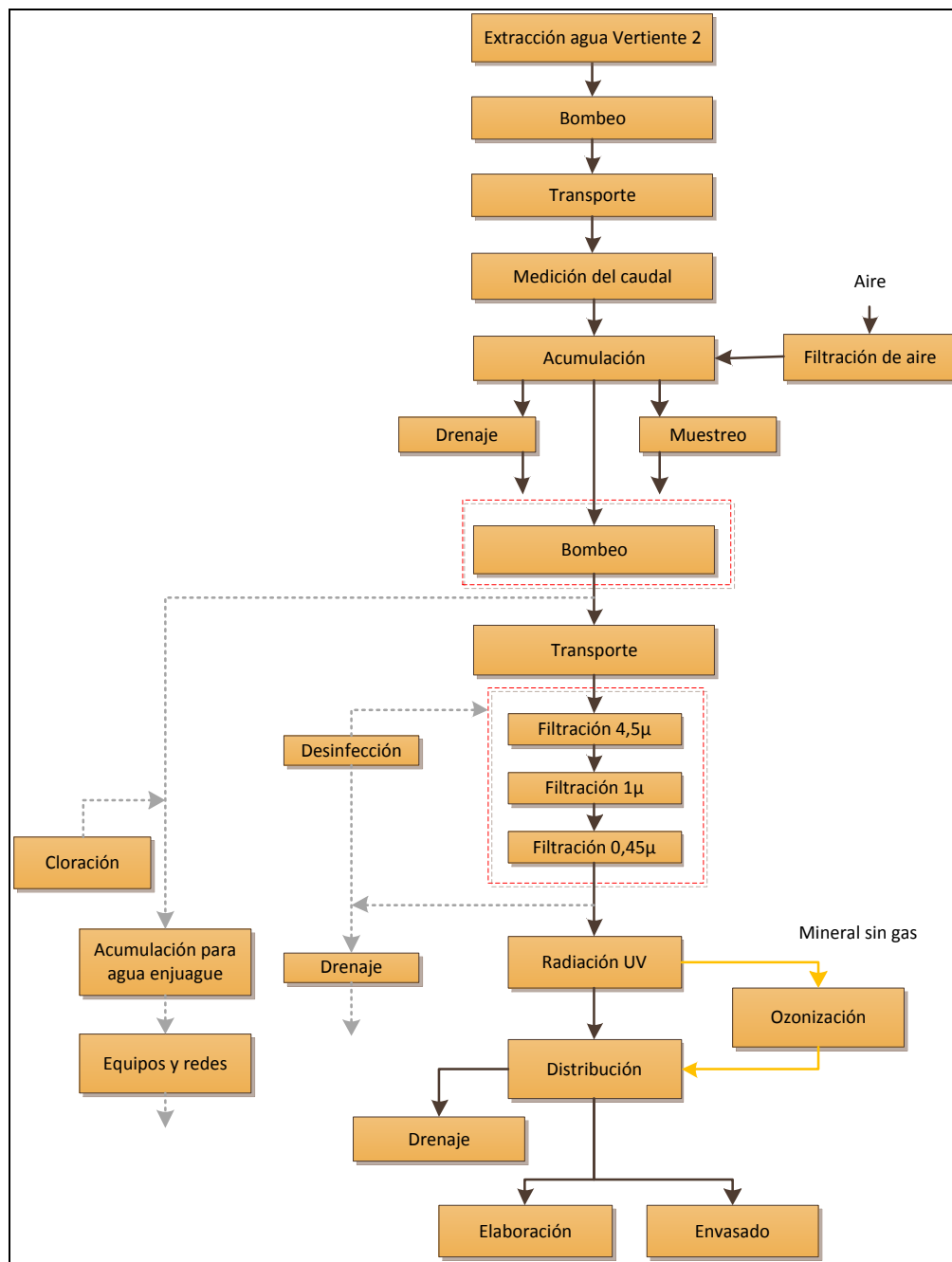
Después de esto, un flujo se lleva hacia la sala de elaboración, donde se producirán las bebidas con sabor, y otro flujo es llevado directamente a las líneas de producción para su envasado. Si el producto que se desea obtener es agua mineral sin gas, luego de la exposición a la radiación ultravioleta se somete a un proceso de ozonización, en donde se le adhiere ozono para mantener las propiedades del agua por un tiempo prolongado una vez que haya sido envasada, si se desea agua mineral con gas, en lugar de trabajar con Ozono, se trabaja con Dióxido de Carbono. Luego continúa el mismo camino que el agua mineral normal, esto quiere decir, hacia la sala de elaboración, o directamente hacia las líneas de producción.

Fig. 11: Circuito de agua obtenida desde vertiente 1



Fuente: Datos otorgados por Planta Cachantun.

Fig. 12: Circuito de agua obtenida desde vertiente 2



Fuente: Datos otorgados por Planta Cachantun.

5.1.3 Uso y descargas de agua.

La descarga de Riles tiene origen en el proceso de elaboración y envasado de aguas minerales y agua saborizada. Las descargas de la Planta son en su mayoría alcalinas, ya que provienen de los procesos de saneado CIP de máquinas lavadoras con soda. De manera puntual y discreta se encuentran también descargas ácidas originadas por lavados y mermas de producto (aguas saborizadas).

Las aguas servidas se generan en el lavado de vajillas en el casino, descarga de inodoros, duchas y lavamanos del personal.

Los Riles y aguas servidas tienen vías separadas en el alcantarillado en dirección a sus respectivos procesos de tratamiento.

Tratamientos:

Aguas Servidas

El proceso ocurre de la siguiente manera:

El equalizador recibe las aguas servidas y mantiene la carga de materia orgánica y el caudal. Tiene 4 difusores que agitan el agua y evitan el mal olor y tiene 2 bombas con trituradores.

Luego, el repartidor separa las aguas a los dos reactores.

Los reactores biológicos acumulan la materia orgánica y aire con el fin de facilitar el desarrollo de microorganismos (bacterias, hongos y otros). Cada reactor posee 12 difusores (que incorporan el aire que agita la solución y ayuda al crecimiento microbiano).

Luego, el sedimentador concentra los microorganismos.

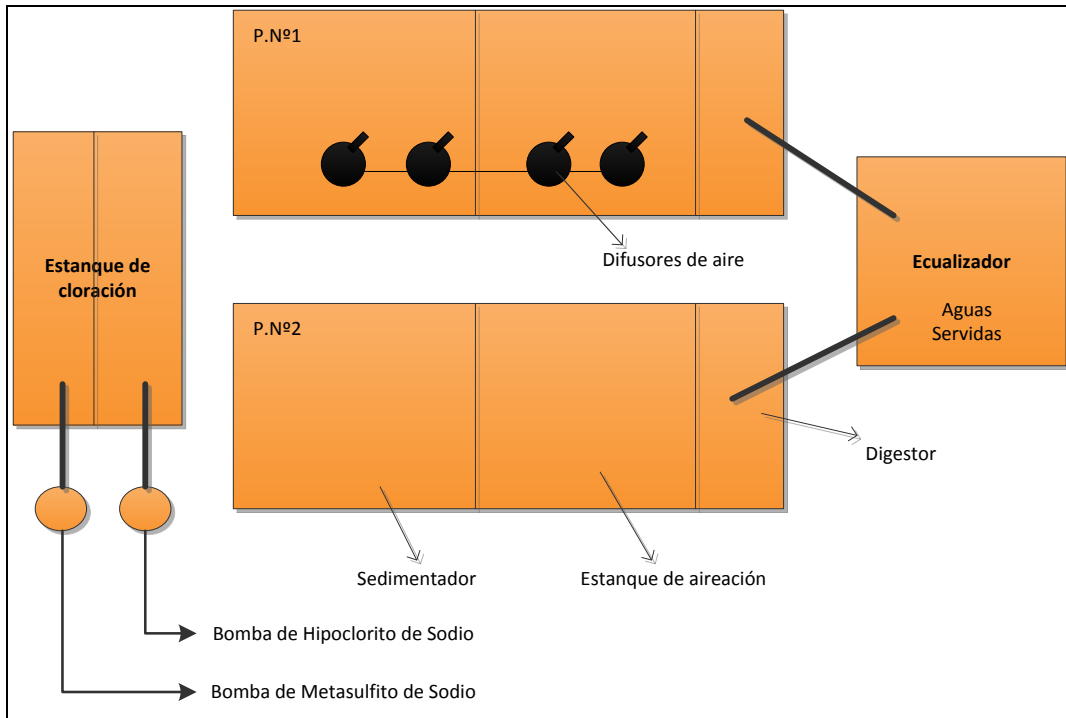
Al agua tratada se le adiciona cloro, con un contacto de 20 minutos como mínimo. Para que reaccione y sea efectivo el hipoclorito de sodio, se debe lograr una concentración de 5ppm. Posteriormente pasa a la etapa de post-aireación donde se le agrega Bisulfito de Sodio el cual elimina el cloro.

RILES

La Planta de neutralización de RILES está emplazada a un lado de la Planta de Aguas Servidas.

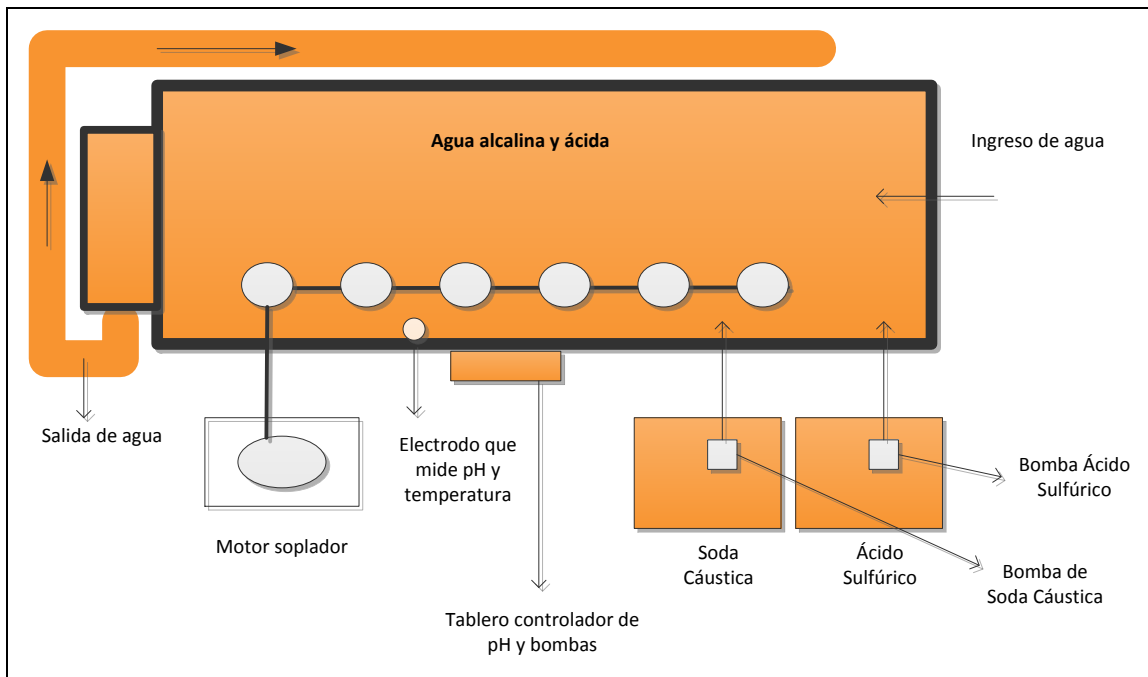
Los RILES son incorporados a un estanque de homogeneización o contacto de 50m³. Aquí, el sistema de agitación mecánico homogeniza el contenido del estanque. El estanque posee un soplador y tiene un sistema de difusión de burbuja gruesa, para generar una mayor fluidez en el agua. Lo que se hace en esta planta es regular el pH de los residuos dosificando ácido sulfúrico si se detecta un pH mayor a 8.5, y dosificando soda si el pH es menor a 6. El accionamiento de estas bombas se realiza por la acción de un electrodo, que mide el pH y la temperatura de la solución.

Fig. 13: Esquema Planta tratamiento de aguas servidas



Fuente: Datos otorgados por Planta Cachantun.

Fig. 14: Esquema planta de tratamiento de RILES



Fuente: Datos otorgados por Planta Cachantun.

Las aguas tratadas en la Planta de Riles y Aguas servidas son descargados al canal de regadío que cruza la Planta, estas cumplen el D.S. N° 90 “Norma de emisión para regulación de contaminantes asociado a la descarga de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales”, según los siguientes parámetros.

- RILES: pH, temperatura, caudal, DBO.
- Aguas Servidas: D.S. N°90 completo.

