



¡Error!

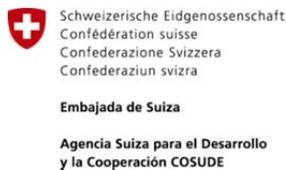
Secuencia no especificada.

## ANÁLISIS DE HUELLA HIDRICA EN LA PLANTA DE FABRICACIÓN DE TUBERÍAS EN EL AGUSTINO

Documento elaborado para:

**Mexichem**<sup>®</sup>  
SOLUCIONES INTEGRALES

**Un proyecto de:**



**Ejecutada por:**



**Con el apoyo científico:**



**Octubre 2015**

	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición	Unidad Funcional	
	2013	Tubería de desagüe SAL 4"	001	

Este reporte es un producto del Proyecto SuizAgua Andina Perú

SuizAgua Andina Perú se constituye en una alianza público privada entre el gobierno Suizo, a través de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), y 5 empresas líderes en Perú con el objetivo de medir y reducir su huella hídrica, ejecutar planes de responsabilidad social y ambiental enfocados en el tema del agua y diseminar nuevos conocimientos y demás desarrollos del proyecto. Este reporte ha sido preparado por la ONG Agualimpia, organismo ejecutor del proyecto por encargo de COSUDE, con asesoría y apoyo científico de Quantis. Este y más productos de conocimiento desarrollados como parte del proyecto Suizagua Andina Perú son accesibles en [www.suizagua.org](http://www.suizagua.org). Por favor dirigir todas las consultas sobre este reporte a las oficinas de Mexichem Perú / ONG Agualimpia - equipo SuizAgua Andina Perú.

Carlos Campillo  
Gerente General Mexichem Perú,  
E-mail: [ccampillo@mexichem.com](mailto:ccampillo@mexichem.com)  
Teléfono: 3620016

Mercedes Castro  
Gerente General ONG Agualimpia  
E-mail: [mcastro@agualimpia.org](mailto:mcastro@agualimpia.org)  
Teléfono: 2223605

Alejandro Conza, Jefe del Proyecto SuizAgua Andina Perú  
E-mail: [aconza@agualimpia.org](mailto:aconza@agualimpia.org)  
Teléfono: 2223605

Blanca Alfaro, Ingeniero a cargo de la evaluación de la Huella Hídrica  
E-mail: [balfaro@agualimpia.org](mailto:balfaro@agualimpia.org)  
Teléfono: 2223605

	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición 2013	Unidad Funcional Tubería de desagüe SAL 4"	

### Información del Proyecto

<b>Título</b>	SuizAgua Andina Perú Sector Privado
<b>Título de reporte</b>	Análisis de la Huella Hídrica en la planta de fabricación de tuberías en el Agustino acorde la norma ISO 14046
<b>Empresa Socia de SuizAgua Andina Perú</b>	Mexichem
<b>Declaración de Responsabilidad</b>	La información contenida en este reporte ha sido compilada y/o calculada de fuentes que se consideran creíbles. La aplicación de los datos es estrictamente bajo el criterio y la responsabilidad del lector. Agualimpia y COSUDE no son los responsables de ningún daño causado por el uso de la información contenida en este documento.
<b>Equipo del Proyecto SuizAgua Andina Perú</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alejandro Conza, Jefe del Proyecto SuizAgua Andina Perú (<a href="mailto:aconza@agualimpia.org">aconza@agualimpia.org</a>)</li> <li>- Blanca Alfaro, Asistente de Ingeniería (<a href="mailto:balfaro@agualimpia.org">balfaro@agualimpia.org</a>)</li> <li>- Rony Laura, Asistente de Ingeniería (<a href="mailto:rlaura@agualimpia.org">rlaura@agualimpia.org</a>)</li> </ul>
<b>Revisor del Reporte según ISO 14046 numeral 7.3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Xavier Bengoa, consultor ACV de Quantis (<a href="mailto:xavier.bengoa@quantis-intl.com">xavier.bengoa@quantis-intl.com</a>)</li> </ul>
<b>Representante Mexichem empresa socia de SuizAgua Andina Perú</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Carlos Campillo, Gerente General de Mexichem Perú (<a href="mailto:ccampillo@mexichem.com">ccampillo@mexichem.com</a>)</li> </ul>
<b>Equipo Asesor en ISO 14046 Quantis</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Samuel Vionnet, consultor ACV (<a href="mailto:Samuel.vionnet@quantis-intl.com">Samuel.vionnet@quantis-intl.com</a>)</li> <li>- Simon Gmuender, consultor ACV (<a href="mailto:simon.gmuender@quantis-intl.com">simon.gmuender@quantis-intl.com</a>)</li> </ul>
<b>Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Jean Gabriel Duss, Director de Cooperación – Programas Globales en la región Andina (<a href="mailto:jean-gabriel.duss@eda.admin.ch">jean-gabriel.duss@eda.admin.ch</a>)</li> <li>- Carla Toranzo, Oficina del Programa Global Agua en la Región Andina (<a href="mailto:carla.toranzo@eda.admin.ch">carla.toranzo@eda.admin.ch</a>)</li> </ul>

	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición 2013	Unidad Funcional Tubería de desagüe SAL 4"	

## Contenido

RESUMEN EJECUTIVO .....	7
<b>Abreviaciones y acrónimos .....</b>	<b>12</b>
1. INTRODUCCIÓN .....	16
1.1. Descripción general del análisis de ciclo de vida y huella hídrica .....	17
1.2. Contexto y antecedentes .....	17
2. OBJETIVOS Y ALCANCE .....	19
2.1. Objetivos y aplicación prevista.....	19
2.2. Descripción General .....	19
2.3. Función del sistema y unidad Funcional .....	21
2.4. Límites del Sistema.....	21
2.5. Reglas de asignación .....	22
2.6. Datos de inventario, fuentes e hipótesis .....	23
2.8. Evaluación de impactos relacionados con el recurso hídrico .....	30
2.9. Análisis de calidad de los datos.....	32
2.10. Análisis de sensibilidad.....	35
2.11. Revisión crítica.....	35
3. RESULTADOS .....	36
3.1. Balance Hídrico Directo.....	36
3.2. Agua Consumida.....	38
3.3. Indicadores de Impacto.....	41
3.3.1. Índice de Impacto Hídrico, WIIX.....	41
3.3.2. Impactos Potenciales en salud humanan y calidad de los ecosistemas .....	42
4. DISCUSIÓN.....	45
4.1. Agua Consumida.....	46
4.2. Índice de Impacto Hídrico, WIIX.....	46
4.3. Impactos potenciales en la salud humana y calidad de los ecosistemas.....	47
4.3.1. Impactos potenciales en la salud humana .....	47

	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición 2013	Unidad Funcional Tubería de desagüe SAL 4"	

4.3.2.	Impactos potenciales en la calidad de los ecosistemas .....	47
4.4.	Análisis de sensibilidad.....	47
5.	LIMITACIONES DEL ESTUDIO .....	51
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	52
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	53

## INDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1.	DIAGRAMA DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN DE PVC.....	20
ILUSTRACIÓN 2.	DESCRIPCIÓN SINTETIZADA DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN ESTUDIADO PARA EL ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA .....	22
ILUSTRACIÓN 3.	CLASIFICACIÓN DE LOS INDICADORES DE PUNTO FINAL (QUANTIS) .....	32
ILUSTRACIÓN 4.	BALANCE HÍDRICO DIRECTO .....	36
ILUSTRACIÓN 5.	INVENTARIO DE USO DIRECTO DE AGUA .....	37
ILUSTRACIÓN 6.	AGUA CONSUMIDA PARA 1 TUBERÍA DE PVC SAL DE 4" .....	38
ILUSTRACIÓN 7.	CONSUMO DIRECTO DE AGUA .....	39
ILUSTRACIÓN 8.	CONSUMO INDIRECTO DE AGUA .....	40
ILUSTRACIÓN 9.	CONSUMO DE AGUA EN LA CADENA DE SUMINISTROS.....	40
ILUSTRACIÓN 10.	ÍNDICE DE IMPACTO HÍDRICO .....	42
ILUSTRACIÓN 11.	IMPACTO POTENCIAL EN LA SALUD HUMANA .....	43
ILUSTRACIÓN 12.	IMPACTO POTENCIAL EN LA CALIDAD DE OS ECOSISTEMAS.....	44

	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición	Unidad Funcional	
	2013	Tubería de desagüe SAL 4"	001	

## INDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1. CONSIDERACIONES Y CRITERIOS GENERALES DE CÁLCULO .....</b>	<b>24</b>
<b>TABLA 2. CONSUMO DE AGUA POTABLE DE USO DOMESTICO.....</b>	<b>25</b>
<b>TABLA 3. CONSUMO DE AGUA POTABLE PARA USO INDUSTRIAL .....</b>	<b>26</b>
<b>TABLA 4. SALIDA DE AGUA DOMESTICA A LA ALCANTARILLA .....</b>	<b>26</b>
<b>TABLA 5. PERDIDA DE AGUA POR EVAPORACIÓN .....</b>	<b>26</b>
<b>TABLA 6. SALIDA DE AGUA INDUSTRIAL A LA ALCANTARILLA .....</b>	<b>27</b>
<b>TABLA 7. SALIDA DE AGUAS OLEOSAS .....</b>	<b>27</b>
<b>TABLA 8. CONSUMO DE CARBONATO DE CALCIO .....</b>	<b>28</b>
<b>TABLA 9. CONSUMO DE RESINA DE PVC .....</b>	<b>28</b>
<b>TABLA 10. TIPO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA SEGÚN LA INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA) .....</b>	<b>29</b>
<b>TABLA 11. CONSUMO DE ELECTRICIDAD .....</b>	<b>29</b>
<b>TABLA 12. CONSUMO DE COMBUSTIBLE GLP .....</b>	<b>30</b>
<b>TABLA 13. TRANSPORTE DE SUMINISTRO EN CAMIONES MAYORES DE 28 TONELADAS .....</b>	<b>30</b>
<b>TABLA 14. ANÁLISIS DE CALIDAD DE DATOS.....</b>	<b>34</b>
<b>TABLA 15. INSUMOS CON MAYOR APORTE AL CONSUMO DE AGUA INDIRECTO, PROCESO SELECCIONADO EN BASE DE DATOS DE QUANTIS PARA SU MODELACIÓN Y SU RESPECTIVO CONSUMO DE AGUA. ...</b>	<b>41</b>
<b>TABLA 16. PUNTOS CRÍTICOS DE ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA MEXICHEM (2013) .....</b>	<b>45</b>
<b>TABLA 17. PROCESOS SELECCIONADOS PARA REALIZAR EL ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LOS INSUMOS ESCOGIDOS.....</b>	<b>48</b>
<b>TABLA 18. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD .....</b>	<b>48</b>

	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición	Unidad Funcional	
	2013	Tubería de desagüe SAL 4"	001	

## RESUMEN EJECUTIVO

SuizAgua Andina (SA) es un proyecto de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), mediante el cual Suiza aspira a contribuir con Chile y Perú en la mejor gestión de los recursos hídricos, uno de los desafíos más apremiantes para el desarrollo regional. El proyecto inicio en diciembre del 2012 y tiene una duración de 3 años.

SA tiene el objetivo principal de influenciar el dialogo político en Gestión Integrada de los Recursos Hídricos para asegurar un uso más sostenible del agua y evitar conflictos, el proyecto está basado en el concepto de huella hídrica. En Perú, SA tiene una línea específica de trabajo con el sector privado, con el objetivo de que las compañías clave adopten el concepto de huella hídrica para contribuir a la asignación más equitativa de los recursos hídricos disponibles y que el concepto y herramientas relacionadas a la huella hídrica, sean desarrolladas y diseminadas en la región Andina por actores empresariales clave con influencia en la región, de modo que puedan servir de modelo y así facilitar su escalamiento para lograr un mayor impacto en beneficio de las personas.

La metodología empleada para la medición de la huella hídrica, es acorde la norma ISO 14046:2014 de huella hídrica cuyo desarrollo fue apoyado por COSUDE<sup>1</sup>, e involucra la contabilidad del agua en los procesos productivos (análisis del inventario de huella hídrica), la evaluación de potenciales impactos causados por la huella hídrica y la interpretación de los resultados. Su enfoque metodológico se basa en el análisis de ciclo de vida (ACV) aplicado al uso del agua, calculando su consumo y contaminación en la cadena de valor de un producto o servicio, proceso u organización, además de los impactos potenciales en la salud humana y la calidad de los ecosistemas.