5.2 Estimación de la producción.

Los datos que se muestran a continuación, corresponden al control y cuantificación de la producción llevada por la empresa.

Tabla 3: Cantidad de producto (Hl) elaborado por Cachantun

	2008	2009	2010	2011
Enero	146.847	129.022	132.112	137.964
Febrero	125.103	112.814	115.652	114.613
Marzo	110.512	103.080	136.065	129.421
Abril	82.441	81.424	100.690	81.753
Mayo	54.926	70.311	63.369	55.119
Junio	54.248	58.836	57.461	64.440
Julio	51.905	82.760	56.065	79.504
Agosto	73.544	57.308	71.551	80.253
Septiembre	97.090	92.938	82.752	71.794
Octubre	99.463	75.546	106.791	116.020
Noviembre	113.547	116.878	143.422	149.809
Diciembre	125.194	141.719	144.251	164.925

Fuente: Datos otorgados por Planta Cachantun.

Los pronósticos se realizaron con el software Forecast Pro. Se ingresó los datos y a través del comando selección experta del software, el programa recomendó utilizar el método de suavización exponencial, pues tal como lo ratifica el software, es el método que genera menor error para la estimación del pronóstico, ya que los datos reales presentan características de tendencia y estacionalidad, lo que hace necesaria su suavización con su respectiva ponderación de valores reales anteriores, mencionar además que, la misma justificación aplica para los siguientes pronósticos, pues los datos de extracción que veremos a continuación son directamente proporcional a las variaciones estacionales de los datos reales de producción, finalmente los datos arrojados en el pronóstico, son:

Tabla 4: Pronóstico de producción

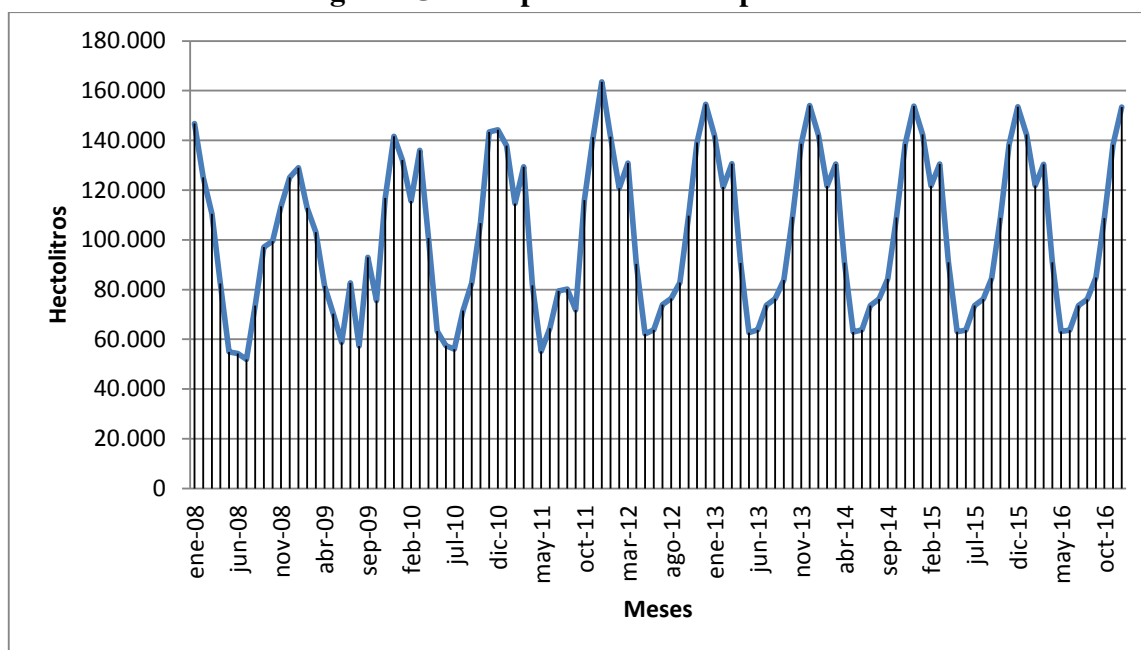
	2012	2013	2014	2015	2016
Enero	141.587,6	142.009,7	142.224,9	142.357,9	142.444,5
Febrero	120.752,7	121.300,8	121.584,4	121.759,5	121.873,5
Marzo	130.860,9	130.655,7	130.541,3	130.462,3	130.408,4
Abril	90.338,7	90.685,7	90.854,0	90.954,2	91.017,8
Mayo	62.240,8	62.677,9	62.901,4	63.039,8	63.129,4
Junio	63.786,3	63.757,2	63.751,9	63.750,2	63.749,4
Julio	73.958,6	73.738,6	73.635,7	73.574,2	73.534,5
Agosto	76.489,4	76.294,2	76.201,8	76.146,9	76.111,5
Septiembre	82.876,9	83.829,8	84.323,7	84.633,7	84.836,0
Octubre	109.741,4	109.267,9	109.038,4	108.895,6	108.802,3
Noviembre	139.103,7	138.713,1	138.506,8	138.372,0	138.281,8
Diciembre	154.604,1	154.035,9	153.747,6	153.566,6	153.449,0

**Datos en hectólitros. Fuente: Elaboración propia.*

Tabla 5: Media del error “Pronóstico de producción”

	2012	2013	2014	2015	2016
Enero	3.623,6	422,0	215,2	133,0	86,7
Febrero	6.139,7	548,1	283,5	175,2	114,0
Marzo	1.439,9	205,2	114,4	79,0	53,9
Abril	8.585,7	347,0	168,3	100,2	63,6
Mayo	7.121,9	437,1	223,4	138,4	89,6
Junio	653,7	29,1	5,3	1,7	0,8
Julio	5.545,4	220,0	102,9	61,5	39,7
Agosto	3.763,6	195,2	92,5	54,9	35,4
Septiembre	11.083,0	952,8	494,0	310,0	202,3
Octubre	6.278,6	473,5	229,5	142,8	93,3
Noviembre	10.705,3	390,5	206,3	134,8	90,2
Diciembre	10.320,9	568,2	288,2	181,0	117,5
Media Error	6.271,8	399,1	202,0	126,0	82,2

Fuente: Elaboración propia.

Fig. 15: Gráfico pronóstico de la producción

**Datos en hectólitos. Fuente: Elaboración propia.*

5.3 Estimación de la demanda

5.3.1 Vertiente 1

Tabla 6: Volumen extraído desde vertiente 1

	2010	2011
Enero	101.221	103.350
Febrero	72.585	85.720
Marzo	79.867	83.120
Abril	57.864	59.470
Mayo	43.018	50.566
Junio	32.360	44.850
Julio	26.920	52.490
Agosto	46.330	56.200
Septiembre	28.080	53.940
Octubre	69.920	67.120
Noviembre	84.680	104.750
Diciembre	94.015	125.760

**Datos en hectólitos. Fuente: Datos otorgados por Planta Cachantun.*

Los pronósticos se realizaron con el software Forecast Pro. Se ingresó los datos y el mismo programa recomendó utilizar el método de suavización exponencial. Los datos arrojados fueron:

Tabla 7: Volumen extracción vertiente 1 pronosticado

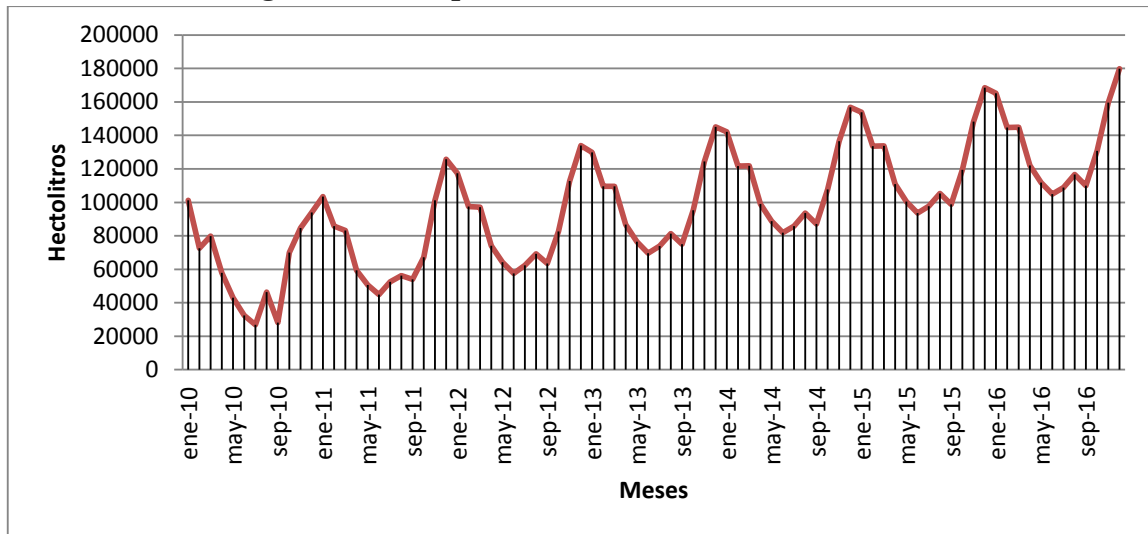
	2012	2013	2014	2015	2016
Enero	117.298,9	129.773,5	142.088,9	15.3852,9	165.097,0
Febrero	97.580,0	109.600,1	121.739,0	13.3503,1	144.745,8
Marzo	97.090,5	109.565,8	121.891,8	13.3655,8	144.899,5
Abril	74.044,3	86.650,2	99.039,6	11.0803,6	122.047,3
Mayo	64.136,1	76.497,1	88.788,0	10.0552,1	111.794,9
Junio	57.504,0	69.650,7	81.855,9	9.3619,9	104.862,2
Julio	62.362,7	73.891,2	85.841,9	9.7605,9	108.846,8
Agosto	69.158,9	81.375,8	93.608,7	10.5372,7	116.615,4
Septiembre	63.557,5	75.047,8	86.987,6	9.8751,6	109.992,6
Octubre	82.550,3	95.303,4	107.752,9	11.9517,0	130.761,2
Noviembre	112.700,1	124.524,1	136.573,5	14.8337,6	159.579,7
Diciembre	133.949,6	145.020,2	156.754,9	16.8518,9	179.759,7

**Datos en hectólitros. Fuente: Elaboración propia.*

Tabla 8: Media del error “Volumen extracción vertiente 1 pronosticado”

	2012	2013	2014	2015	2016
Enero	13.948,9	12.474,6	12.315,4	11.764,1	11.244,1
Febrero	11.860,0	12.020,1	12.138,9	11.764,1	11.242,7
Marzo	13.970,5	12.475,3	12.326,0	11.764,1	11.243,7
Abril	14.574,3	12.605,9	12.389,3	11.764,1	11.243,7
Mayo	13.570,1	12.361,0	12.290,9	11.764,1	11.242,9
Junio	12.654,1	12.146,6	12.205,2	11.764,1	11.242,3
Julio	9.872,7	11.528,5	11.950,7	11.764,1	11.240,9
Agosto	12.958,9	12.216,9	12.232,9	11.764,1	11.242,7
Septiembre	9.617,6	11.490,2	11.939,8	11.764,1	11.241,0
Octubre	15.430,4	12.753,0	12.449,5	11.764,1	11.244,2
Noviembre	11.577,2	11.824,0	12.049,3	11.764,1	11.242,2
Diciembre	8.189,7	11.070,6	11.734,7	11.764,1	11.240,8
Media Error	12.352,0	12.080,6	12.168,6	11.764,1	11.242,6

Fuente: Elaboración propia.

Fig. 16: Gráfico pronóstico de la extracción vertiente 1

**Datos en hectólitros.*

5.3.2 Vertiente 2

Tabla 9: Volumen extraído desde vertiente 2

	2010	2011
Enero	207.320	202.790
Febrero	170.980	185.574
Marzo	173.542	188.496
Abril	131.640	136.145
Mayo	96.247	100.815
Junio	102.986	108.145
Julio	121.953	142.915
Agosto	127.691	129.749
Septiembre	132.432	123.066
Octubre	142.852	148.185
Noviembre	221.130	213.507
Diciembre	211.960	222.046

**Datos en hectólitros. Fuente: Datos otorgados por Planta Cachantun.*

Los pronósticos se realizaron con el software Forecast Pro. Se ingresó los datos y el mismo programa recomendó utilizar el método de suavización exponencial. Los datos arrojados fueron:

Tabla 10: Volumen extracción vertiente 2 pronosticado

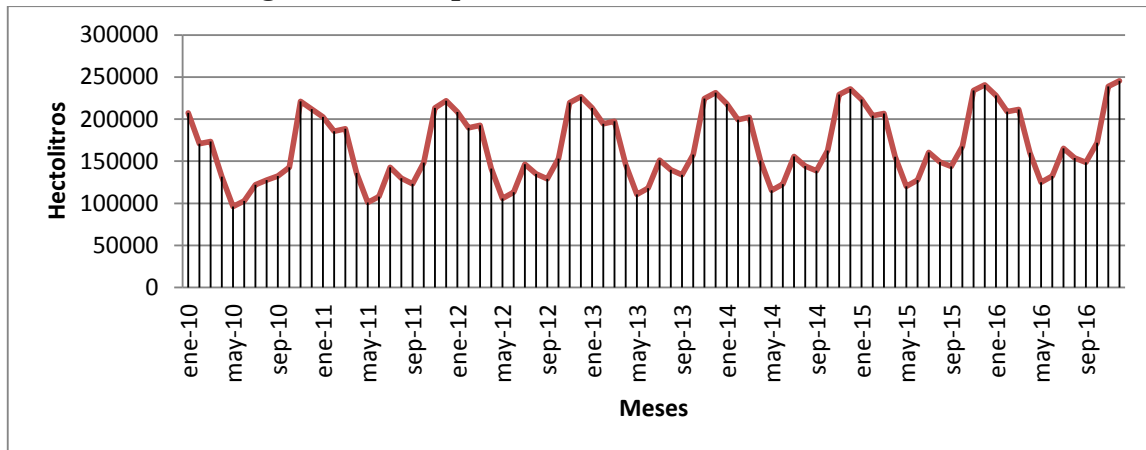
	2012	2013	2014	2015	2016
Enero	208.655,9	213.381,6	218.302,3	223.190,4	228.055,5
Febrero	189.789,6	194.526,7	199.289,5	204.028,0	208.771,0
Marzo	192.633,6	197.372,1	202.107,7	206.829,0	211.560,6
Abril	141.162,8	145.915,2	150.718,1	155.512,7	160.307,7
Mayo	105.827,1	110.592,9	115.388,1	120.180,0	124.974,8
Junio	113.102,1	117.878,5	122.661,2	127.444,9	132.233,5
Julio	146.460,2	151.206,8	155.838,7	160.486,3	165.165,6
Agosto	134.889,2	139.624,7	144.385,8	149.168,5	153.961,9
Septiembre	129.226,7	133.975,4	138.835,2	143.713,0	148.583,8
Octubre	153.102,5	157.842,3	162.591,3	167.360,6	172.140,8
Noviembre	219.568,3	224.325,3	229.185,8	234.058,6	238.920,5
Diciembre	226.594,9	231.340,7	236.064,5	240.803,4	245.554,4

**Datos en hectólitros. Fuente: Elaboración propia.*

Tabla 11: Media del error “Volumen extracción vertiente 2 pronosticado”

	2012	2013	2014	2015	2016
Enero	5.865,9	4.725,8	4.920,6	4.888,1	4.865,1
Febrero	4.215,6	4.737,1	4.762,8	4.738,5	4.743,0
Marzo	4.137,7	4.738,4	4.735,6	4.721,3	4.731,6
Abril	5.017,9	4.752,4	4.802,9	4.794,5	4.795,1
Mayo	5.012,2	4.765,8	4.795,2	4.791,9	4.794,7
Junio	4.957,1	4.776,4	4.782,8	4.783,7	4.788,6
Julio	3.545,3	4.746,6	4.631,9	4.647,6	4.679,3
Agosto	5.140,2	4.735,5	4.761,1	4.782,7	4.793,4
Septiembre	6.160,7	4.748,7	4.859,9	4.877,8	4.870,8
Octubre	4.917,5	4.739,8	4.749,0	4.769,3	4.780,3
Noviembre	6.061,3	4.757,0	4.860,5	4.872,8	4.861,9
Diciembre	4.549,0	4.745,8	4.723,8	4.738,9	4.751,0
Media Error	4.965,0	4.747,4	4.782,2	4.783,9	4.787,9

Fuente: Elaboración propia.

Fig. 17: Gráfico pronóstico de la extracción vertiente 2

**Datos en hectólitros.*

Según los datos obtenidos de ambos pronósticos, tenemos que el aumento del consumo de la vertiente 2 se mantendrá más constante que el de la vertiente 1, que será más acelerado. Esto quiere decir que manteniendo el mismo nivel de producción, se está ocupando más agua en otros procesos, como en baños, casino, y jardines.

5.4 Oferta de agua

Según lo planteado en el marco jurídico nacional del agua, el derecho de uso del recurso se entrega a particulares según las disposiciones establecidas en el Código de Aguas vigente, por lo que ante la solicitud de aprovechamiento realizada por la empresa, el organismo nacional encargado de establecer y autorizar caudales de extracción a particulares, ha determinado otorgar derechos de uso del agua por volúmenes como sigue a continuación

Tabla 12: Límite de extracción por vertiente

	Límite (lt/seg)
Vertiente 1	11
Vertiente 2	22

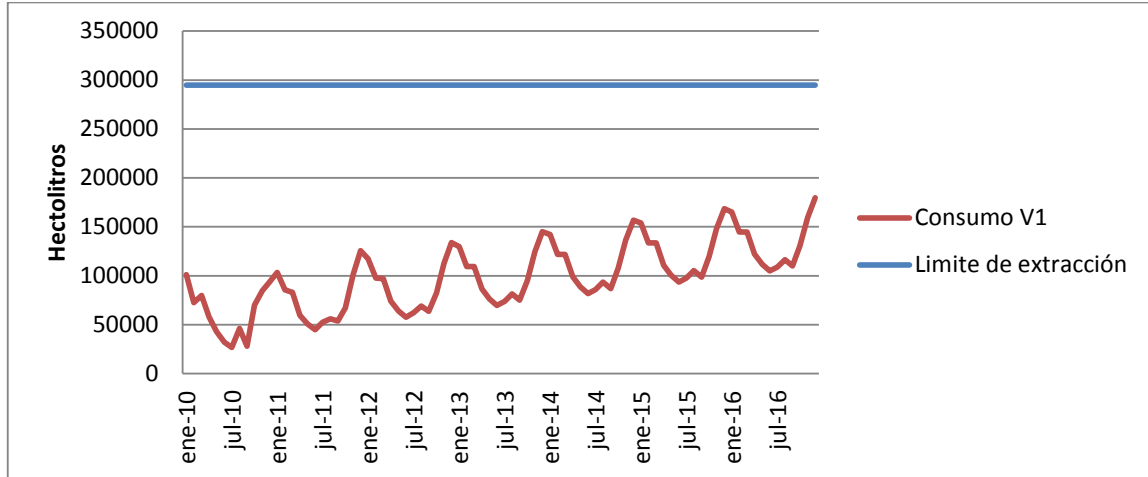
Fuente: Datos otorgados por Planta Cachantun.

5.5 Comparación entre la oferta y la demanda de agua

Luego de conocer el límite de extracción de agua permitido por la Dirección General de Aguas, se representa a continuación las dos curvas de oferta y demanda de agua por cada vertiente.

5.5.1 Vertiente 1

Fig. 18: Oferta v/s demanda de vertiente 1

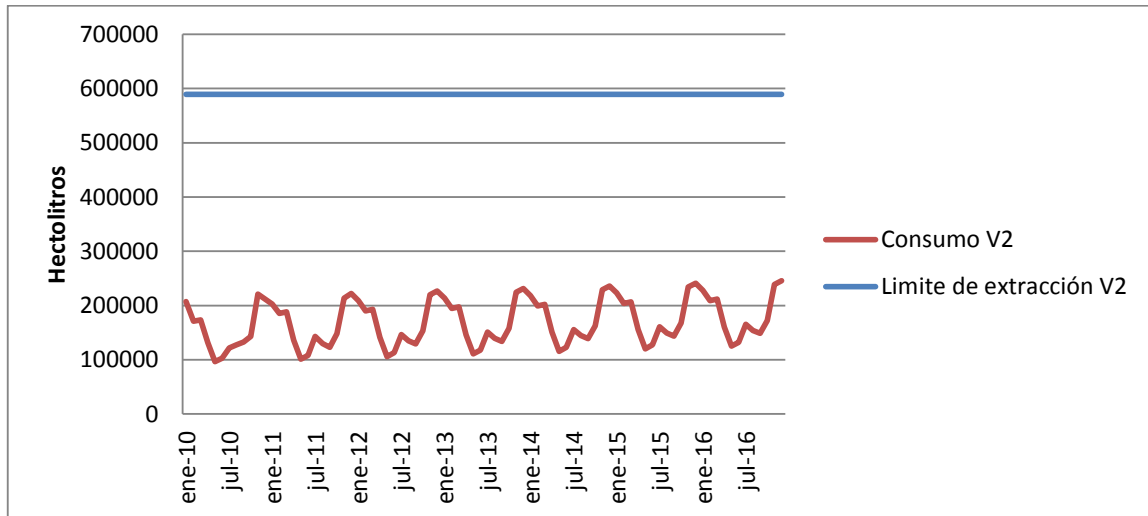


Fuente: Elaboración propia.

La curva azul, representa la cantidad máxima de aprovechamiento de agua expresada en (litros/ mes), lo que da un cantidad constante de 294.624lt.

5.5.2 Vertiente 2

Fig. 19: Oferta v/s demanda de vertiente 2



Fuente: Elaboración propia.

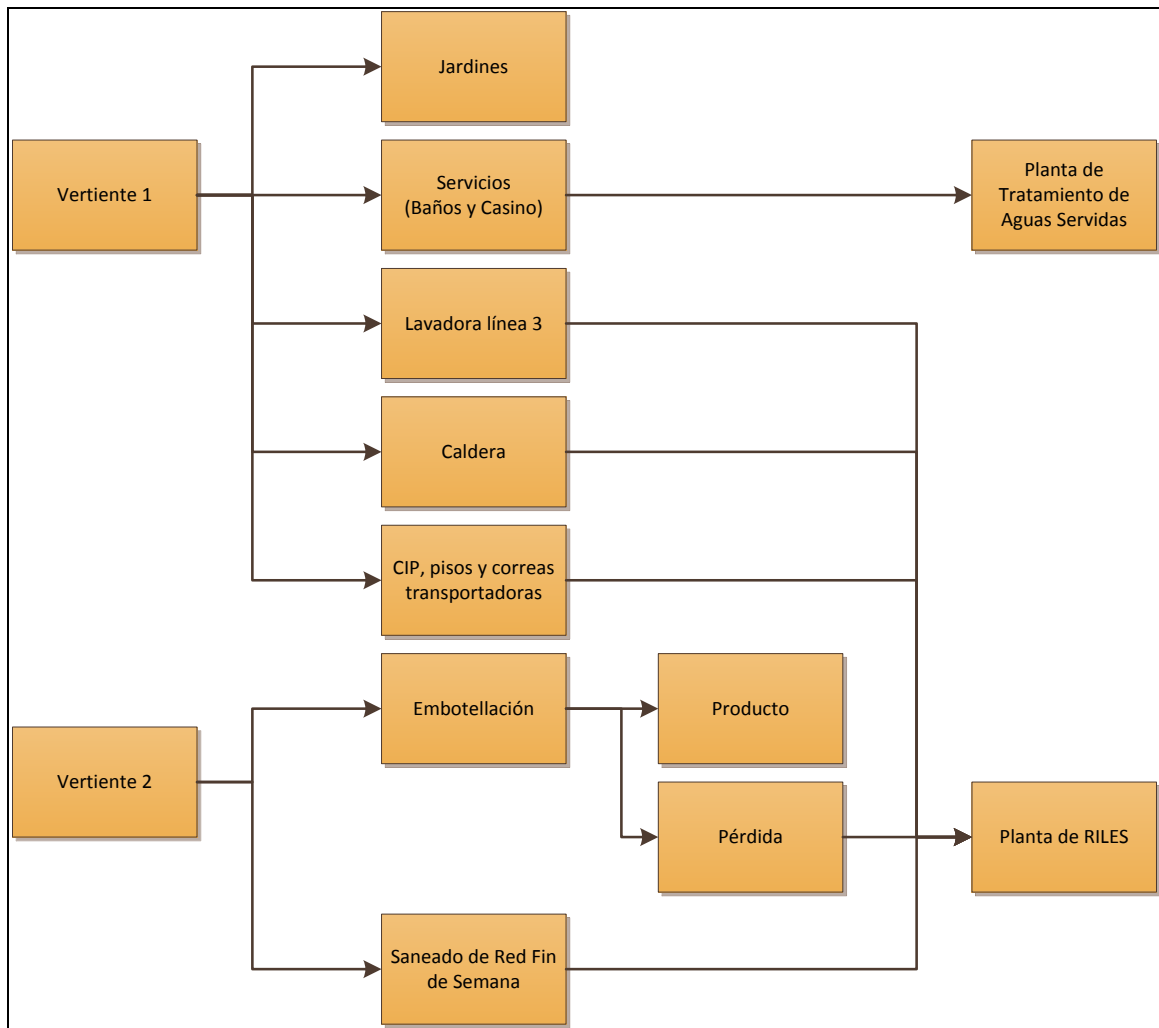
La curva azul, representa la cantidad máxima de aprovechamiento de agua expresada en (litros/ mes), lo que da un cantidad constante de 589.248lt.