Mexichem es una empresa productora de tuberías y accesorios de PVC y polietileno, líder en el mercado peruano y en la región ([www.pavco.com.pe](http://www.pavco.com.pe)), pertenece al grupo Mexichem líder en la industria química y petroquímica global.

Mexichem considera importante saber cuál es el consumo de agua y los impactos hídricos que genera la producción de su producto más representativo, una tubería de desagüe SAL de 4" en su planta de producción de El Agustino (Lima). A partir de estos resultados, Mexichem i) implementará acciones dentro de la empresa y con sus proveedores para reducir su huella hídrica y ii) desarrollará proyectos de responsabilidad social corporativa en agua para compensar y mitigar

<sup>1</sup> A través de la participación de Sebastien Humbert en el comité de desarrollo de la norma. Sebastien Humbert es Director Científico de Quantis International.

	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición	Unidad Funcional	
	2013	Tubería de desagüe SAL 4"	001	

sus impactos hídricos en las cuencas identificadas, beneficiando a la población de sus zonas de influencia.

En el presente informe se indican las principales consideraciones y estimaciones usadas para determinar la Huella Hídrica de la producción de una tubería de desagüe SAL 4" en la planta de producción de El Agustino (Lima). La planta de producción se ubica dentro de la cuenca del Rímac, la cual tiene un alto índice de stress hídrico (1 Pfister et. al 2009)). Su principal fuente de agua es superficial, que lo provee la empresa prestadora de servicios Sedapal. La descarga de aguas residuales es dispuesta en la red de alcantarillado que luego es tratada en una planta de aguas residuales de Sedapal. Los principales insumos El principal insumo de producción es la resina de PVC y el carbonato de calcio que son transportados desde su lugar de origen (USA y Huaral, Lima). El informe abarca el periodo comprendido entre Enero y Diciembre de 2013.

### Objetivo y Alcance.

Mexichem definió como objetivo principal analizar la huella hídrica de 1 tubería PVC de desagüe SAL 4" de diámetro, 3 metros de longitud y 2.591 kg de peso en su planta de producción de la Av. Nugget ubicada en el distrito de El Agustino. Toma como base el año 2013, año en que produjo 954,152 tuberías.

A partir de los resultados de este estudio y en el marco del proyecto SuizAgua Andina Perú, Mexichem se propone i) implementar acciones dentro de la empresa y con sus proveedores para reducir su huella hídrica y ii) desarrollar proyectos de responsabilidad social corporativa en agua para compensar y mitigar sus impactos hídricos en las cuencas identificadas.

### Productos y definición del sistema

El estudio considera el análisis de la huella hídrica en el periodo de tiempo enero - diciembre de 2013. Para fines del estudio, se han considerado todas las áreas dentro de la planta de El Agustino: unidad de producción, administración, ventas, comedor, camerinos y riego de áreas verdes. La producción de energía eléctrica tiene como componentes básicos los siguientes:

- Dosificar y alimentar la extrusora
- Extrusión de compuesto
- Formación de masa plastificada
- Calibración de manga por vacío
- Refrigeración de tuberías
- Arrastre de tubería
- Rotulado
- Cortado de tubería

	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición	Unidad Funcional	
	2013	Tubería de desagüe SAL 4"	001	

- Acampanado
- Empaquetado de tuberías

Para el análisis de la huella hídrica se ha desarrollado la metodología propuesta en la norma ISO 14046; el sistema definido considera la evaluación desde el origen de la materia prima hasta el punto de entrega de las tuberías "de la cuna a la puerta".

### Resultados generales

- **Agua consumida.** Según el análisis de la huella hídrica efectuada, una tubería de desagüe SAL de 4" producida durante el 2013 en la planta de producción del Agustino ha consumido 398 litros de agua. El 92% del agua consumida proviene del uso indirecto en la cadena de suministro, representado principalmente de la resina de PVC, 7.98% proviene del uso indirecto de agua en electricidad y transporte y el 0.02% está representado por el consumo directo.
- **Impacto Hídrico.** Este indicador relaciona la cantidad de agua consumida con el impacto por su degradación y por el stress hídrico en la zona de extracción. Según la evaluación de la huella hídrica efectuada, una tubería de desagüe SAL de 4" producida durante el 2013 en la planta de producción de El Agustino tiene un WIIX de 0.3162 m<sup>3</sup> eq/tubería SAL de 4". El 90.45% del WIIX corresponde al impacto producido en la cadena de suministros, representado principalmente por la resina de PVC y el Carbonato de Calcio. El 8.78% del WIIX está asociado al uso indirecto del agua, representado principalmente por la electricidad y el 0.77% del impacto está asociado al consumo directo del agua. El uso directo del agua adquiere mayor importancia en el WIIX debido a que el estrés hídrico de la zona donde está localizada la planta de El Agustino es alto (1), por lo tanto su impacto aumenta.
- **Impacto en la salud humana.** Según la evaluación de la huella hídrica efectuada una tubería de desagüe SAL de 4" producida durante el 2013 en la planta de producción de El Agustino tiene un impacto en la salud humana de 1.14 E-03DALY/tubería SAL 4". Casi la totalidad del impacto (99.74%) se relaciona a impactos potenciales por desnutrición, en términos de origen, la mayor incidencia corresponde a la cadena de suministro, representado principalmente por el carbonato de calcio.
- **Impacto en el Ecosistema.** Según la evaluación de la huella hídrica efectuada, una tubería de desagüe SAL de 4" producida durante el 2013 en la planta de producción de El Agustino, tiene un impacto en el ecosistema de 1.27 E-01 PDF-m<sup>2</sup>-año/tubería SAL 4". El 86.41% de todo el impacto en ecosistemas se atribuye a perturbaciones por disminución de disponibilidad de agua, principalmente en Ecosistema 99.08%.

	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición	Unidad Funcional	
	2013	Tubería de desagüe SAL 4"	001	

El 88.5% del impacto total en ecosistemas se produce en el consumo indirecto siendo la resina de PVC su mayor representada. El 11.1% del impacto es producido por el uso indirecto de agua principalmente por la electricidad (86.1%).

### **Análisis de sensibilidad**

Al ser la cadena de suministros el mayor impacto en la evaluación de la huella hídrica, se desarrolló un análisis de sensibilidad considerando dos escenarios: en el primero se sustituye al proceso elegido para la resina del PVC como suspensión polimerizada por resina de PVC granulado. El segundo escenario sustituye al proceso elegido para el Carbonato de Calcio como Caliza por Carburo de Calcio.

Los resultados obtenidos ratifican la importancia de la resina de PVC en la producción de la tubería. Usando el proceso polyvinylidenchloride, granulate, at plant/RER U para la resina de PVC, la huella de la tubería disminuye en 252 litros de agua y usando calcium carbide, technical grade, at plant/RER U para el carbonato de calcio, la huella de la tubería aumenta en 9 litros.

Se asumió un cambio de localización para ver la variación del WIIX, en el cual se escogió dos países uno con estrés hídrico bajo y otro con estrés hídrico medio, la cantidad del WIIX disminuye notablemente en comparación con el escenario base donde el WIIX es alto.

### **Limitaciones**

En el análisis de los consumos indirectos, el grado de incertidumbre de los procesos seleccionados es medio, debido a que los procesos de producción usados como referencia (Dataset de Ecoinvent/Quantis) no son particulares de Perú. Se han utilizado factores de regionalización para adaptarlos. La precisión de los datos de referencia es buena en todos los casos, con excepción de los consumos directos. Ya que los datos fueron estimados a partir de balances hídricos y validados por la empresa. De la literatura revisada, se ha identificado que los consumos e impactos más importantes se encuentran en la fase de producción, por lo que se han desestimado las fases posteriores a la extrusión: distribución, ventas. Existe una gran incertidumbre en la cadena de suministros de la resina de PVC, que es el insumo más importante y el más usado en la producción de la tubería en estudio.

### **Conclusiones y recomendaciones**

- La planta de El Agustino, se encuentra en un lugar con alto indicador de escasez hídrica acorde a Pfister et al. (2009). El WSI del lugar tiene un valor de 1 y se ubica en la región Lima. El WSI estima el estrés hídrico asociado al suministro y la demanda de agua en una zona determinada. La magnitud del WSI de la zona donde se encuentra la planta de El Agustino, indica que el riesgo de agotamiento es alto.

	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición	Unidad Funcional	
	2013	Tubería de desagüe SAL 4"	001	

- Los resultados muestran que los mayores consumos de agua e impactos se relacionan a la cadena de suministro, específicamente al uso de resina de PVC, insumo elemental para la producción de la tubería de desagüe SAL de 4" en la planta de El Agustino. Además, el análisis de sensibilidad mostró que al utilizar procesos diferentes (otras opciones en cuanto a insumos) la evaluación no varía relativamente haciendo uso de otro tipo de resina y con el uso de otro procesos relacionado hay carbonato de calcio no hay mucha diferencia y no varía mucho en sus conclusiones.
- Del análisis de huella hídrica se pudo identificar la importancia de la gestión del recurso hídrico, ya que el hecho de no tener medidores en las diferentes áreas no nos permite tener un análisis más específico del recurso hídrico en la planta, por otro lado el análisis nos hace ver que el uso indirecto de agua como energía eléctrica, va tomando importancia en el WIIIX e impacto a los ecosistemas, a partir de esto se pueden realizar mejoras, para una mayor eficiencia energética en la planta.
- Se debe poner medidores en las diferentes áreas de la empresa para tener un número exacto de consumo de agua así obtener datos reales de los usos domésticos de agua. Para cada año de medición se debe construir un proceso para electricidad, ya que todos los años los porcentajes de generación de energía eléctrica son diferentes.
- El mayor énfasis para reducir los impactos por uso directo de agua deben direccionarse a la mejora de la calidad del agua residual vertida, que es proveniente del uso doméstico. La principal estrategia para reducir el índice de impacto hídrico es incrementar la eficiencia de la PTAR, incluso más allá de cumplir solamente la normatividad nacional.
- Considerar la incorporación de medidores de electricidad en las máquinas de extrusión e inyección para tener un número exacto en el consumo de electricidad.
- Se debería exigir a los proveedores una ficha técnica más detallada, incluyendo lugar de origen de la materia prima. Eso facilitaría elegir los procesos que están en la base de datos y el lugar de origen es importante ya que este dato se refleja el índice de impacto hídrico, el impacto en la salud y también en los ecosistemas.
- Considerar el transporte de suministros desde el lugar de origen hasta el puerto del Callao.

	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición	Unidad Funcional	
	2013	Tubería de desagüe SAL 4"	001	

## Abreviaciones y acrónimos

ACV	Análisis de Ciclo de Vida
COSUDE	Agencia Suiza para la Cooperación y Desarrollo
DALY	Disability Adjusted Life years
GLO	Global
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática
ISO	International Organization for Standardization
LCA	Life Cycle Assessment
LCI	Life Cycle Inventory
LDPE	Low-density polyethylene
MINAM	Ministerio del Ambiente
ONG	Organización no Gubernamental
PDF	Potentially Disappeared Fraction of species per m <sup>2</sup> per year
PE	Perú
PTAR	Planta de tratamiento de aguas residuales
RIL	Residuos industriales líquidos
SA	SuizAgua Andina
SEDAPAL	Servicio de Agua Potable y Alcantarillado
SETAC	Society of environmental Toxicology and Chemistry
UF	Unidad Funcional
UNEP	The United Nations Environment Programme
WIIX	Water Impact Index
WSI	Water Stress Index

	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición	Unidad Funcional	
	2013	Tubería de desagüe SAL 4"	001	

## DEFINICIONES

\*Las definiciones se basan en las normas ISO 14040/14044/14046.

**Agua dulce (fresca):** agua con una baja concentración de sólidos disueltos.

**Agua subterránea:** Agua retenida y que puede ser recuperada de una formación subterránea

**Agua superficial:** Agua en flujo superficial y almacenada, como ríos y lagos, excluyendo el agua salada.

**Análisis de Ciclo de Vida:** recopilación y evaluación de las entradas, salidas y los potenciales impactos ambientales de un sistema productivo a lo largo de su ciclo de vida.