Al comparar las dos situaciones de cada vertiente, podemos concluir que mientras no ocurran cambios hidrográficos severos que alteren negativamente la posibilidad de aprovechamiento de agua, aparentemente la empresa no tendría problemas con el nivel de oferta de agua para los requerimientos futuros de extracción.

5.6 Balance de agua general

Para determinar el balance de agua general tomamos el flujo de agua que ingresa por las vertientes 1 y 2. Luego los distribuimos en los procesos en que se requiere y posteriormente diferenciamos los flujos que llegan a la planta de tratamiento de aguas servidas y a la planta de RILES, como muestra la “Fig. 20: Balance general de agua”.

Fig. 20: Balance general de agua



Fuente: Elaboración propia.

Los flujos obtenidos se encuentran detallados en la “Tabla 13: Estimación de los flujos de agua”.

Tabla 13: Estimación de los flujos de agua

	2011		2012					
	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Extracción V1	104.750	125.760	124.781	115.798	125.670	82.510	71.090	58.450
Extracción V2	213.507	222.046	229.529	211.741	267.303	205.706	148.420	137.613
Jardines	8.830	15.230	11.630	4.394	8.980	4.920	3.360	0
Servicios	54.906	70.276	77.155	81.048	71.733	47.805	39.085	35.130
Lavadora línea 3	17.612	13.050	7.970	2.590	16.320	10.740	12.110	9.000
Caldera	5.100	3.779	2.308	750	4.726	3.110	3.507	2.606
Cip-pisos-correas transportadoras	18.302	23.425	25.718	27.016	23.911	15.935	13.028	11.710
Producto	149.809	164.925	159.316	154.883	181.197	121.979	95.196	82.721
Saneado de red	7.541	6.699	4.250	4.885	5.604	8.677	4.987	6.395
Planta de Tratamiento de Aguas Servidas	54.906	70.276	77.155	81.048	71.733	47.805	39.085	35.130
Planta de RILES	113.542	112.605	117.839	91.608	140.043	118.432	85.229	78.212

*Datos en hectólitros. Fuente: Elaboración propia.

5.7 Estimación de pérdidas

Para determinar la cantidad de agua potencialmente recuperable, tomamos como pérdida toda el agua que llega a la planta de RILES. Esto es, el agua utilizada en la lavadora de la línea 3, caldera, correas transportadoras, saneados de red y de equipos, y el agua que se pierde en las máquinas monoblock de cada línea de producción. El valor total de pérdidas, correspondientes al período comprendido entre Noviembre de 2011 y Junio de 2012, se encuentran en la “Tabla 13: Estimación de los flujos de agua”.

5.8 Simulación del recorrido del agua.

El primer paso de la simulación es la definición del problema y los objetivos y metas que se espera alcanzar con la simulación.

Una vez finalizada el primer paso, se procede con la recolección de los datos necesarios y junto con esto se realiza el modelo conceptual del sistema. Hay que tener presente que el modelo conceptual debe representar de manera fiel al sistema real.

Una vez que se tiene el modelo conceptual correcto, se continúa con la programación computacional de éste (que en este caso se realizará con el software de simulación ARENA versión 11.0). Luego se verifica el correcto funcionamiento haciendo un análisis de la animación del modelo propuesto.

Y por último, para la validación del modelo, se comparan los datos reales con los obtenidos con la simulación.

5.8.1 Definición del problema, objetivos y metas.

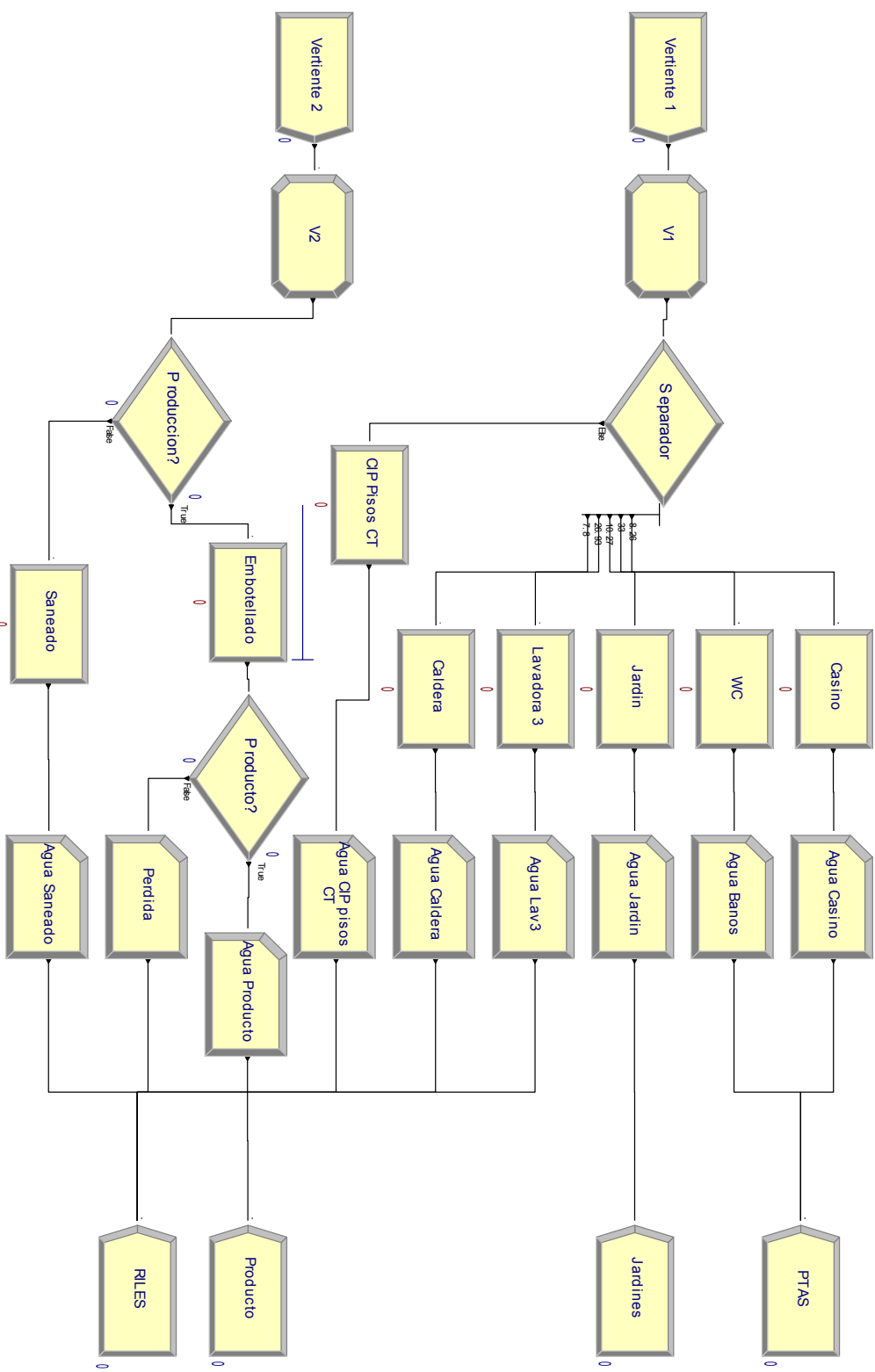
Lo que se pretende al hacer una simulación de la situación actual es comparar ésta con las distintas alternativas que se presentarán en este trabajo, y así determinar cuál es la alternativa que mejor se adapta a las necesidades de la empresa.

5.8.2 Modelo conceptual del sistema.

Para crear el modelo conceptual del circuito del agua en la planta utilizaremos el diagrama mostrado en el apartado 5.6 (*Fig. 20: “Balance general de agua”*).

5.8.3 Programación en ARENA.

Fig. 21: Programación en ARENA situación actual



Fuente: Elaboración propia.

5.8.4 Resultados de la simulación.

V1	21.599HI
Casino	1.024HI
Baños	4.027HI
Jardín	1.524HI
Lav3	2.330HI
Caldera	705HI
CIP-pisos-CT	11.989HI

V2	43.200HI
Saneado	1.289HI
Embotellado	41.911HI
Producto	29.200HI
Pérdida	12.711HI

RILES	29.024HI
Lav3	8,03%
Caldera	2,43%
CIP-pisos-CT	41,31%
Saneado	4,44%
Pérdida	43,79%

PTAS	5.051HI
Baños	79,73%
Casino	20,27%

Las tablas V1 y V2 corresponden a cómo se distribuye el agua proveniente desde las vertientes 1 y 2 respectivamente. Las tablas RILES y PTAS muestran, en porcentaje, desde dónde provienen las aguas que ahí se acumulan.

5.8.5 Validación del modelo.

Tabla 14: Comparación situación actual y resultados simulación

		Simulación		
	Proceso	HI/Semana	HI/Semana	Diferencia
V1		23.110	21.599	-6,54%
	Casino	1.091	1.024	-6,14%
	Baños	4.362	4.027	-7,68%
	Jardín	1.639	1.524	-7,02%
	Lav3	2.554	2.330	-8,77%
	Caldera	740	705	-4,73%
	CIP-pisos-CT	12.724	11.989	-5,78%
V2		46.748	43.200	-7,59%
	Saneado	1.401	1.289	-7,99%
	Embotellado	45.347	41.911	-7,58%
	Producto	31.715	29.200	-7,93%
	Pérdida	13.632	12.711	-6,76%
	PTAS	5.453	5.051	-7,37%
	RILES	31.051	29.024	-6,53%

Fuente: Elaboración propia.

Como puede observarse, los datos obtenidos mediante la simulación se asemejan a los valores promedios reales.

5.9 Propuesta de reducción del consumo.

5.9.1 Política de uso responsable del agua.

Como ya se ha mencionado anteriormente, el agua es la principal materia prima de Cachantun, por lo que se hace necesario disminuir las pérdidas de ésta. Para esto proponemos incluir dentro de las políticas de la empresa Políticas de Uso Responsable del Agua, para así involucrar y establecer las responsabilidades de todo el conjunto empresa en el manejo responsable del agua.

El manejo o uso responsable del agua se refiere a ocupar estrictamente la cantidad necesaria para ciertas actividades evitando así el desperdicio de ésta. Teniendo presente que el agua que puede ahorrarse en una actividad, puede ser utilizada en otra.

Como objetivo principal de estas políticas se tiene, por un lado, que los trabajadores conozcan por qué es necesario un uso responsable del agua y cómo, a través de sus propias acciones pueden influir en los beneficios de la empresa. Y por otro lado, que sepan cómo desarrollar dichas acciones de la forma más fácil, de modo que la utilización responsable del agua sea una práctica habitual.

La necesidad de establecer políticas de uso responsable del agua se basa en la cantidad de agua utilizada por persona en la empresa. De acuerdo a las Organización de las Naciones Unidas, la cantidad mínima de agua que requiere una persona en forma diaria para la satisfacción de sus necesidades básicas es de 60lt, llegando, en el caso de Cachantun, a ser más de doce veces mayor, con un promedio de 764lt por día.

5.9.2 Orientación estratégica de la política de uso del agua

Fundamentos de la política

La preocupación central de la política de uso responsable del agua es el cuidado del recurso principal de la empresa. Dentro del cuidado está la minimización de pérdidas por problemas de infraestructura y el desperdicio generado por el mal uso que los trabajadores dan al agua.

Principios de la política

Roles de los directivos y trabajadores: En el logro del uso responsable del agua, los directivos y trabajadores tienen un rol principal. Son ellos mismos los que deben buscar las mejores prácticas para el cuidado del recurso.

Participación: La aplicación y éxito de la política sólo es posible mediante la participación de todos los integrantes de la empresa. Esta participación va a permitir buscar acuerdos y obtener soluciones mediante el aporte de todo el grupo empresa.

Prevención: Este principio pretende evitar que se produzcan problemas por falta de agua, y opera sobre la misma premisa de que superar los problemas una vez producidos, es más costoso y menos eficaz que su prevención.

Sostenibilidad: Reconocer que el recurso hídrico puede agotarse si los niveles de extracción sobrepasan los límites físicos. Se debe asumir un compromiso de protección de los recursos naturales para que las generaciones futuras tengan el derecho de uso y goce de dichos recursos.

Mejoramiento continuo: Se debe generar un proceso de verificación sistemático sobre la gestión del recurso hídrico, de tal manera que se puedan corregir y alcanzar mejoras del sistema. El cambio esperado sólo puede llevarse a cabo de manera gradual.

Perfección: Apunta a fortalecer y mejorar el modelo de gestión actual, adoptando nuevos mecanismos e instrumentos para la continuidad de la Política de uso responsable.

Transparencia: Tener a disposición de las autoridades, la población y otros grupos de interés sobre la información del agua que utilizan en la planta.

Objetivos de la política

El objetivo general de la política es promover el uso responsable del recurso agua con miras a garantizar en el futuro el abastecimiento y disponibilidad del mismo. Disminuyendo conjuntamente los costos asociados al tratamiento y uso que conlleva.

Lineamientos estratégicos, sus objetivos y acciones estratégicas principales.

Creación de una nueva cultura: inducir a través de educación formal e informal nuevas conductas y actitudes de los trabajadores en su relación con el aprovechamiento del agua, como elemento para entender la complejidad de la gestión de este recurso y su interdependencia con los factores económicos, sociales y ambientales, de tal forma que tengamos una participación más comprometida e informada, que permita cambiar la cultura de abundancia.

- Favorecer la interiorización de conocimientos en los trabajadores a través de la educación formal e informal, que promueva la creación de una cultura del agua para el uso adecuado.
- Concientizar por medio de inducción, sensibilización y capacitación sobre la importancia de las acciones conjuntas entre los directivos y trabajadores para el uso responsable del agua.

Comunicación de la política: Entregar toda la información necesaria a todas las personas pertenecientes a la empresa, con el objetivo de mantenerlos actualizados sobre el avance de los cambios.

- Dar a conocer los compromisos asumidos por la gerencia.
- Asegurar el entendimiento de los roles y responsabilidades de cada trabajador.
- Pedir sugerencias percibiendo así los puntos de vista del personal.
- Informar sobre el desempeño logrado por la empresa con relación al cumplimiento de la política.

Desarrollo de indicadores: Desarrollar indicadores que permitan medir el desempeño de la empresa y verificar el cumplimiento de la implementación de esta Política.

- Implementar indicadores necesarios para medir y demostrar el avance de la política.

Participación de los usuarios: Consolidar la participación de los usuarios en el manejo del agua y promover la cultura de su buen uso.

- Diseño e implantación de estrategias a nivel de empresa para posicionar al agua como recurso estratégico y crear conciencia sobre el uso responsable y eficiente del mismo.
- Desarrollo de métodos y mecanismos de planeación participativa en apoyo a la toma de decisiones.

5.9.3 Capacitación a trabajadores

Tabla 15: Distribución de las cantidades (hectólitros) actuales de las dos vertientes

Vertiente1		23.110	100%
Jardines		1.639	7,09%
Baños		4.362	18,87%
Casino		1.091	4,72%
Caldera		740	3,20%
Lav3		2.554	11,05%
CIP/Pisos/CT		12.724	55,06%

Vertiente2		46.748	100%
Saneados		1.401	3,00%
Producción		45.347	97,00%
	Producto	31.715	69,94%
	Pérdida	13.632	30,06%

Fuente: Elaboración propia.

Al analizar la distribución del agua extraída desde la vertiente 1 se puede apreciar, que donde intervienen directamente los trabajadores (baños y casino), y de donde se puede

obtener un resultado más rápido, representa el segundo mayor consumo equivalente a un 23,59%, por lo se puede concluir que estos actores se convierten en un potencial foco de atención para reducir los consumos de agua.

Es a través de lo anterior que se considerará un plan de capacitación a todos los trabajadores de la empresa, que permita generar conciencia sobre el cuidado de este recurso y un consiguiente uso responsable del mismo. Para lo cual se adoptarán las siguientes acciones:

- **Desarrollar e implementar un plan estratégico sobre el uso responsable del recurso hídrico.**

El objetivo de este plan estratégico, consiste básicamente en generar conciencia a nivel de empresa sobre el uso eficiente del agua. Y así unirse a las directrices de sustentabilidad y sostenibilidad de la compañía.

Este plan involucra la difusión de la información, tanto en reuniones con el personal, como la presentación física, verbal y digital de una campaña del uso responsable. Para esta implementación se hace necesario contar principalmente con la participación de las Gerencias de Marketing y de Personas, ya que se requerirá de ellos un trabajo en conjunto frente a los desafíos que involucra esto.

Posteriormente, a nivel local se realizará una reunión de presentación para contextualizar y presentar a los trabajadores sobre los nuevos desafíos de la empresa en cuanto al cuidado del recurso, buscando desde la partida una participación y compromiso en todos los niveles de la organización. Junto a esto se mostrará los indicadores de evaluación mensual y situación actual de los mismos. Y, además, definirán las obligaciones y responsabilidades del grupo.

Adicionalmente, se hace necesario exponer mensualmente sobre los indicadores y la evolución de los mismos, de forma que los resultados puedan ser conocidos y debatidos por todos contribuyendo a una retroalimentación grupal y dejando de manera explícita que el avance del plan es tarea de todos.

Algunos indicadores que podemos mencionar son:

Indicador de consumo = total consumo agua (baños y casino)/número trabajadores

Indicador consumo baño = Baño/(casino+baño)

Indicador consumo casino = casino/(casino+baño)

Cambios de hábitos de consumo

- Reparación de fugas. En un baño, un inodoro que tiene una fuga puede llegar a gastar 200m³ al año. En lavamanos, lavaplatos y duchas, el goteo de una llave representa una pérdida de 30lt al día, lo que significa más de 10m³ al año.
- Se debe tirar la cadena del inodoro sólo cuando sea necesario, y no se debe usar de papelera. Se ahorrará la capacidad del estanque (aproximadamente 10lt cada vez).
- Al lavarse los dientes, no dejar la llave abierta, pues se puede llegar a gastar entre 5 y 10lt por cada minuto que permanece abierta.
- Al ducharse, cerrar las llaves mientras se enjabona puede llegar a ahorrar 150lt por cada vez.
- Se deben reparar todas las llaves que gotean y revisar las llaves mal cerradas. Se puede ahorrar hasta 180lt al mes.

5.9.4 Distribución esperada del agua con la implementación de las propuestas

Actualmente en la empresa se están utilizando, en promedio, semanalmente la cantidad de hectólitros mostrada en la siguiente tabla:

Tabla 16: Distribución actual del agua

Vertiente1		23.110
	Jardines	1.639
	Baños	4.362
	Casino	1.091
	Caldera	740
	Lav3	2.554
	CIP/Pisos/CT	12.724

Vertiente2		46.748	
	Saneados	1.401	
	Producción	45.347	
		Producto	31.715
		Pérdida	13.632

PTAS	5.453
RILES	31.051

**Datos en hectólitros. Fuente: Elaboración propia.*

Para una situación ideal, en la que se neutralicen las pérdidas que se producen por desperfectos en los artefactos, fugas y llaves que quedan abiertas, el consumo de agua quedaría como sigue:

Tabla 17: Distribución del agua tomando en cuenta la neutralización de las pérdidas

		Actual	Propuesta		
Vertiente1		23.110	20.850	Ahorro 10%	
	Jardines	1.639	1.639		
	Baños	4.362	2.102	Ahorro 52%	
	Casino	1.091	1.091		
	Caldera	740	740		
	Lav3	2.554	2.554		
	CIP/Pisos/CT	12.724	12.724		
Vertiente2		46.748	46.748		
	Saneados	1.401	1.401		
	Producción		45.347	45.347	
		Producto	31.715	31.715	
		Pérdida	13.632	13.632	

	Actual	Propuesta	
PTAS	5.453	3.193	Ahorro 41%
RILES	31.051	31.051	

**Datos en hectólitros. Fuente: Elaboración propia.*

En una situación en la que se hace un cambio de los artefactos de casino y baños. Llaves de lavaplatos, en las que se podría ahorrar hasta un 61%. Llaves de lavamanos, duchas y urinarios, y los estanques de los inodoros, que en conjunto podrían disminuir hasta un 56%. Los consumos de agua quedan de la siguiente forma:

Tabla 18: Distribución del agua con la propuesta de cambio a artefactos más eficientes

		Actual	Propuesta	
Vertiente1		23.110	19.994	Ahorro 13%
	Jardines	1.639	1.639	
	Baños	4.362	1.911	Ahorro 56%
	Casino	1.091	425	Ahorro 61%
	Caldera	740	740	
	Lav3	2.554	2.554	
	CIP/Pisos/CT	12.724	12.724	

		Actual	Propuesta		
Vertiente2		46.748	46.748		
	Saneados	1.401	1.401		
	Producción	45.347	45.347		
	Producto	31.715	31.715		
	Pérdida	13.632	13.632		
		PTAS	5.453	2.337	Ahorro 57%
		RILES	31.051	31.051	

**Datos en hectólitros. Fuente: Elaboración propia.*

En una situación ideal en la que se realiza el cambio a artefactos más eficientes y anulando las pérdidas, el consumo de agua queda:

Tabla 19: Distribución del agua cambiando a artefactos más eficientes y anulando las pérdidas

		Actual	Propuesta		
Vertiente1		23.110	19.004	Ahorro 18%	
	Jardines	1.639	1.639		
	Baños	4.362	921	Ahorro 79%	
	Casino	1.091	425	Ahorro 61%	
	Caldera	740	740		
	Lav3	2.554	2.554		
	CIP/Pisos/CT	12.724	12.724		
		PTAS	5.453	1.347	Ahorro 41%
		RILES	31.051	31.051	

		Actual	Propuesta	
Vertiente2		46.748	46.748	
	Saneados	1.401	1.401	
	Producción	45.347	45.347	
	Producto	31.715	31.715	
	Pérdida	13.632	13.632	

**Datos en hectólitros. Fuente: Elaboración propia.*

Una situación ideal, en la que se realiza el cambio de los artefactos actuales por unos más eficientes, se anulan las pérdidas, y se crea conciencia en las personas, esperando una disminución de un 15% del agua que utiliza cada una, el consumo queda como se muestra en la Tabla 20.

Tabla 20: Distribución del agua cambiando a artefactos eficientes, neutralizando las pérdidas y generando conciencia de ahorro

		Actual	Propuesta		
Vertiente1		23.110	18.866	Ahorro 18%	
	Jardines	1.639	1.639		
	Baños	4.362	783	Ahorro 82%	
	Casino	1.091	425	Ahorro 61%	
	Caldera	740	740		
	Lav3	2.554	2.554		
	CIP/Pisos/CT	12.724	12.724		
Vertiente2		46.748	46.748		
	Saneados	1.401	1.401		
	Producción		45.347	45.347	
		Producto	31.715	31.715	
		Pérdida	13.632	13.632	
		Actual	Propuesta		
		PTAS	5.453	1.209	Ahorro 78%
		RILES	31.051	31.051	

**Datos en hectólitros. Fuente: Elaboración propia.*

En una situación ideal, en la que se reutiliza el agua que se pierde luego de que las máquinas llenadoras efectúen el lavado de las botellas, el consumo es como sigue:

Tabla 21: Distribución del agua reutilizando las pérdidas generadas en las máquinas llenadoras

		Actual	Propuesta		
Vertiente1		23.110	9.478	Ahorro 59%	
	Jardines	1.639	1.639		
	Baños	4.362	4.362		
	Casino	1.091	1.091		
	Caldera	740	740		
	Lav3	2.554	2.554		
	CIP/Pisos/CT	12.724	12.724		
Vertiente2		46.748	46.748		
	Saneados	1.401	1.401		
	Producción		45.347	45.347	
		Producto	31.715	31.715	
		Pérdida	13.632	13.632	
		Actual	Propuesta		
		PTAS	5.453	5.453	
		RILES	31.051	17.419	Ahorro 44%
		Vertiente1		13.632	

**Datos en hectólitros. Fuente: Elaboración propia.*

5.9.5 Resumen de las propuestas

Un resumen de las alternativas presentadas se puede observar en las siguientes tablas comparativas:

Tabla 23: Comparación alternativas de ahorro I

Situación Actual	Neutralización pérdidas baños			Cambio a artefactos eficientes			Cambio a artefactos eficientes y anulación de pérdidas					
	HL	Costo	Ahorro	HL	Costo	Ahorro	HL	Costo	Ahorro			
Extracción V1	23.110	\$1.043.948 ¹	9,78%	20.850	\$941.857 ¹	111,357 ²	19.994	\$903.189 ¹	13,48%	19.004	\$858.468 ¹	17,77%
		\$94.751 ²	\$85.485 ²		\$111.357 ²	\$81.975 ²		\$153.535 ³	\$77.916 ²		\$202.315 ³	
Extracción V2	46.748	\$2.111.747 ¹	0,00%	46.748	\$2.111.747 ¹	0,00%	46.748	\$2.111.747 ¹	0,00%	46.748	\$2.111.747 ¹	0,00%
		\$191.667 ²	\$191.667 ²		\$0 ³	\$191.667 ²		\$0 ³	\$191.667 ²		\$0 ³	
PTAS	5.453		41,45%	3.193		44,95%	3.002		44,95%	2.012		63,10%
RILES	31.051		0,00%	31.051		0,00%	31.051		0,00%	31.051		0,00%

Fuente: Elaboración propia.