**Análisis de inventario de Ciclo de Vida:** Fase de la evaluación del ciclo de vida, incluye la recopilación y cuantificación de entradas y salidas para un producto durante su ciclo de vida

**Análisis de inventario de huella hídrica:** fase de la evaluación de huella hídrica que incorpora la recopilación y cuantificación de entradas y salidas relacionadas con el agua para productos, procesos u organizaciones.

**Análisis de Huella Hídrica:** Recopilación y evaluación de las entradas, salidas y los potenciales impactos ambientales relacionados al agua usada o afectada por un producto, proceso u organización.

**Análisis integral de huella hídrica:** evaluación de huella hídrica que considera todos los atributos ambientales relevantes o aspectos del ambiente natural, la salud humana y los recursos relacionados con el agua, incluyendo la disponibilidad y la degradación de la calidad del agua.

**Análisis de los impactos de Huella Hídrica:** Fase de la evaluación de huella hídrica, posterior al análisis de inventario de huella hídrica, ayuda a entender y evaluar la magnitud y el significado de los impactos potenciales ambientales relacionados al agua de un producto, proceso u organización.

**Calidad del agua:** Características físicas, químicas y biológicas del agua con respecto a su idoneidad para un uso previsto por los seres humanos o ecosistemas.

**Categoría de impacto:** clasificación que representa aspectos ambientales de interés para asignar los resultados del análisis del inventario de ciclo de vida.

	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición	Unidad Funcional	
	2013	Tubería de desagüe SAL 4"	001	

**Categoría de punto medio:** Variable intermedia que evalúa el riesgo asociado a las extracciones (entradas) y emisiones (salidas) relacionadas con una categoría de salida.

**Categoría de punto final:** atributo o aspecto del medio ambiente, la salud humana o los recursos, que identifica un problema ambiental de interés.

**Ciclo de vida:** etapas consecutivas e interrelacionadas de un sistema productivo, desde la adquisición de materias primas o la generación de los recursos naturales hasta la disposición final del producto.

**Consumo de agua:** extracción de agua que no retorna a la fuente de origen, debido a evaporación, incorporación a un producto, trasvase de cuenca o vertida al mar.

**Co-producto:** Cualquiera de los productos procedentes del mismo proceso unitario o sistema de producto

**Degradación de agua:** cambio negativo en la calidad del agua.

**Disponibilidad de agua:** Grado en que los seres humanos y los ecosistemas tienen suficientes recursos para sus necesidades.

**Escasez de agua:** Medida en que la demanda de agua se compara con la reposición de agua en un área, por ejemplo, drenaje de una cuenca, sin considerar la calidad de agua.

**Extracción de agua:** Remoción antropogénica de cualquier cuerpo de agua, ya sea de manera temporal o permanente.

**Huella hídrica:** métricas que cuantifican los potenciales impactos ambientales relacionados con el recurso hídrico.

**Indicador de categoría de impacto:** representación cuantificable de una categoría de impacto.

**Inventario de Huella Hídrica:** Resultado del análisis de inventario de Huella Hídrica, incluye los flujos principales que son utilizados posteriormente para la evaluación de huella hídrica

**Límites del sistema:** conjunto de criterios que especifican qué unidades del proceso forman parte del sistema de producción o de las actividades de una organización.

**Organización:** Persona o grupo de personas que tienen sus propias funciones con responsabilidades, autoridades y relaciones para lograr sus objetivos.

	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición	Unidad Funcional	
	2013	Tubería de desagüe SAL 4"	001	

**Perfil de huella hídrica:** Compilación de resultados de los indicadores de categoría de impacto que abordan los posibles impactos ambientales relacionados con el agua.

**Producto:** Bien o servicio

**Proceso:** Conjunto de actividades interrelacionadas o que interactúan que transforman entradas en salidas.

**Unidad funcional:** desempeño cuantificado de un sistema productivo para ser usado como unidad de referencia.

**Uso de agua:** uso de agua por actividades humanas.

	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición	Unidad Funcional	
	2013	Tubería de desagüe SAL 4"	001	

## 1. INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos más importantes que definen los límites para lograr un desarrollo sustentable. No obstante, sus usos son a nivel global cada vez más intensivos, y en efecto, se prevé que la demanda mundial aumente en un 55% para el 2050 (United Nations World Water Development Report, 2014). Este incremento se explica por el aumento de la población, y por una demanda per cápita más alta en bienes y servicios y por lo tanto en los requerimientos de agua, materias primas y energía para producirlos. Lo anterior, sumado al hecho que tan solo un 0.3% del agua dulce del planeta es de fácil acceso (Shiklomanov, 1993), y que además no está distribuida de manera homogénea, ha concluido a una situación compleja en disponibilidad y calidad del recurso.

El gran avance económico que ha tenido el Perú en los últimos 10 años, ha hecho que las diferentes industrias crezcan en su producción y por lo tanto, aumente el consumo de energía, combustibles y también de agua. El agua es elemental para la vida humana y no existe otro recurso que la pueda sustituir. Se requiere agua para la producción de alimentos, la generación de energía, el transporte a gran escala, es decir, está presente directa o indirectamente en toda actividad económica que se pueda desarrollar. Por ello, la gestión del agua es de trascendental importancia para la sostenibilidad social, económica y ambiental.

La "crisis del agua", por su impacto, representa hoy el principal riesgo para la actividad económica mundial en los próximos 35 años (World Economic Forum, 2015). Por ello, grandes multinacionales ya vienen desarrollando en el mundo gestión corporativa del agua, pues son conscientes que deben prever, controlar y mitigar los riesgos físicos, regulatorios y reputacionales que una mala gestión del agua puede significar (CEO Water Mandate).

En este contexto mundial, el gobierno Suizo a través de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), materializó el proyecto SuizAgua Andina (SA) que se ejecute en Perú y Chile tomando los buenos resultados del proyecto piloto SuizAgua Colombia<sup>2</sup>. Las empresas socias de SA Perú son: UNACEM, Nestlé, Mexichem, Duke Energy y Camposol.

SA es un proyecto basado en el concepto de huella hídrica y su línea de trabajo con el sector privado se alinea a la norma ISO 14046 de medición de huella hídrica (Environmental management – Water footprint – Principles, requirements and guidelines). Esta norma que fue oficialmente aprobada en Julio del 2014, base su enfoque metodológico en el análisis de ciclo de vida, considerando los usos de agua directos e indirectos a través de la cadena de valor de un producto (o servicio), proceso u organización.

<sup>2</sup> Del que formaron parte 4 empresas de capitales Suizos: Clariant, Nestlé Colombia, Holcim y Syngenta.

	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición	Unidad Funcional	
		2013	Tubería de desagüe SAL 4"	001

El presente reporte se constituye en el análisis de huella hídrica, acorde a la norma ISO 14046, de la empresa Mexichem en el segundo año del proyecto, lo que constituye además para la empresa una línea base que podrán tomar de referencia para sus próximos análisis de huella (oportunidades de mejora, registro de mejoras, etc). Se incluye en el presente documento los principales resultados y conclusiones obtenidos de este segundo año del proyecto.

### 1.1. Descripción general del análisis de ciclo de vida y huella hídrica

El constante consumo de recursos para la producción de bienes y servicios, junto con las emisiones y descargar de residuos que muchas veces están asociados a los procesos productivos, ha generado que se realicen esfuerzos para desarrollar herramientas que nos permita evaluar y comprender de mejor manera el daño que producimos en las actividades humanas. Una de estas herramientas, cuyo objetivo apunta hacia un desarrollo sostenible, es el análisis de ciclo de vida (ACV). El ACV evalúa los potenciales impactos medioambientales y de salud humana asociados a un producto (extracción de recursos, fabricación del producto, distribución, uso o consumos y fin de vida)

El ACV es una herramienta reconocida por la Organización Internacional de Estandarización (ISO 14040:2006; ISO 14044:2006) y pretende ayudar a detectar oportunidades para mejorar el desempeño ambiental en el ciclo de vida de un producto o servicio y además otorgar información como base científica para la toma de decisiones, campañas de marketing y comunicación, entre otros (ISO 14044,2006).

Dentro del ACV, la huella hídrica se define como el subconjunto específico de indicadores que abordan el consumo y la contaminación del agua y los correlacionan a potenciales impactos. Los principios, requisitos y directrices para la realizar una evaluación de huella hídrica se presentan en la norma ISO 14046.

### 1.2. Contexto y antecedentes

MEXICHEM es un grupo empresarial líder en la producción y mercadeo de soluciones integrales usados en Construcción, Infraestructura, Agricultura y Minería. Presente en Latinoamérica por más de 50 años, cuenta con más de 30 empresas y plantas en 13 países y presencia comercial en 24, con más de 8,000 empleados en toda Latinoamérica (<http://www.pavco.com.pe/>).

SUIZAGUA ANDINA propuso a MEXICHEM el siguiente proceso para desarrollar la gestión corporativa del agua:

	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición	Unidad Funcional	
		2013	Tubería de desagüe SAL 4"	001

1. Medición. En el marco de la Norma ISO 14046, desarrollar un análisis de huella hídrica considerando los usos directos en sus operaciones propias así como los usos indirectos contenidos en su cadena de suministro y usos de energía.
2. Reducción. La reducción se da en dos ámbitos; en el consumo directo y en el consumo indirecto. Para reducir en consumo directo, la empresa invierte en mejorar la eficiencia de los procesos operativos que utilizan agua, mejoran sus procesos de tratamiento de aguas residuales, así como reducir sus usos no productivos. Para reducir en consumo indirecto, la empresa trabaja con sus proveedores en mejor gestión del agua y busca mayor eficiencia energética.
3. Responsabilidad social corporativa del agua. la empresa realiza acciones estratégicas para equilibrar el consumo de agua realizado: compensar y mitigar. Estas acciones deben desarrollarse en aquellas cuencas donde se haya identificado mayor impacto de huella hídrica.
4. Difusión. La empresa disemina hacia otros actores de los gremios empresariales los beneficios de esta iniciativa, con la finalidad de generar masa crítica para incidir en políticas públicas que promuevan la gestión corporativa del agua.

MEXICHEM decidió en 2013 analizar la Huella Hídrica de la tubería de Desagüe SAL de 4" en su planta de producción de El Agustino. El objetivo principal es proporcionar información a los directivos de MEXICHEM y a todas las áreas en sus diferentes niveles de toma de decisiones. Las conclusiones del presente informe serán usadas para proponer las medidas de reducción y responsabilidad social corporativa en agua que MEXICHEM debe desarrollar.

Mexichem replicará el análisis de la huella hídrica en su planta de producción de tuberías y accesorios en Arequipa.

	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición	Unidad Funcional	
	2013	Tubería de desagüe SAL 4"	001	

## 2. OBJETIVOS Y ALCANCE

### 2.1. Objetivos y aplicación prevista

Analizar la huella hídrica de 1 tubería de desagüe Sal de 4" fabricado en un proceso de extrusión a partir de resina de PVC y carbonato de Calcio, en la planta de producción de El Agustino, donde también se fabrican accesorios de PVC y tuberías de polietileno Ubicado en el distrito de El Agustino, provincia de Lima, región Lima. Se determinará el balance hídrico, los consumos de agua y sus impactos en salud humana y ecosistemas.

A partir de los resultados de este estudio y en el marco del proyecto SuizAgua Andina Perú, del cual Mexichem es parte, se propone i) implementar acciones dentro de la empresa y con sus proveedores para reducir su huella hídrica y ii) desarrollar proyectos de responsabilidad social corporativa en agua para compensar y mitigar sus impactos hídricos en las cuencas identificadas.

### 2.2. Descripción General

El estudio de la evaluación de la huella hídrica de Mexichem fue desarrollado en su planta ubicada en la Urb. El Puente, Distrito del Agustino, Departamento de Lima. La planta de producción de de El Agustino, cuenta con dos plantas principales extrusión (tuberías) e inyección (accesorios), además de las áreas de administración, comedor, almacenes y áreas verdes.

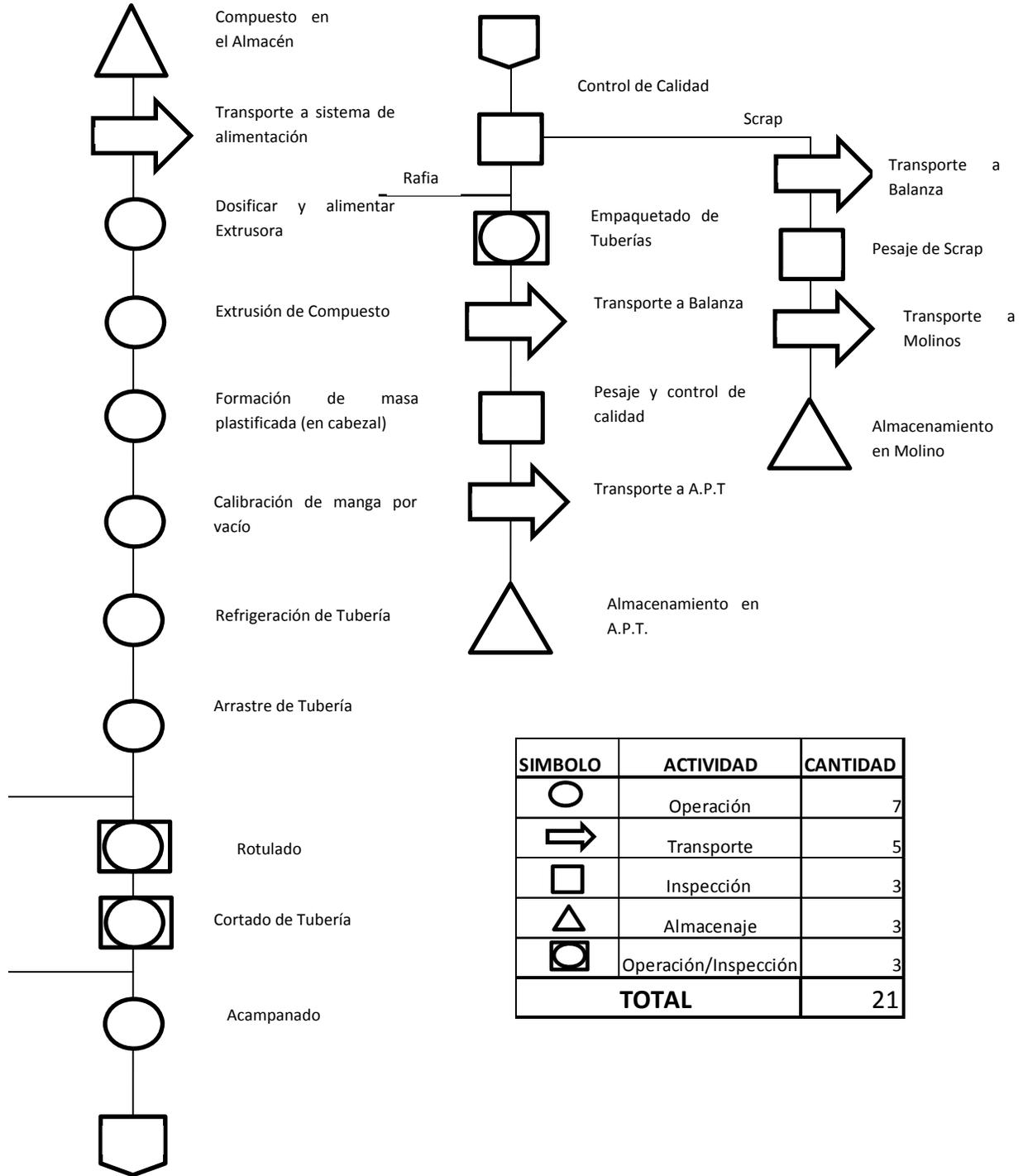
A continuación se describe el proceso en la planta de extrusión para la producción de tuberías:

**Planta de extrusión:** Se producen tuberías de diferentes diámetros y tamaños. El proceso de extrusión consiste en hacer pasar bajo la acción de la presión un material termoplástico a través de un orificio con forma más o menos compleja (hilera), de manera tal, y continua, que el material adquiera una sección transversal igual a la del orificio. En la extrusión de termoplásticos el proceso no es tan simple, ya que durante el mismo, el polímero se funde dentro de un cilindro y posteriormente, enfriado en una calandria, Este proceso de extrusión tiene por objetivos, proceso que es normalmente continuo, usarse para la producción de perfiles, tubos, películas plásticas, hojas plásticas, etc.

La planta de El Agustino se ubica en una zona industrial en el distrito de El Agustino, el agua utilizada en la planta proviene de la empresa prestadora de Servicio SEDAPAL<sup>3</sup> que produce 28m<sup>3</sup>/s de los cuales el 82% es de origen superficial cuenca del Río Rímac, 11% de origen subterráneo y el 7% es de origen superficial cuenca del Río Chillón (Plan maestro optimizado 2014) los principales usos del agua están relacionadas aj uso doméstico (cocina, comedor, camerinos) e industrial. El agua residual es evacuada al sistema de alcantarillado de Sedapal.

<sup>3</sup> Empresa de servicios de agua potable y alcantarillado: Realiza el suministro de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales

**Ilustración 1. Diagrama del proceso de Extrusión de PVC**



	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición	Unidad Funcional	
	2013	Tubería de desagüe SAL 4"	001	

### 2.3. Función del sistema y unidad Funcional

La función de la Planta de El Agustino es la fabricación de tuberías y accesorios para diferentes usos como el área predial, infraestructura, minería y agrícola. El propósito de este estudio es analizar el desempeño en términos de uso de agua a través de la huella hídrica, para la fabricación de tuberías de PVC. Como unidad funcional (UF) se seleccionó **1 tubería de PVC SAL de 4" de diámetro, 3 metros de longitud y 2.591 kg de peso**, que representa la base de cálculo con respecto a la cual se normalizan las entradas y salidas relevantes del sistema para el análisis de evaluación de la huella hídrica. Para realizar este estudio se definió trabajar "de la cuna a la puerta", es decir, desde el origen de la materia prima utilizada hasta el punto en el cual la empresa almacena el producto listo para ser distribuido, el periodo comprendido para el análisis fue entre enero del 2013 y diciembre del 2013. La producción de esta tubería representa el 10% del volumen total en kg con respecto a la planta de extrusión.

### 2.4. Límites del Sistema

El Límite geográfico, considera la Planta de El Agustino. La definición del sistema incluye todas las etapas, procesos y flujos a considerar para la evaluación de la huella hídrica. Este debe contener todas las actividades relevantes teniendo en cuenta los objetivos del estudio y todos los procesos y flujos que puedan contribuir de manera significativa a los impactos ambientales relacionados al recurso hídrico.

El análisis de huella hídrica en la planta de El Agustino fue aplicado a toda la planta, por lo tanto el enfoque ACV usado fue "de la cuna a la puerta", que incluye las etapas de obtención de materias primas, insumos y energías (energía eléctrica y combustibles) usados en la fabricación de la tubería en la planta de extrusión hasta obtener el producto terminado, el cual es almacenado quedando listo para su distribución. Se incluyó en este estudio las áreas administrativas, ventas, comedor y áreas verdes. Se excluyen las etapas de distribución, uso y disposición final de los productos. De acuerdo a lo comentado, el sistema se dividió en 3 etapas principales 1) Cadena de suministros 2) Energía y combustibles usados en la planta 3) Operación directa de la planta

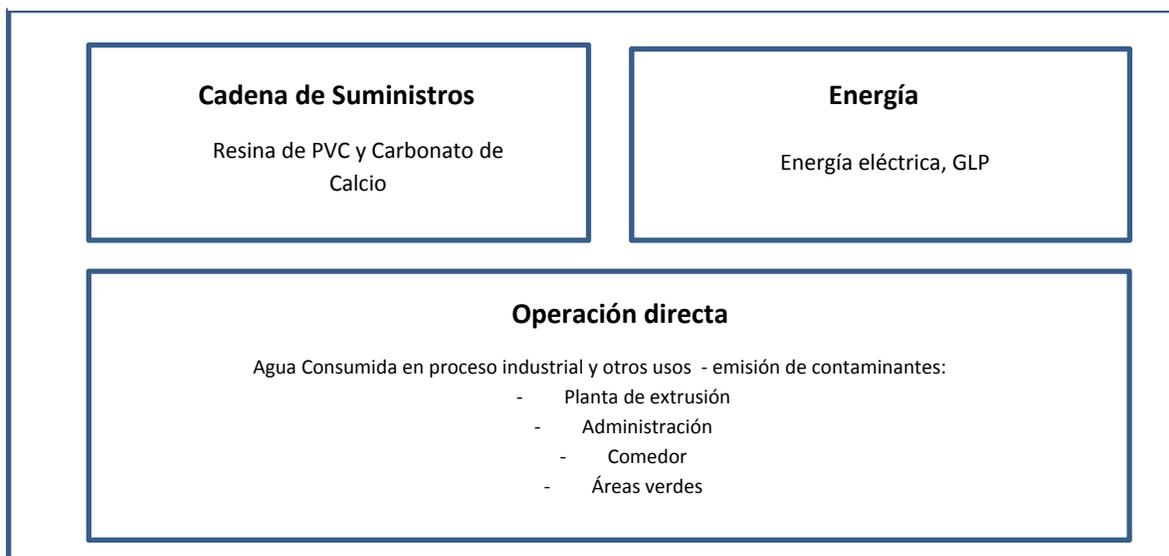
El límite temporal estudiado considera el año 2013; la información se ha recopilado en períodos mensuales y la consistencia de los datos analizados ha sido validada por la empresa.

Para el análisis de la cadena de suministros, se aplicó una regla de corte, bajo el criterio masa/valor para para discriminar aquellos insumos cuya representación no alcance el 2% del total. Para la aplicación de esta regla se tomó en consideración el 100% de insumos consumibles adquiridos durante el periodo de estudio. Fruto de este análisis, solo la resina de PVC y el carbonato de Calcio cumplieron la regla de corte, con más del 92% de representatividad, discriminándose insumos como colorantes, lubricante, papeles y otros.

A continuación se muestra el detalle de los procesos estudiados:

	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición 2013	Unidad Funcional Tubería de desagüe SAL 4"	

**Ilustración 2. Descripción sintetizada del sistema de producción estudiado para el análisis de Huella Hídrica**



Como la medición fue hecha a un producto en específico, se incluyeron todos los usos de agua que en la fabricación de esta tubería, como es el uso de agua para enfriamiento. Además se incluyeron los usos generales de agua como usos en comedor, cocina, camerinos, lavado de tuberías, regadío de áreas verdes, uso de agua en baños. Con respecto a la cadena de suministros, se incluyeron todos los insumos usados en la producción de la tubería. En el caso del agua y energía, se consideró el 10%, que representa el total de la producción de la tubería SAL de 4" con respecto a toda la planta de producción. En el caso de la energía, se consideró la electricidad consumida los procesos de extrusión y el combustible para transporte de suministro.

Se dejó fuera del sistema en estudio, el transporte de suministros desde su lugar de origen hasta el puerto del Callao (debido a falta de información). La infraestructura tampoco ha sido considerada.

### 2.5. Reglas de asignación

Se usó un factor de asignación másico en el que se considera que es el porcentaje que representa la tubería de desagüe SAL de 4" con respecto a los demás productos, la producción de la tubería de desagüe representa al (10%) de la producción total.

La información secundaria usada que viene de la base de datos utilizada (Quantis Water Database) se basa en los sistemas de asignación definidos en ecoinvent v2.2 (Frischknecht et al. 2005).