¹Costo equivalente de la extracción de agua desde la vertiente.

²Costo energético por concepto de uso de bomba de extracción.

³Ahorro con respecto a la situación actual.

Tabla 24: Comparación alternativas de ahorro II

Situación Actual	Cambiando a artefactos eficientes, anulando las pérdidas, conciencia de ahorro			Reutilización del agua de pérdidas de máquinas llenadoras			Cambiando a artefactos eficientes, anulando las pérdidas, conciencia de ahorro, recirculación pérdidas llenadoras		
	HL	Costo	Ahorro	HL	Costo	Ahorro	HL	Costo	Ahorro
Extracción V1	23.110	\$1.043.948 ¹	18.866	\$852.234 ¹	\$428.150 ¹	58,99%	5.234	\$236.435 ¹	77,35%
		\$94.751 ²	\$77.351 ²	\$209.115 ³	\$38.860 ²	\$671.690 ³	\$880.804 ³	\$21.459 ²	\$880.804 ³
Extracción V2	46.748	\$2.111.747 ¹	46.748	\$2.111.747 ¹	\$2.111.747 ¹	0,00%	46.748	\$2.111.747 ¹	0,00%
		\$191.667 ²	\$191.667 ²	\$0 ³	\$191.667 ²	\$0 ³	\$0 ³	\$191.667 ²	\$0 ³
PTAS	5.453		1.874			0,00%	1.874		65,63%
RILES	31.051		31.051			0,00%	17.419		43,90%

Fuente: Elaboración propia.

¹Costo equivalente de la extracción de agua desde la vertiente.²Costo energético por concepto de uso de bomba de extracción.³Ahorro con respecto a la situación actual.

5.9.6 Ahorro esperado por cada artefacto propuesto

El detalle de los artefactos y estanques de inodoros eficientes que se utilizaron en las alternativas anteriormente presentadas se detallan a continuación:

Tabla 25: Ahorro esperado por cambio de llaves de lavaplatos

	T ^u uso [seg]	Flujo[lit/min]	Costo[\$/m ³]	Costo por uso	Veces uso	Costo total	Uso agua
Normal	10	20	451,73	\$ 1,5058	32.730	\$ 49.284	1.091,00
Eficiente	10	7,8	451,73	\$ 0,5872	32.730	\$ 19.221	425,49
Ahorro							
Ahorro total							

Ahorro total 665,51 HI

\$ 30.063

Fuente: Elaboración propia.

Las llaves de los lavaplatos que se utilizan actualmente en la empresa tienen un flujo de 20[lit/min] y se pretende adquirir unos con un flujo de 7,8[lit/min]. Lo que se traduce en un ahorro semanal de hasta 665,51HI.

Tabla 26: Ahorro esperado por cambio de llaves de lavamanos

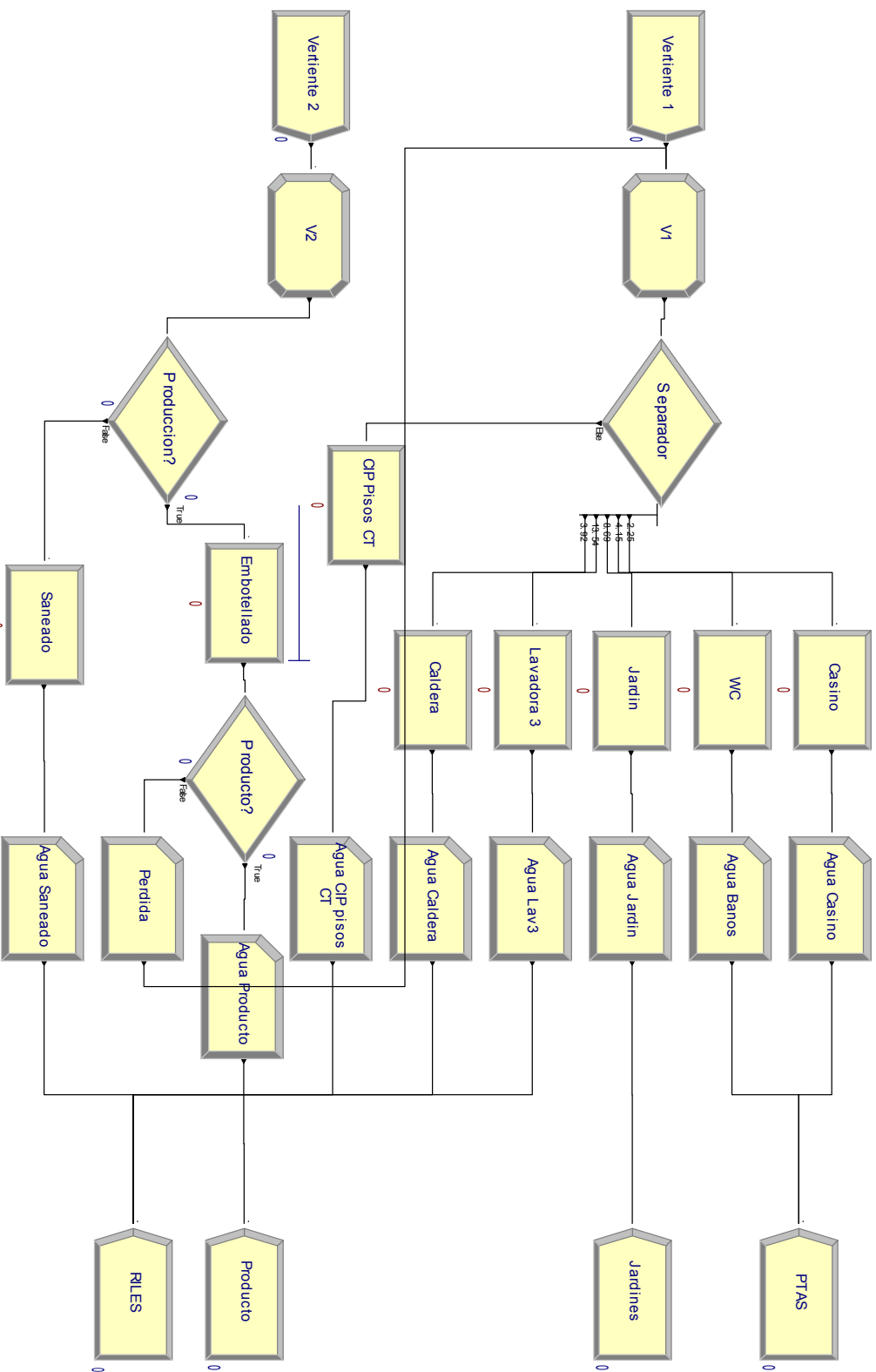
	T ^u uso [seg]	Flujo[lit/min]	Costo[\$/m ³]	Costo por uso	Veces uso	Costo total	Uso agua
Normal	15	7	451,73	\$ 0,7905	67.299	\$ 53.202	1.177,74
Eficiente	15	3	451,73	\$ 0,3388	67.299	\$ 22.801	504,75
Ahorro							
Ahorro total							

Ahorro total 672,99 HI

\$ 30.401

5.10 Simulación de la propuesta.

Fig. 22: Programación en ARENA alternativa propuesta



Fuente: Elaboración propia.

5.10.1 Resultados de la simulación

V1	5.927HI	V2	43.149HI	RILES	16.327HI
Casino	451HI	Saneado	1.213HI	Lav3	13,78%
Baños	787HI	Embotellado	41.936HI	Caldera	4,43%
Jardín	1.589HI	Producto	29.292HI	CIP-pisos-CT	74,36%
Lav3	2.250HI	Pérdida	12.644HI	Saneado	7,43%
Caldera	724HI				
CIP-pisos-CT	12.140HI	PTAS	1.238HI		
		Baños	63,57%		
		Casino	36,43%		

Las tablas V1 y V2 corresponden a cómo se distribuye el agua proveniente desde las vertientes 1 y 2 respectivamente. Las tablas RILES y PTAS muestran, en porcentaje, desde dónde provienen las aguas que ahí se acumulan.

Tabla 30: Comparación entre resultados de la simulación de la propuesta y los resultados esperados

	Proceso	Simulación		
		HI/Semana	HI/Semana	Diferencia
V1		5.234	5.297	1,20%
	Casino	425	451	6,12%
	Baños	783	787	0,51%
	Jardín	1.639	1.589	-3,05%
	Lav3	2.554	2.250	-11,90%
	Caldera	740	724	-2,16%
	CIP-pisos-CT	12.724	12.140	-4,59%
V2		46.748	43.149	-7,70%
	Saneado	1.401	1.213	-13,42%
	Embotellado	45.347	41.936	-7,52%
	Producto	31.715	29.292	-7,64%
	Pérdida	13.632	12.644	-7,25%
	PTAS	1.208	1.238	2,48%
	RILES	17.419	16.327	-6,27%

Fuente: Elaboración propia.

Como puede observarse, los datos obtenidos mediante la simulación se asemejan a los valores esperados.

La siguiente tabla muestra la variación en el consumo de agua de la propuesta con respecto a la situación actual:

Tabla 31: Variación entre datos de la simulación de la situación actual versus datos de la simulación de la propuesta

		Actual	Propuesta	
	Proceso	HI/Semana	HI/Semana	Diferencia
V1		21.599	5.297	-75,48%
	Casino	1.024	451	-55,96%
	Baños	4.027	787	-80,46%
	Jardín	1.524	1.589	4,27%
	Lav3	2.330	2.250	-3,43%
	Caldera	705	724	2,70%
	CIP-pisos-CT	11.989	12.140	1,26%
V2		43.200	43.149	-0,12%
	Saneado	1.289	1.213	-5,90%
	Embotellado	41.911	41.936	0,06%
	Producto	29.200	29.292	0,32%
	Pérdida	12.711	12.644	-0,53%
	PTAS	5.051	1.238	-75,49%
	RILES	29.024	16.327	-43,75%

Fuente: Elaboración propia.

6. Evaluación de la propuesta

6.1 Valorización de la propuesta

6.1.1 Cambio de artefactos eficientes

Por concepto de cambio de los artefactos por unos más eficientes se puede lograr un ahorro de hasta 2.580,95HI semanales. Lo que equivale a un 11,17% de lo que actualmente se extrae desde la vertiente 1. El costo de los artefactos y el ahorro que podrían llegar a generar se presenta detalladamente en la siguiente tabla:

Tabla 32: Resumen del ahorro esperado de los artefactos y el monto de la inversión que se debe realizar

	Consumo[HI]	Cantidad	Ahorro[HI]	Ahorro ¹	Costo unitario	Costo total
Casino	1.091					
Lavaplatos	1.091	2	665,51	\$ 30.063	\$ 70.210	\$ 140.420
Baños	4.362					
Lavamanos	1.177,74	40	672,99	\$ 30.401	\$ 35.688	\$ 1.427.520
Duchas	697,92	36	407,12	\$ 18.391	\$ 22.015	\$ 792.540
Inodoros	1.875,66	18	468,92	\$ 21.182	\$ 24.990	\$ 449.820
Urinarios	610,68	10	366,41	\$ 15.767	\$ 22.015	\$ 220.150
		Ahorro total	2.580,95	\$ 115.804	Inversión	\$ 3.030.450
			Ahorro anual	\$ 5.558.606		

**Datos semanales. Fuente: Elaboración propia.*

¹Ahorro equivalente por concepto de menor uso de agua.

6.1.2 Instalación de reutilización de pérdidas

Tabla 33: Inversión Instalación de reutilización de pérdidas

Presupuesto Instalación de Reutilización de pérdidas				
Productos y Materiales	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total Neto
Cañerías acero ASTM-A 53 3"	[Unid]	29	\$ 323.000	\$ 9.367.000
Materiales de acople (20% de costo cañerías)	[\$]			\$ 1.873.400
Relleno	[m3]	14	\$ 12.000	\$ 168.000
Bomba Modelo HF8A	[Unid]	2	\$ 635.000	\$ 1.270.000
Servicios	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total Neto
Excavación y traslado de material	[m3]	17,31	\$ 10.000	\$ 173.100
Instalación Cañerías	[m]	174	\$ 3.500	\$ 609.000

Inversión Total de Instalación	
Costo Directo	\$ 13.460.500
Gastos Generales (10 %)	\$ 1.346.050
Utilidades proveedor oferente (20 %)	\$ 2.692.100
Total Neto	\$ 17.498.650

El anterior presupuesto fue confeccionado con asesoría de una empresa externa respecto a los requerimientos presentados sobre el circuito de cañerías dibujado en el mapa adjunto en el anexo.