	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición	Unidad Funcional	
	2013	Tubería de desagüe SAL 4"	001	

## 2.6. Datos de inventario, fuentes e hipótesis

La calidad de los resultados del análisis de huella hídrica está directamente relacionada con la calidad del inventario utilizado. En el presente estudio, se cuantificaron todas las entradas y salidas relevantes del sistema analizado para la evaluación de la huella hídrica. Con el propósito de considerar la variación estacional y/o mensual en la producción, y por lo tanto en los requerimientos de agua, toda la información levantada de usos de agua, insumos y energía fue obtenida en base mensual. Este aspecto ha sido incorporado con el fin de poder evaluar las brechas del proceso independizando factores climáticos y ciclos productivos. Toda la información recolectada son datos primarios entregados por personal de Mexichem vía planillas de levantamiento de información, emails, llamados telefónicos o en persona. En la información solicitada se consideraron ítems tales como, entradas y salidas de agua (cantidad/calidad, fuente de extracción y receptor de descarga), entradas de materias primas, insumos, energías y salidas de contaminantes y productos. Toda la información se recolectó de acuerdo a:

- **Insumos:** tipo y cantidad (masa) de insumo consumido en la elaboración de la tubería de PVC.
- **Energía eléctrica:** kWh de energía consumida en el proceso de producción en la planta de El Agustino, área administrativa y usos generales.
- **Combustibles:** kg de glp consumido en las maquinarias de transporte dentro de la planta de producción.
- **Balance hídrico directo:** m3 de agua que ingresa y que sale de la planta de El Agustino, se diferencia la fuente de extracción en las entradas, los usos de agua para procesos industriales y usos domésticos.
- **Contaminantes:** concentración (mg/L) de contaminantes a la salida de la planta.
- **Producción:** Número total de tubería producidas durante el 2013.

Luego de obtener las cantidades mensuales de cada uno de estos ítems, se calcularon los valores anuales y se normalizaron las cantidades requeridas por UF del estudio (flujos de referencia). El estudio se realizó para el período comprendido entre Enero y Diciembre del 2013. Toda la información recolectada en cuanto a usos de agua, insumos y energías es del período señalado. Se recopiló mensualmente toda la información pertinente para la evaluación de los impactos ambientales relacionados a los recursos hídricos.

Los datos de inventario que describen la huella hídrica (usos de agua e impactos) de los procesos de fabricación de las materias primas, insumos y energías usadas en la Planta del Agustino, fue obtenida a partir de la base de datos desarrollada por la consultora suiza internacional Quantis<sup>4</sup>. La base de datos está desarrollada a partir de la base de datos para análisis de ciclo de vida de

<sup>4</sup> Cuyo Director científico formó parte del Comité que desarrolló la norma ISO 14046 de huella hídrica con el apoyo de COSIDE

	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición	Unidad Funcional	
	2013	Tubería de desagüe SAL 4"	001	

ecoinvent v2.2 (Frischknecht et al. 2005), que presenta información de datos de inventario de ciclo de vida para más de 4.000 procesos, productos y servicios. Se usó la base de datos global, en donde los procesos están extrapolados para promedios globales (Global Quantis Water Database). En el caso de la energía eléctrica, los procesos fueron asignados para el lugar de origen (para la electricidad se construyó un proceso ajustado para Perú), para la construcción del proceso ajustado se han considerado los porcentajes de producción de energía eléctrica en Perú del año 2012 y se considera que todo el sistema nacional es un sistema eléctrico interconectado.

### 2.7. Principales datos y supuestos

Las principales consideraciones efectuadas sobre los usos directos e indirectos de agua se presentan en la Tabla 1. **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Es importante recalcar que se levantó la información en base mensual y que a partir de esta información se realizaron los cálculos para analizar la huella hídrica anual de la empresa: Enero 2013 – Diciembre 2013.

**Tabla 1. Consideraciones y criterios generales de cálculo**

Usos	Grupos	Fuente
Usos Directos de	Entradas y Salidas de agua	Medidos por el área de mantenimiento de la empresa y estimados por balances hídricos validadas por la empresa.
	Agua evaporada en los procesos	Balances hídricos estimados por el ejecutor y aprobados por la empresa.
Usos	Grupos	Fuente
Usos Indirectos	Cadena de Suministros	Cantidades medidas y enviadas por el área de logística de la empresa, incluyen el origen de los insumos.
	Electricidad	Cantidades medidas y enviadas por el área de mantenimiento de la empresa.
	Combustible	Cantidades medidas y enviadas por el área de logística de la empresa, incluyen el origen de los insumos en Perú, y el origen desde el puerto del Callao para los productos importados.

Se han realizado todos los esfuerzos posibles para que esta investigación esté basada en la información más creíble y representativa disponible. La información relativa a la producción, incluidos los insumos de producción, procesos de fabricación, distancia a proveedores inmediatos, medios de transporte y el uso la información se ha obtenido directamente del personal de Mexichem Perú por medio de entrevistas, correos electrónicos y llamadas telefónicas. En algunos casos, las aproximaciones se realizan basándose en el mejor juicio del personal de Mexichem. Cuando no ha sido posible encontrar la data en las fuentes primarias, se han realizado determinaciones aplicando el juicio de expertos de ONG Agualimpia y Quantis.

	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición	Unidad Funcional	
	2013	Tubería de desagüe SAL 4"	001	

### 2.7.1. Usos directos

#### Entradas y Usos de Agua

Se han considerado una entrada, la cual ha sido dividida en dos ya que al ingresar a la empresa el uso de aguas se divide en doméstico e industrial. La información fue proporcionada por el área de mantenimiento.

#### *Agua potable de uso doméstico (entrada)*

Según la información enviada hay un solo punto de entrada de agua y dentro de la empresa se divide en dos entradas. El agua doméstica que se utiliza en la planta de El Agustino es proveniente de la empresa prestadora de servicios SEDAPAL que utiliza 89% de agua superficial y 11% de agua subterránea. El agua es usada principalmente en las áreas de venta, administración, comedor, camerino y riego de áreas verdes. Se usó un factor de asignación que es el porcentaje que representa la tubería de desagüe SAL de 4" con respecto a los demás productos, la producción de la tubería de desagüe es (10%). El proceso seleccionado fue Water, treated tap water, /PE. A continuación la tabla muestra el consumo total de agua durante el 2013.

**Tabla 2. Consumo de agua potable de uso domestico**

Uso directo del Agua	Cantidad m3	Lugar de Origen
Tratamiento de agua potable	2711.83	Lima, Perú

#### *Agua potable uso Industrial (entrada)*

Según la información enviada hay un solo punto de entrada de agua y dentro de la empresa se divide en dos entradas. El agua industrial utilizada en la planta de El Agustino es proveniente de la empresa prestadora de servicios SEDAPAL, y es usada principalmente en el enfriamiento en los procesos de extrusión que cuentan con sus respectivas líneas de recirculación de agua. Cada mes se repone agua debido a que los consumos se deben a evaporación en los procesos. Para calcular la entrada de agua industrial se usó un factor de asignación que es el porcentaje que representa la tubería de desagüe SAL de 4" con respecto a los demás productos, la producción de la tubería de desagüe es (10%). El proceso seleccionado fue Water, treated tap water, /PE. A continuación la tabla muestra el consumo total de agua durante el 2013.

	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición	Unidad Funcional	
	2013	Tubería de desagüe SAL 4"	001	

**Tabla 3. Consumo de agua potable para uso industrial**

Uso Directo del Agua (Entrada)	Cantidad m3	Lugar de Origen
Agua de uso Industrial	64.59	Lima, Perú

***Agua domestica a la alcantarilla (Salida)***

Para hallar los flujos de salida de la Planta de El Agustino. Se consideró el mismo valor de la entrada y se usó un factor de asignación que es el porcentaje que representa la tubería de desagüe SAL de 4" con respecto a los demás productos, la producción de la tubería de desagüe es 10%. Con este porcentaje se obtiene la cantidad de agua residual que sale de la producción de la tubería de desagüe Sal de 4". El agua ingresa al sistema de alcantarillado de la empresa Sedapal, llegando a una PTAR municipal y finalmente es descargada en el océano pacifico. Se ha creado un proceso específico con las características fisicoquímicas del agua residual a la salida de la planta de de El Agustino. El proceso creado fue referencia para el estudio fue, "Treated residual industrial water, L, PE, MEXICHEM".

**Tabla 4. Salida de Agua Domestica a la Alcantarilla**

Uso directo del Agua (Salida)	Cantidad m3	Lugar de Origen
Salida de agua domestica al alcantarillado	2711.83	Lima, Perú

***Pérdida de agua por evaporación (Salida)***

Este dato fue estimado por Aguallimpia y validado por la empresa. La pérdida se debe a la evaporación que ocurre mientras se usa el agua para enfriar las tuberías en el proceso de extrusión. Se estimó que el agua evaporada es el 2% del total de agua ingresada en la planta (98% corresponde al consumo doméstico y el 2% corresponde al consumo industrial), para hallar ese valor se dividió el total del agua que ingresó para reposición el año 2013 entre el total de agua ingresada. Para el cálculo de la cantidad evaporada en la elaboración de la tuberías de desagüe SAL de 4" se usó un factor de asignación que es el porcentaje que representa la tubería de desagüe SAL de 4" con respecto a los demás productos, la producción de la tubería de desagüe SAL de 4" es 10%.

**Tabla 5. Perdida de agua por evaporación**

Uso directo del Agua (Salida)	Cantidad m3	Lugar de Origen
Evaporación	59.15	Lima, Perú

	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición	Unidad Funcional	
	2013	Tubería de desagüe SAL 4"	001	

### **Agua industrial a la alcantarilla (Salida)**

Para hallar el volumen total de agua industrial descargada a la alcantarilla, se consideró la cantidad de agua potable que se repone mensualmente debido a la evaporación en los procesos de extrusión y algunas veces se la reposición se debe a la limpieza y mantenimiento. Para el cálculo de la salida de agua industrial correspondiente a la elaboración de una tubería de desagüe SAL de 4", se usó el porcentaje de asignación que es el 10% con respecto a la producción total finalmente el agua es descargada al sistema de alcantarillado de la empresa Sedapal, llegando a una PTAR municipal y finalmente es descargada en el océano pacífico. Se ha creado un proceso específico con las características fisicoquímicas del agua residual a la salida de la planta de El Agustino. El proceso creado fue referencia para el estudio fue, "Treated residual industrial water, L, PE, MEXICHEM".

**Tabla 6. Salida de agua industrial a la alcantarilla**

Uso directo del Agua (Salida)	Cantidad m3	Lugar de Origen
Salida de agua industrial al sistema de alcantarillado	5.09	Lima, Perú

### **Salidas de Aguas Oleosas (Salida)**

Las aguas oleosas son retiradas 3 veces al año en cilindros de 200 litros aproximadamente, posteriormente son dispuestas por una EPS, que llevan las aguas oleosas a relleno sanitario confinado. Por la caracterización y contenido de agua en estas aguas se usó el proceso. Se ha aproximado disposición de mezcla de plástico con 15.3% de agua como insumo y se identificó en la base deecoinvent (Doka G. 2003). El proceso utilizado es el siguiente disposal, plastics, mixture, 15.3% water, to municipal incineration/CH U

**Tabla 7. Salida de Aguas Oleosas**

Uso directo del Agua (Salida)	Cantidad m3	Lugar de Origen
salidas de Aguas Oleosas	0.35	Lima, Perú

### **2.7.2. Cadena de suministros**

Se aplicó la regla de corte para los suministros, la matriz de inventario ha considerado solo dos insumos en la cadena de suministros: la resina de PVC y el Carbonato de Calcio. La información de estos suministros fue proporcionada por el área de compras, sistemas integrados de gestión y mantenimiento. Para la asignación del proceso asociado a este suministro se han considerado valores promedios globales de Europa, utilizando como referencia la base de datos de Quantis.

#### **Carbonato Calcio**

Es una de los principales suministros utilizados para la producción de tuberías de PVC, su origen es la provincia de Huaral, departamento de Lima. La empresa productora del Carbonato de Calcio es la Cía.Minera Agregados Calcareos S.A. El Carbonato de Calcio no se clasificó en la base de datos,

	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición	Unidad Funcional	
	2013	Tubería de desagüe SAL 4"	001	

en su reemplazo se ha considerado Caliza como insumo y se identificó en la base deecoinvent (Althaus H.-J. et. al. 2003). El proceso identificado fue limestone, milled, packed, at plant/CH U. A continuación se muestra una tabla con los consumos durante el 2013.

**Tabla 8. Consumo de Carbonato de Calcio**

Suministro	Cantidad 2013 (Kg)	Lugar de Origen
Carbonato de Calcio	474,723.5	Lima, Perú

### **Resina de PVC**

Es la materia prima principal en la elaboración de tuberías, su origen es Estados Unidos, la resina de PVC se clasificó en la base de datos de Ecoinvent (Hischier R.) El proceso identificado fue polyvinylchloride, suspension polymerised, at plant/RER U. A continuación se muestra una tabla con los consumos durante el 2013.