6.2 Ahorro

Tabla 34: Ahorro esperado

	2014	2015	2016	2017	2018
Ahorro					
Extracción de agua	1.023.281	1.132.475	1.236.829	1.344.409	1.451.183
Tratamiento RILES	709.236	784.918	857.246	931.810	1.005.815
Tratamiento PTAS	241.494	267.264	291.892	317.281	342.479

**Datos en hectólitros. Fuente: Elaboración propia.*

Con la propuesta se espera un ahorro para los próximos cinco años como se muestra en la “Tabla 28: Ahorro esperado”. Para el año 2014, por ejemplo, se espera que 1.023.281HI de agua se puedan ahorrar en la extracción desde la vertiente 1. Y que 950.730HI menos sean tratados en la planta de tratamiento de RILES y de aguas servidas.

El ahorro en la extracción conlleva un ahorro en el gasto energético por la menor utilización de la bomba, dicho ahorro se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 35: Ahorro costo energético por concepto de bomba

	2014	2015	2016	2017	2018
Extracción de agua	\$ 4.195.451	\$ 4.643.147	\$ 5.070.997	\$ 5.512.077	\$ 5.949.850

Fuente: Elaboración propia.

Como puede observarse, en los próximos cinco años se espera ahorrar por concepto de energía \$20.563.229, traído a valor presente con una tasa del 7%.

6.3 VAN

Tabla 36: Evaluación Económica de la alternativa

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
Ahorro							
	Extracción de agua		\$ 46.224.663	\$ 51.157.282	\$ 55.871.256	\$ 60.730.994	\$ 65.554.290
	Costo energético		\$ 4.195.451	\$ 4.643.147	\$ 5.070.997	\$ 5.512.077	\$ 5.949.850
Inversión							
	Artefactos eficientes						
	Instalación de reutilización de pérdidas						
Flujo	-\$ 20.529.100	\$ 50.420.114	\$ 55.800.429	\$ 60.942.253	\$ 66.243.071	\$ 71.504.141	

VAN	\$ 226.595.775
Tasa	7%

TIR	255%
-----	-------------

Fuente: *Elaboración propia.*

El VAN determinado anteriormente se obtuvo considerando el costo equivalente de agua que se ahorra en la extracción, el costo energético que se ahorra por concepto de utilización de bombas de extracción y la inversión que debe realizarse tanto para los artefactos eficientes que se utilizarán en baños y casino, como para la instalación de reutilización de las pérdidas de las máquinas llenadoras de las líneas de producción.

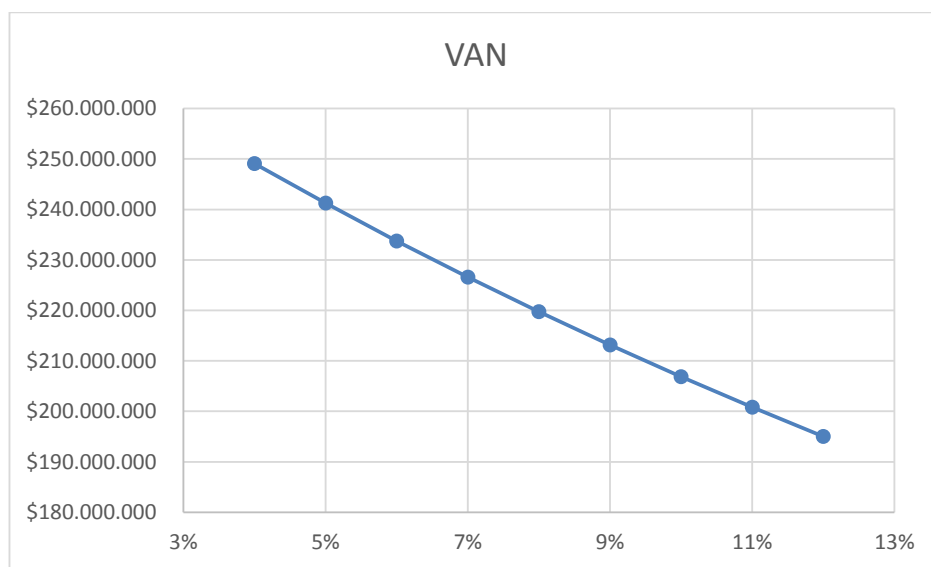
6.3.1 Variación del VAN a distintas tasa de descuento

Tabla 37: Variación del VAN en función de la Tasa de descuento

Tasa	VAN
4%	\$ 249.115.899
5%	\$ 241.270.603
6%	\$ 233.770.290
7%	\$ 226.595.775
8%	\$ 219.729.141
9%	\$ 213.153.638
10%	\$ 206.853.595
11%	\$ 200.814.346
12%	\$ 195.022.150

Fuente: Elaboración propia.

Fig. 23: Variación del VAN en función de la Tasa de descuento



Fuente: Elaboración propia.

7. Conclusión

El agua embotellada es cada vez más demandada en Chile. Según la Asociación Nacional de Bebidas Refrescantes (ANBER), entre Enero y Septiembre del presente año se vendieron 267 millones de litros, lo que equivale a un 11,2% más que en el mismo período del año anterior. Aquí se consumen cerca de 16,5 litros per cápita cada año, pero se espera siga creciendo, pues el consumo promedio a nivel mundial es de 20 litros per cápita.

Antecedentes como estos, sumado a la escasez del recurso a nivel mundial motivaron y causaron la necesidad de proponer un estudio y desarrollo de una política de uso responsable del recurso.

El análisis de los procesos permitió identificar que el flujo de agua utilizada por los trabajadores, en baños y casino, es donde se puede realizar un cambio a corto plazo, ya que el consumo calculado es de doce veces mayor a la cantidad mínima que requiere una persona para satisfacer sus necesidades básicas.

La simulación mostrada arrojó los puntos críticos de intervención, es decir, aquellos flujos potenciales de reducción, como las pérdidas generadas en las máquinas llenadoras, pues representan un 29% del total de la extracción de la correspondiente vertiente. Esta agua, luego de ser acumulada y filtrada se une a la red de distribución de la vertiente 1 generando un ahorro anual en la extracción de dicha vertiente de 68.635m^3 , contribuyendo también a un menor gasto energético de la bomba de extracción, de \$2.814.053.

Adicionalmente, con la concientización del personal, y la instalación de artefactos eficientes, se estima una reducción de 82% en el uso del agua en baños, y de 61% en el casino. La inversión total de estos artefactos asciende a \$3.030.450.

La extracción de agua en 2011 fue de 278.877m^3 y la producción para el mismo año fue de 124.562m^3 , con lo que se obtiene que por cada 2,24lt de agua extraída, se embotelló 1lt de producto.

La propuesta presentada incluye la instalación de un sistema de reutilización de las pérdidas generadas en las máquinas llenadoras de las líneas de producción. Esta instalación tiene un costo total de \$17.498.650.

Con la propuesta de reducción de agua presentada en este trabajo, y con los mismos niveles de consumo y producción correspondientes al año 2011, se tendría: para obtener 1lt de producto se debería extraer 1,69lt de agua. Lo que equivale a una disminución considerable de 24,6%. Esto se traduciría en un ahorro anual del agua extraída de 68.635m^3 .

Toda vez que los ahorros y direccionamientos de flujo se validaron mediante simulación demostrando un ahorro efectivo para los próximos cinco años de \$20.563.229, un ahorro en la extracción desde la vertiente 1 de 618.818m^3 , y ahorro en el tratamiento de RILES y en la PTAS de 428.902m^3 y 146.141m^3 respectivamente.

Más allá de los beneficios económicos que se pueden conseguir con la disminución en la extracción del recurso hídrico, permite extender la disponibilidad del mismo, contribuyendo también a la disminución del impacto ambiental que el sistema productivo

inevitablemente provoca. Además la imagen corporativa se ve potenciada a través de la difusión de un proceso sostenible sobre el uso consciente y cuidado del recurso hídrico.

Bibliografía

Hernández F., Fabiola (2006). “Evaluación técnico-económica de alternativas de tratamiento y disposición de residuos industriales líquidos generados en Nestlé Maipú”. Trabajo de título para optar al título de Ingeniero Bioquímico”.

Ladrón de Guevara, Christian (2006), “Rediseño planta tratamiento de riles viña Veramonte”. Trabajo de título para optar al título de Ingeniero Civil Químico.

Hernández F., Fabiola (2006). “Evaluación técnico-económica de alternativas de tratamiento y disposición de residuos industriales líquidos generados en Nestlé Maipú”. Trabajo de título para optar al título de Ingeniero Bioquímico”.

Res DGA N°249, (Oct. 2011) “Área de restricción para nuevas extracciones de aguas subterráneas en los sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común denominados San Fernando Y Chimbarongo, Región del Libertador Bdo. O’Higgins y Región del Maule”. Extraído el 07 de Mayo de 2012 desde <http://www.dga.cl/ADMINISTRACIONRECURSOSHIDRICOS/AREASDERESTRICCION/Paginas/default.aspx>

DFL 1122, (1981) “Código de Aguas”. Extraído el 11 de Mayo de 2012 desde <http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=5605>

Comisión Chilena del Cobre, (2011). “Buenas prácticas y uso eficiente del agua en la industria minera”. Extraído el 20 de Abril de 2012 desde http://www.cochilco.cl/productos/pdf/Buenas_Practicas_y_Uso_Eficiente_del_Agua_enlaindustriaminera.pdf

DTO 46, (2003) “Establece norma de emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas”. Extraído el 11 de Mayo de 2012 desde <http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=206883&idVersion=2003-01-17>

“Gestión y Tratamiento de Agua Subterránea, Caso Planta Fraccionadora de Gas, Polo Petroquímico Bahía Blanca”. Extraído el 11 de Mayo de 2012 desde http://www.edutecne.utn.edu.ar/agua/Agua-subt_polo_petr.pdf

“Gestión de Aguas Residuales”. Extraído el 11 de Mayo de 2012 desde <http://www.euetii.upc.es/continguts/APUNTS/CURTIDOS/Master/Aguas%20residuales/1%20Gestion%20agua%20industria.pdf>

“Acción Para el Agua, Oportunidades de Negocio en el Sector del Agua”. Extraído el 10 de Marzo de 2013 desde http://www.conama11.vsf.es/conama10/download/files/conama11/AEs%202010/1896707818_ppt_ACajigas.pdf

Anexo 1: Grado de utilización del agua de producto (Agua de V2).

Cantidad de hectolitros extraídos de la vertiente 2:

	2010	2011
Enero	207.320	202.790
Febrero	170.980	185.574
Marzo	270.740	188.496
Abril	229.480	136.145
Mayo	147.389	100.815
Junio	129.331	108.145
Julio	121.953	142.915
Agosto	146.310	129.749
Septiembre	165.600	123.066
Octubre	173.125	148.185
Noviembre	221.130	213.507
Diciembre	211.960	222.046

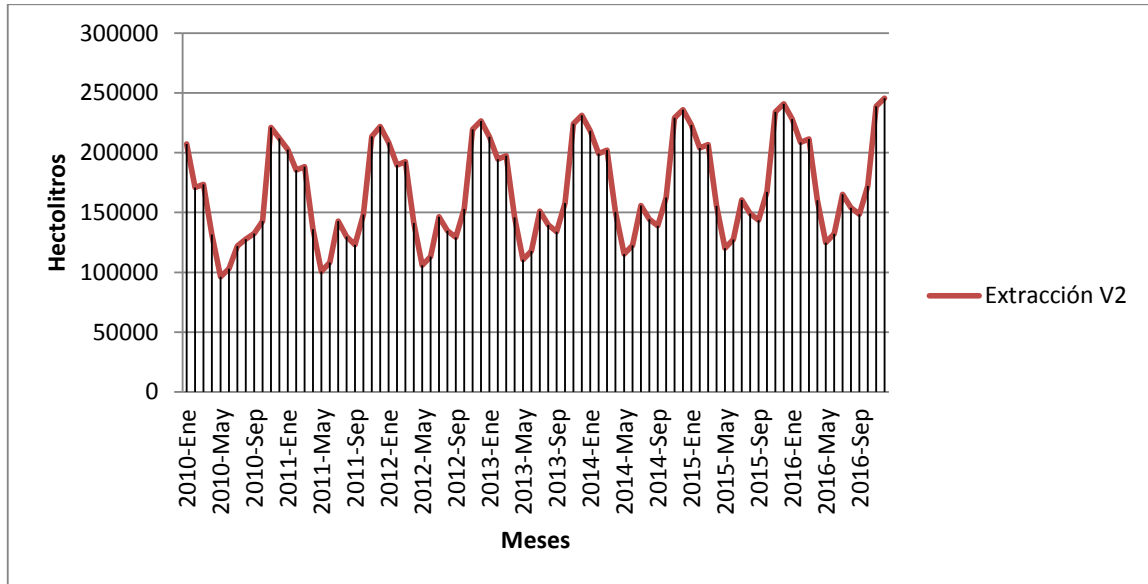
Fuente: Datos otorgados por Planta Cachantun.