**Tabla 9. Consumo de Resina de PVC**

Suministro	Cantidad (Kg)	Lugar de Origen
Resina de PVC	1,960,987.7	USA

### **2.7.3. Usos indirectos**

Los consumos indirectos de agua están asociados al uso de combustibles y energía. En la evaluación de la tubería de desagüe SAL de 4" en la planta de producción de El Agustino, se ha considerado los consumos en electricidad y combustibles para transporte de suministros. Los datos fueron proporcionados por las áreas de mantenimiento, compras y sistemas integrados de gestión.

### **Electricidad**

La electricidad es fundamental en el funcionamiento de las maquinarias en el proceso de extrusión de tuberías. Para hallar los flujos de electricidad se obtuvo datos del consumo total de la planta de El Agustino y se usó una determinación de factores de asignación por porcentaje de producción con respecto a otros productos, dando un valor a la producción de la tubería de desagüe SAL de 4" que es 10%. Con este dato se obtiene la cantidad de energía eléctrica en la producción de la tubería.

El proceso utilizado se construyó utilizando 07 procesos de generación de energía de la base de datos y a partir de los porcentajes de producción de energía que cada tipo de generación representa (fuente: IEA 2012). A continuación se muestra la tabla referencial.

	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición 2013	Unidad Funcional Tubería de desagüe SAL 4"	

**Tabla 10. Tipo de generación de energía eléctrica según la International Energy Agency (IEA)**

Tipo	IEA	Proceso en base de datos (Quantis Water Database)
Hidráulica de embalse	53.5%	electricity, hydropower, at reservoir power plant, non alpine regions/RER U
Carbón	3.6%	electricity, hard coal, at power plant/UCTE U
Gas natural	39.2%	electricity, natural gas, at turbine, 10MW/GLO U
Biomasa	1.7%	electricity, at cogen 6400kWth, wood, allocation exergy/CH U
Diesel	3.6%	electricity, oil, at power plant/UCTE U
Eólica	0%	electricity, at wind power plant/RER U
Solar	0.1%	electricity, production mix fotovoltaic, at plant/CH U

A continuación se muestra una tabla con los consumos durante el 2013.

**Tabla 11. Consumo de electricidad**

Consumo indirecto a través de uso directo	Cantidad Kwh	Lugar de Origen
Electricidad	1,857,254.95	Lima, Perú

**Consumo de Gas para maquinaria de transporte**

Los consumos consideran el uso de gas utilizado en las maquinarias y equipos utilizados en el transporte de materia prima y producto terminado dentro de la planta de El Agustino. Para calcular estos datos se agruparon las compras directas e indirectas (a través de contratistas que prestan servicios). Se estimó que el rendimiento de cada maquinaria es un balón de gas de 10 kg cada 8 horas, que es equivalente a 0.032866m<sup>3</sup>. Sin embargo para considerar el impacto de las emisiones se ha considerado el proceso "fue liquefied petroleum gas, at service station/CH U" - Gas licuado de petróleo a la estación del servicio (Althaus H.-J. et. al. 2010). Este proceso incluye el transporte del gas desde la unidad de producción hasta el consumidor, a través de gasoducto. A continuación se muestra una tabla con los consumos durante el 2013.

	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición	Unidad Funcional	
	2013	Tubería de desagüe SAL 4"	001	

**Tabla 12. Consumo de Combustible GLP**

Consumo indirecto a través de uso directo	Cantidad kg	Lugar de Origen
Gas licuado de petróleo	8,458.89	Lima, Perú

**Consumo de combustible para transporte de suministro**

Los consumos de combustibles han sido calculados a partir de las distancias recorridas por los camiones y trailers de 40 toneladas que transportan los suministros desde su lugar de origen en el caso de productos nacionales hasta la planta de El Agustino. Para la distancia de los productos importados se calculó la distancia desde el Puerto de Callao hasta la planta de El Agustino y se obtuvo el dato de consumo total de combustible en galones, para tener la misma unidad del proceso se hizo una conversión de galones a Kilogramos usando la densidad del Petróleo 832kg/m<sup>3</sup>. Se ha considerado al diesel bajo en sulfuro y se identificó en la base de datos de ecoinvent (Erdöl. 2007). El estudio fue operation, lorry >28t, full, fleet average/CH U. No se considera la distancia desde el lugar de origen de los insumos hacia el puerto de Callao, por contar con la información necesaria. A continuación se muestra una tabla con los consumos durante el 2013.

**Tabla 13. Transporte de suministro en camiones mayores de 28 toneladas**

Consumo indirecto a través de uso directo	Cantidad kg	Lugar de Origen
Transporte de suministros en camiones mayores a 28 toneladas	675.39	Lima, Perú

**2.8. Evaluación de impactos relacionados con el recurso hídrico**

Acorde a la norma ISO 14046, la evaluación de huella hídrica debe incorporar un **análisis de la alteración de cuerpos de agua** a través de indicadores de impacto asociados a los usos consuntivos y que degradan la calidad del agua (agua descargada al entorno en un volumen y/o calidad menor a la cual fue tomada). La evaluación de impactos es el link entre el análisis de inventario de entradas y salidas del sistema y el potencial efecto que producen en el ambiente.

En el presente proyecto se realizó una evaluación integral de la huella hídrica, **considerando todos los impactos potenciales ambientales relacionados al uso del agua**. Como indicador de punto medio se consideró el índice de impacto hídrico (WIIX), desarrollado por Veolia (Veolia, 2011), y como categorías de punto final (categorías de daño, donde se produce el efecto ambiental), se evaluaron los impactos potenciales en la salud humana y la calidad de los ecosistemas. Los indicadores de impacto evaluados en estas categorías son:

	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición	Unidad Funcional	
	2013	Tubería de desagüe SAL 4"	001	

### Salud Humana

- Desnutrición causada por consumo de agua (Pfister et al. 2009)
- Enfermedades causadas por toxicidad del agua (USEtox; Rosenbaum et al. 2008)

### Calidad de los ecosistemas

- Reducción de disponibilidad de agua para los ecosistemas (Pfister et al. 2009)
- Reducción de disponibilidad de agua para los ecosistemas acuáticos de río (Hanafiah et al. 2011)
- Reducción de disponibilidad de agua subterránea para los ecosistemas (Van Zelm et al. 2011)
- Ecosistemas acuáticos afectados por infraestructura hidroeléctrica (Maendly y Humbert, 2012)
- Ecosistemas acuáticos afectados por termocontaminación (Verones et al. 2010)
- Ecosistemas acuáticos afectados por ecotoxicidad (USEtox; Rosenbaum et al. 2008)
- Ecosistemas acuáticos afectados por eutrofización (Goedkoop et al. 2009)
- Ecosistemas acuáticos afectados por acidificación (Jolliet et al. 2003)

El WIIX es un balance hídrico, en donde los caudales de entrada y salida están ponderados por factores de calidad y estrés hídrico de la zona donde se usa el agua, por ende el cálculo entrega un consumo equivalente de agua (ej. m<sup>3</sup> eq.), debido a la caracterización de calidad y estrés que tiene asociado el indicador (Bayart et al. 2014). Los indicadores de impacto de punto final, se evalúan a nivel de impactos potenciales en salud humana e impactos potenciales en la calidad de los ecosistemas, ambos generados por una reducción en la disponibilidad y/o calidad del agua (perturbación química y/o física) en un entorno definido. En el caso de los impactos potenciales en la salud humana, ellos son expresados en DALY (Disability Adjusted Life Years) que son años de vida perdidos por muerte prematura o por discapacidad. Los impactos potenciales en la calidad de los ecosistemas se expresan en PDF\*m<sup>2</sup>\*y (potentially disappeared fraction of species per m<sup>2</sup> per year) y se refieren a la fracción de especies que desaparece en una unidad de superficie de 1 m<sup>2</sup> durante un año (Humbert et al. 2012).

	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición 2013	Unidad Funcional Tubería de desagüe SAL 4"	

**Ilustración 3. Clasificación de los indicadores de punto final (Quantis)**



### 2.9. Análisis de calidad de los datos

a calidad de los datos se evaluó teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- **Precisión:** se refiere a las fuentes de datos, métodos de adquisición y métodos de verificación. Datos fiables son aquellos que se han verificado y medido directamente en terreno. El Criterio está relacionado con la cuantificación del flujo.
- **Integridad:** representa la exhaustividad de los datos recolectados. Los datos son completos cuando todos los elementos necesarios para realizar una actividad son cuantificados.
- **Representatividad:** evalúa la correlación geográfica y tecnológica (reflejan los datos de la realidad). Los datos son representativos cuando la tecnología está directamente relacionada con la usada en el terreno. Este criterio se refiere principalmente a la elección de los procesos utilizados cuando se modela el sistema.
- **Consistencia:** evalúa si la metodología del estudio se aplica de la misma manera para todos los datos
- **Reproducibilidad:** evalúa si la información acerca de los datos y el método utilizado permite producir los resultados del estudio
- **Incertidumbre:** entrega una evaluación cualitativa de la incertidumbre de los datos

En general, la calidad de los datos es buena porque han sido entregados directamente por el área de mantenimiento, sistemas integrados de gestión, producción de Mexichem, revisados y validados por la empresa. Algunos datos tienen precisión media debido a que se han calculado a partir de balances de masa, como el agua potable para uso doméstico e industrial, y las pérdidas por evaporación. (Es recomendable instalar caudalímetros para tener resultados más precisos). La

	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición	Unidad Funcional	
	2013	Tubería de desagüe SAL 4"	001	

representatividad es media, pues los procesos no corresponden directamente a estudios de producción en Perú, sino que han sido regionalizados a Perú desde un dataset cuyo origen es principalmente europeo (Base de datos Quantis).

**Tabla 14. Análisis de calidad de datos**

<b>Etapas del Ciclo de vida</b>	<b>Detalles del proceso</b>	<b>Descripción de los datos</b>	<b>Fuente de los datos</b>	<b>Importancia de los datos</b>	<b>Cobertura de tiempo, geográfica y tecnológica</b>	<b>Precisión e integridad</b>	<b>Representatividad y consistencia</b>	<b>Reproducibilidad e incertidumbre</b>
<b>Usos directos</b>	Agua potable para uso domestico	Para area de ventas, administración, comedor, camerinos.	Mexichem	Alta	Perú, 2014	Media precisión, completo	Buena representatividad y consistencia	Reproducible y baja incertidumbre
	Agua potable para uso industrial	Para enfriamiento en planta de producción	Mexichem	Alta	Perú, 2014	Media precisión, completo	Buena representatividad y consistencia	Reproducible y baja incertidumbre
<b>Usos Indirectos en Cadena de Suministros</b>	Carbonato de Calcio	Para producción de tuberías	Mexichem	Alta	Perú, 2014	Buena precisión, completo	Representatividad y consistencia media	Reproducible y baja incertidumbre
	Resina de PVC	Para producción de tuberías	Mexichem	Alta	Perú, 2014	Buena precisión, completo	Representatividad y consistencia media	Reproducible y baja incertidumbre
<b>Usos Indirectos en energía y transporte</b>	Consumo de energía eléctrica	Para equipos y maquinarias	Mexichem	Alta	Perú, 2014	Buena precisión, completo	Representatividad y consistencia media	Reproducible y baja incertidumbre
	Gas	Para equipos y maquinarias	Mexichem	Alta	Perú, 2014	Buena precisión, completo	Representatividad y consistencia media	Reproducible y baja incertidumbre
	Combustible para transporte de suministro	Transporte y equipos	Mexichem	Alta	Perú, 2014	Buena precisión, completo	Representatividad y consistencia media	Reproducible y baja incertidumbre

### **2.10. Análisis de sensibilidad**

El análisis de sensibilidad analiza la solidez de las conclusiones. El objetivo es evaluar la sensibilidad de los resultados con respecto a los supuestos establecidos para algunos parámetros clave y determinar si las principales conclusiones del estudio se mantienen.

En el análisis de sensibilidad, se cambiará el proceso de la base de datos seleccionado para modelar algunas entradas de la cadena de suministros que presenten incertidumbre, y se evaluará el efecto que producen en los resultados globales del estudio.

### **2.11. Revisión crítica**

La elaboración del presente informe ha correspondido a la ONG Agualimpia (Alejandro Conza; Blanca Alfaro), con asesoría técnica de Quantis Internacional (Sandi Ruiz; Simon Gmüender).

La revisión crítica interna está a cargo de un experto en el campo del Análisis del Ciclo de Vida y consultor de Quantis International: Xavier Bengoa. El proceso de revisión crítica consiste en un escrutinio del informe por parte del revisor. El revisor proporciona sus comentarios y los remite a los autores del reporte. Los autores realizan las correcciones y/o sustentos pertinentes y adjunta sus comentarios. El proceso de revisión crítica se encuentra documentado en el anexo A.

	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición 2013	Unidad Funcional Tubería de desagüe SAL 4"	

### 3. RESULTADOS

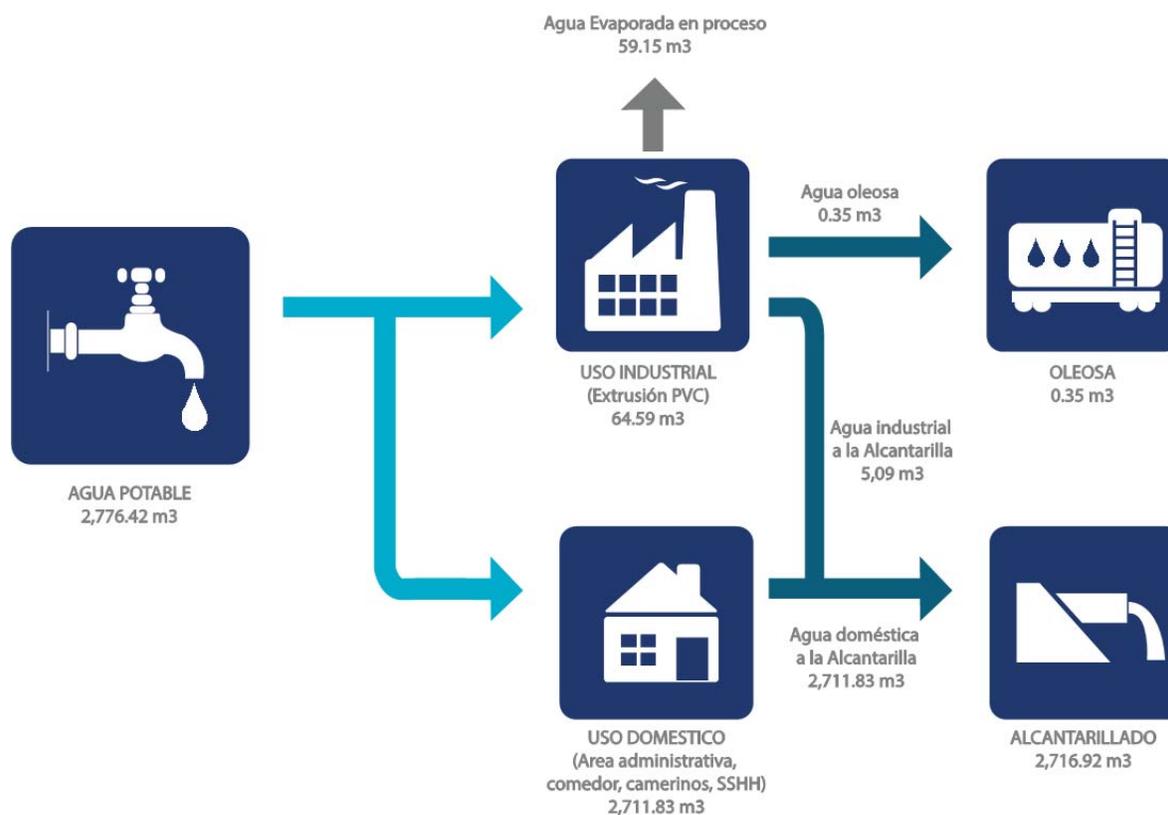
Todos los resultados que se presentan a continuación son exclusivos del periodo en el que se realizó el análisis de huella hídrica (Enero – Diciembre 2013)

#### 3.1. Balance Hídrico Directo

Para elaborar el balance hídrico directo se cuantificaron todas las entradas y salidas de agua para el período de estudio.

Según el balance hídrico anual (Ilustración 4), las entradas y salidas alcanzaron los 2,711.83 m<sup>3</sup> de agua en el año 2013.

Ilustración 4. Balance Hídrico directo

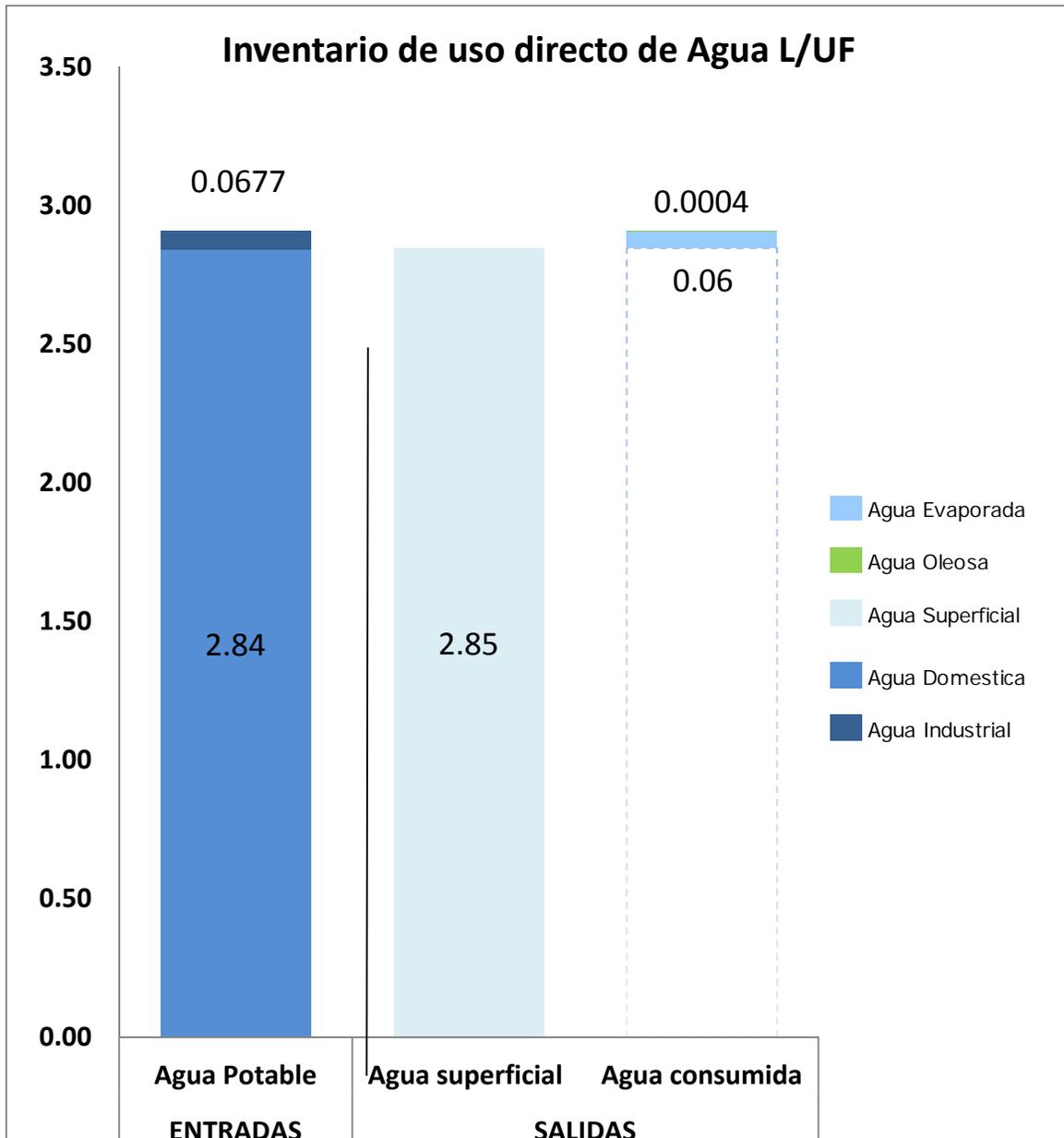


Todos los volúmenes utilizados y reportados fueron estimados en base a cálculos realizados y validados por el personal de Mexichem Perú, considerando demandas operativas y capacidad de almacenamiento y uso; al momento de realizar el estudio no se contaba con registros de lectura

	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición 2013	Unidad Funcional Tubería de desagüe SAL 4"	

de medidores de caudal. A continuación la Ilustración 5 muestra las entradas y salidas de agua por tubería de desagüe SAL de 4" (unidad funcional) en el período de estudio.

**Ilustración 5. Inventario de uso directo de Agua**



La Ilustración 5 muestra las entradas y salidas directas de agua, así como el agua consumida directa, expresada en litros. Se puede observar que, por unidad funcional (tubería de desagüe SAL de 4"), el balance de agua es de 2.91 litros. Del volumen total de agua que ingresó a la planta de El

	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición	Unidad Funcional	
	2013	Tubería de desagüe SAL 4"	001	

Agustino, el 98% (2.85 litros) retornó al sistema hídrico de la cuenca y el 2% (6.24E-02 litros) restante fue consumido.

Los mayores volúmenes de agua se requieren para el uso doméstico, pero este volumen es devuelto a la cuenca luego de su uso.

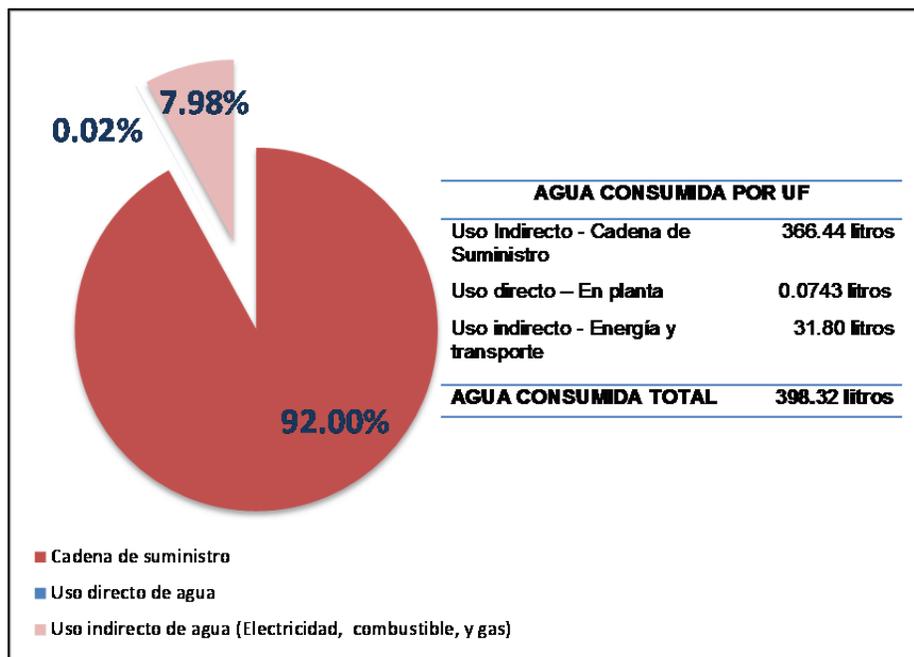
Por contraparte, las mayores salidas de agua del sistema son por la descarga al alcantarillado de las aguas residuales domésticas.

El agua consumida es el agua evaporada durante el proceso industrial. Sin embargo, es importante considerar que el sistema de enfriamiento en la planta de El Agustino, es un sistema cerrado, con mínimas pérdidas de agua por evaporación.

### 3.2. Agua Consumida

El agua consumida se refiere al agua dulce extraída que no es devuelta a la cuenca de origen debido a que es evaporada, evapotranspirada, incorporada en los productos, trasvasada de cuenca o vertida al mar (Definición en ISO 14046). Corresponde a la huella azul de la metodología de huella hídrica de Water Footprint Network (WFN) (Hoekstra et al. 2011). La ilustración 6 muestra los consumos directos (agua consumida directamente por la operación) e indirectos (agua consumida en los procesos de fabricación de los insumos y energías consumidas en la operación) por unidad funcional producida.