Los pronósticos se realizaron con el software Forecast Pro. Se ingresó los datos y el mismo programa recomendó utilizar el método de suavización exponencial. Los datos arrojados fueron:

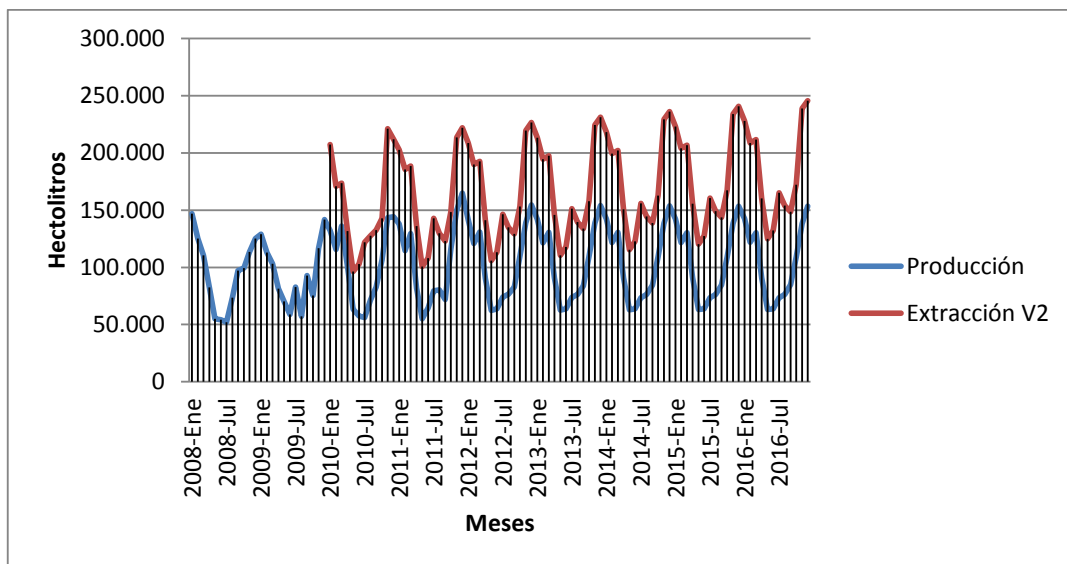
Pronóstico extracción (en hectolitros) vertiente 2:

	2012	2013	2014	2015	2016
Enero	208.655,9	213.381,6	218.302,3	223.190,4	228.055,5
Febrero	189.789,6	194.526,7	199.289,5	204.028,0	208.771,0
Marzo	192.633,6	197.372,1	202.107,7	206.829,0	211.560,6
Abril	141.162,8	145.915,2	150.718,1	155.512,7	160.307,7
Mayo	105.827,1	110.592,9	115.388,1	120.180,0	124.974,8
Junio	113.102,1	117.878,5	122.661,2	127.444,9	132.233,5
Julio	146.460,2	151.206,8	155.838,7	160.486,3	165.165,6
Agosto	134.889,2	139.624,7	144.385,8	149.168,5	153.961,9
Septiembre	129.226,7	133.975,4	138.835,2	143.713,0	148.583,8
Octubre	153.102,5	157.842,3	162.591,3	167.360,6	172.140,8
Noviembre	219.568,3	224.325,3	229.185,8	234.058,6	238.920,5
Diciembre	226.594,9	231.340,7	236.064,5	240.803,4	245.554,4

Gráfico pronóstico de la extracción vertiente 2 (en hectolitros):

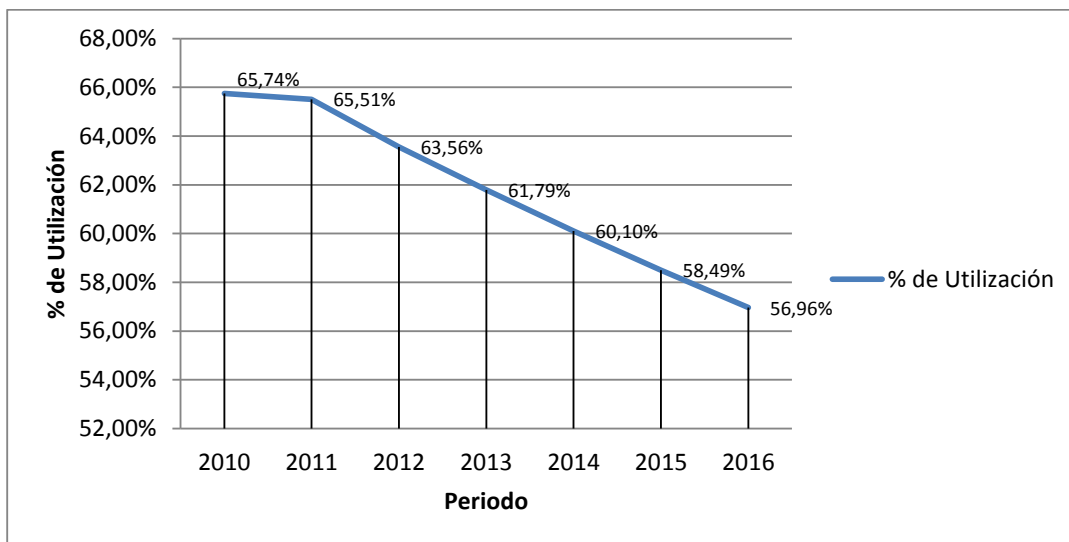


A continuación se muestra el gráfico que une los pronósticos de producción y extracción vertiente 2 (en hectolitros):



En el gráfico anterior muestra que las líneas de tendencia de los pronósticos anteriores están fuertemente relacionadas, es por esto que se presenta a continuación los resultados de la diferencia entre las curvas para conocer el porcentaje de agua extraída que finalmente es parte del producto final.



Por otro lado, uno de los principales motivos del desarrollo de esta tesis, se justifica en la siguiente gráfica, pues indica el porcentaje de eficiencia del agua producto versus el agua extraída, en donde claramente, en base a los pronósticos, con el pasar de los años, se reduciría el porcentaje del aprovechamiento del agua de producto.



Anexo 2: Descripción de artefactos eficientes propuestos.

Tabla 38: Detalle de artefactos eficientes propuestos

Artefacto	Descripción
 <p>Precio : \$ 70.210</p>	<p>Código: Q332000-00 Fabricación: Italia. Cierre: Italiano regulable. Material: OT58, alta resistencia a la corrosión, especial para Chile. Caudal: 7.8lt/min. 1.3lt por pulsación a 3bar Tiempo de corte: 10 segundos, standard. Consumo de agua: Aproximadamente un 60% menor que la grifería tradicional. Garantía: 5 años.</p>
 <p>Precio : \$ 35.688</p>	<p>Código: Q321000-00 Fabricación: Chile. Cierre: Europeo regulable. Material: OT58, alta resistencia a la corrosión, especial para Chile. Caudal: 3lt a 2.5bar. Tiempo de corte: Regulable entre 6 y 15 segundos. Consumo de agua: Aproximadamente un 60% menor que la grifería tradicional. Garantía: 5 años. Certificación: Cesmec.</p>
 <p>Precio : \$ 22.015</p>	<p>Código: Q3D2A00-00 Fabricación: Chile. Cierre: Europeo regulable. Material: OT58, alta resistencia a la corrosión, especial para Chile. Caudal: 7.5lt/min. 5.6lt por pulsación a 3bar Tiempo de corte: 45 segundos, standard. Consumo de agua: Aproximadamente un 60% menor que la grifería tradicional. Garantía: 5 años. Certificación: Cesmec.</p>
<p>Llave urinario</p>	<p>Código: Q3U2A00-00 Fabricación: Chile. Cierre: Europeo regulable. Material: OT58, alta resistencia a la corrosión, especial para Chile. Caudal: 7lt/min. Consumo entre 0.6 y 1.9lt por pulsación a 3bar.</p>

 <p>Precio : \$ 22.015</p>	<p>Tiempo de corte: Se puede regular entre 5 y 15 segundos.</p> <p>Consumo de agua: Aproximadamente un 60% menor que la grifería tradicional.</p> <p>Garantía: 5 años.</p> <p>Certificación: Cesmec.</p>
<p>Estanque sanitario</p> 	<p>Marca: Corona.</p> <p>Modelo: Ganamax.</p> <p>Origen: Colombia.</p> <p>Peso aproximado: 13.9kg.</p> <p>Capacidad: 6lt.</p> <p>Descarga: Dual Flush.</p> <p>Garantía: Loza de por vida.</p> <p>Observaciones: Incluye fitting.</p> <p>Valor: \$24.990.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 3: Evaluación económica sin considerar el ahorro equivalente.

Evaluación económica de la alternativa, considerando sólo el ahorro en el costo energético por concepto del menor uso de la bomba de extracción, sin considerar el ahorro equivalente.

Tabla 39: Evaluación económica de la alternativa sin considerar el ahorro equivalente

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
Bomba							
Extracción de agua		\$ 4.195.451	\$ 4.643.147	\$ 5.070.997	\$ 5.512.077	\$ 5.949.850	
Inversión							
Artefactos eficientes							
Instalación de reutilización de pérdidas							
Total		-\$ 20.529.100	\$ 4.195.451	\$ 4.643.147	\$ 5.070.997	\$ 5.512.077	\$ 5.949.850
Tasa							
VAN							

TIR **7,06%**

7%

\$ 34.129,11

Fuente: Elaboración propia.

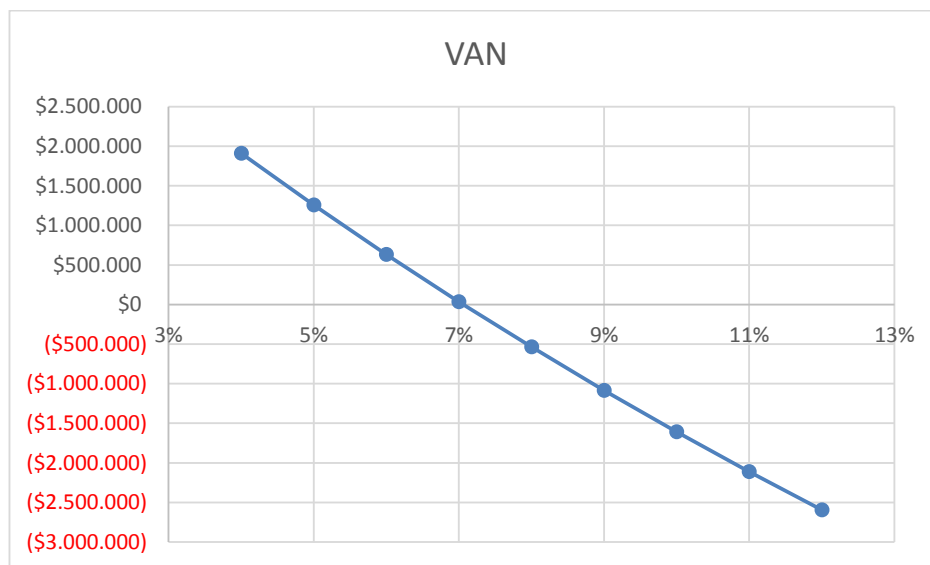
Variación del VAN a distintas tasas de descuento sin considerar el costo equivalente ahorrado por la menor extracción de agua.

Tabla 40: Variación del VAN en función de la Tasa de descuento

Tasa	VAN
4%	\$ 1.908.026
5%	\$ 1.255.220
6%	\$ 631.120
7%	\$ 34.129
8%	-\$ 537.243
9%	-\$ 1.084.389
10%	-\$ 1.608.615
11%	-\$ 2.111.140
12%	-\$ 2.593.108

Fuente: Elaboración propia.

Fig. 24: Variación del VAN en función de la Tasa de descuento



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 4: Plano circuito de cañerías para recirculación de las pérdidas