**Ilustración 6. Agua Consumida para 1 tubería de PVC SAL de 4"**



A partir de los resultados obtenidos podemos decir que de los 398 litros de agua por tubería de desagüe SAL de 4". El 92% (366 litros de agua) proviene de la cadena de suministro, 0.02%

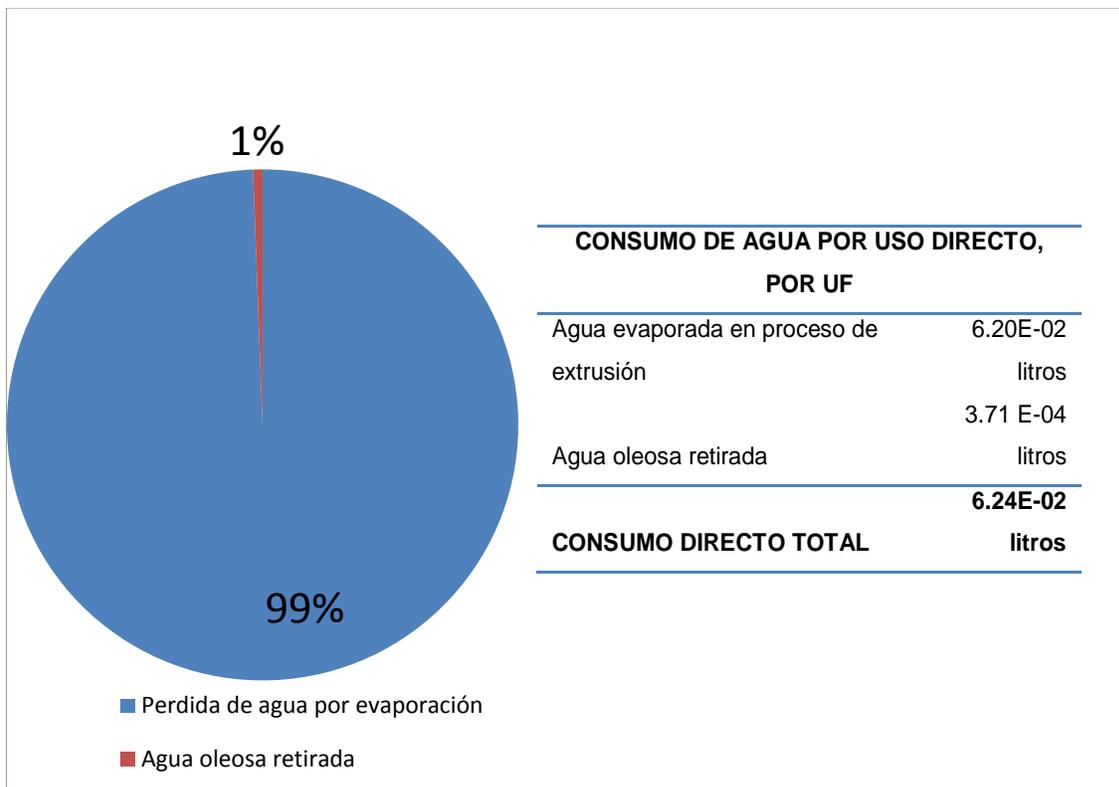
	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición	Unidad Funcional	
	2013	Tubería de desagüe SAL 4"	001	

(0.07436 litros de agua) es el uso directo de agua y el 7.98% (31.80 litros de agua) representa el consumo indirecto (electricidad, combustibles y transporte de suministros). El uso de resina de PVC y Carbonato de Calcio son los productos más significativos en la producción de una tubería de desagüe SAL 4", es por eso que sus mayores consumos de agua están relacionados a la cadena de suministros.

Al ser la tubería de PVC, se entiende que la resina de PVC es la base para su producción y resulta previsible que su mayor consumo de agua esté asociado a este insumo.

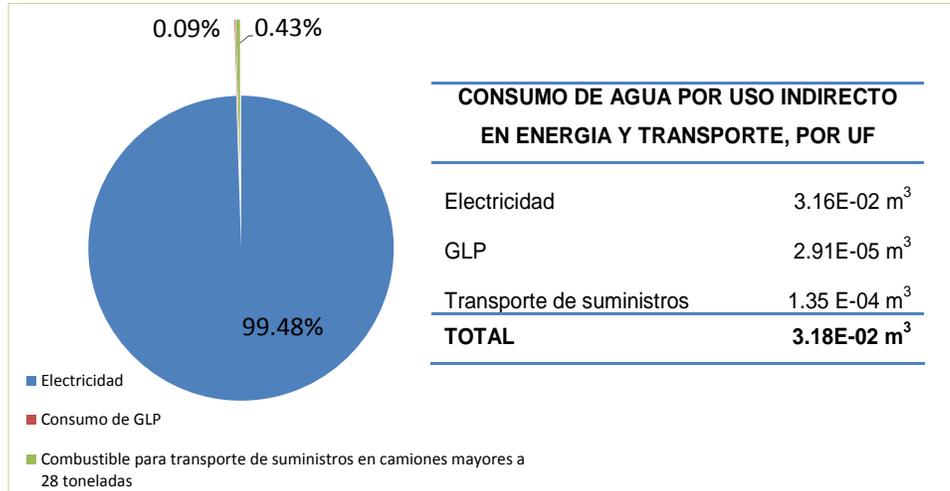
A continuación, la Ilustración 7 muestra cómo están conformados los consumos directos. A partir de esta información se pueden identificar los puntos críticos de consumo para intervenir con acciones de reducción de consumo de agua.

**Ilustración 7. Consumo directo de Agua**

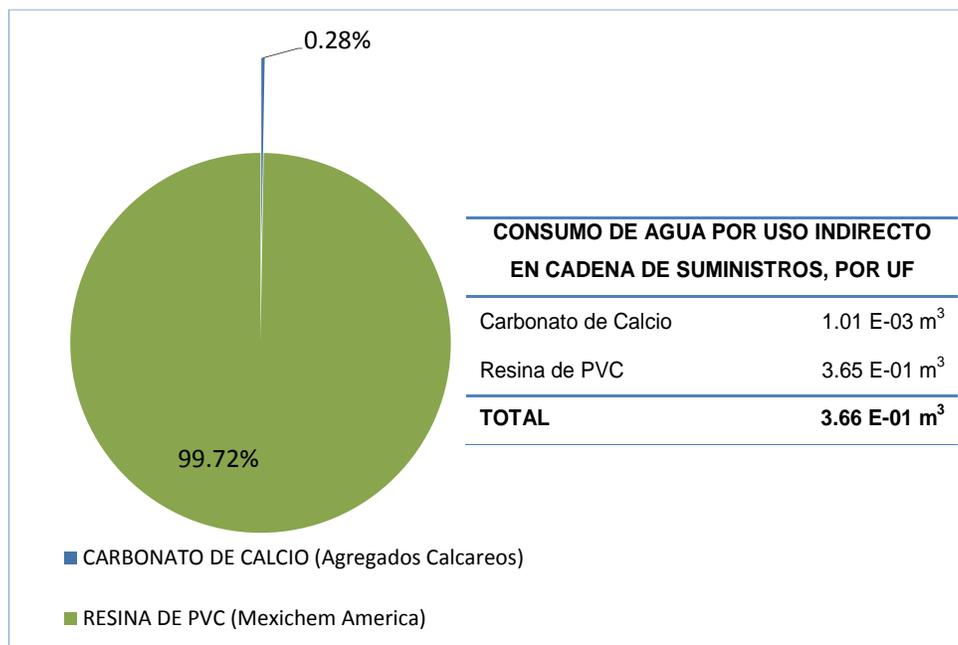


En la ilustración 8 se aprecia que los dos únicos consumos de agua en la planta de El Agustino están en la evaporación de los procesos de enfriamiento (99%) y en el agua oleosa, que se forma tras la recirculación de agua de enfriamiento (1%) y es retirada.

**Ilustración 8. Consumo Indirecto de Agua**



**Ilustración 9. Consumo de Agua en la cadena de Suministros**



En la ilustración 8 se aprecia que el mayor consumo indirecto está relacionado a la energía eléctrica utilizada en la planta de extrusión para el funcionamiento de los equipos de extrusión, y representa un consumo de 99.48%.

En la Ilustración 9 Los mayores consumos de agua en la planta de extrusión está asociado a la resina de PVC con 99.72%, mientras que el Carbonato de Calcio representa el 0.28% del consumo total, esto determina que los esfuerzos se deben focalizar con los proveedores de estos dos insumos.

	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición	Unidad Funcional	
	2013	Tubería de desagüe SAL 4"	001	

A continuación la **Tabla 15** muestra la cantidad de los insumos consumidos en el período de estudio, el proceso de la base de datos seleccionado para modelarlos y su respectivo consumo de agua por unidad funcional y su proceso de la base de datos usado, regionalizado para su lugar de origen. Tabla 15 muestra los Insumos con mayor aporte al consumo de agua indirecto, proceso seleccionado en base de datos de Quantis para su modelación y su respectivo consumo de agua.

**Tabla 15. Insumos con mayor aporte al consumo de agua indirecto, proceso seleccionado en base de datos de Quantis para su modelación y su respectivo consumo de agua.**

Insumo	Cantidad Consumida Enero – Diciembre 2013	Proceso de base de datos (Quantis database)	Consumo de Agua litros/UF
<b>Resina de PVC</b>	474,723.50 kg	polyvinylchloride, suspension polymerised, at plant/RER	365
<b>Carbonato de Calcio</b>	1,960,987.70 kg	limestone, milled, packed, at plant/CH U	1

### 3.3. Indicadores de Impacto

#### 3.3.1. Índice de Impacto Hídrico, WIIX

El índice WIIX combina el consumo de agua, el stress hídrico y la calidad del agua residual vertida para estimar el impacto generado a los recursos hídricos.

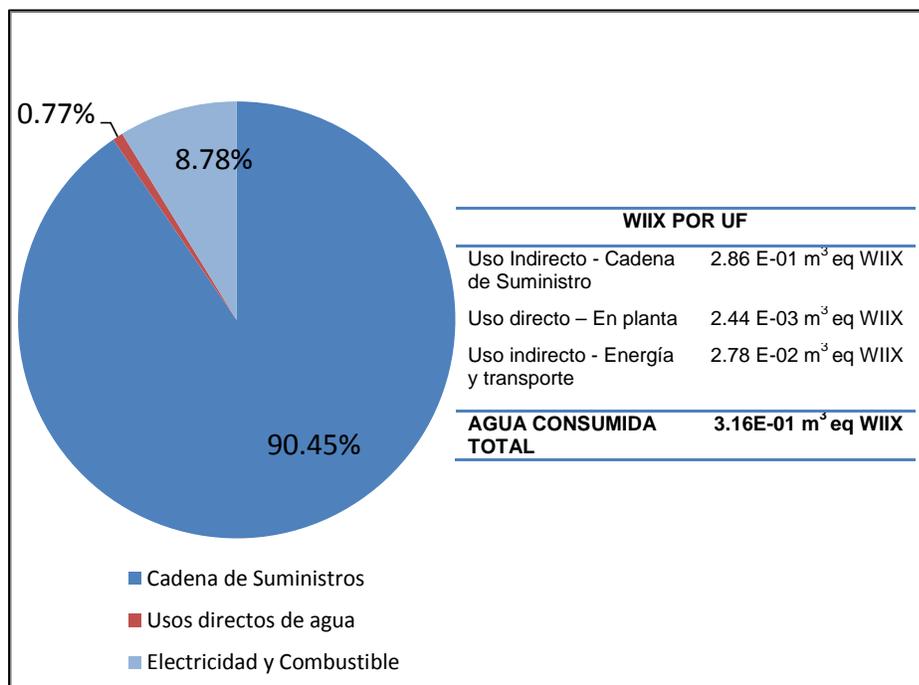
La planta de El Agustino se encuentra en la cuenca del Río Rimac, una cuenca con alto índice de stress hídrico. Sus aguas residuales son descargadas a través del sistema de alcantarillado municipal, la cual es tratada por la empresa prestadora de servicios SEDAPAL. Para calcular el factor de calidad del WIIX se tomó como referencia el valor promedio de la caracterización mensual (año 2013) del efluente a la salida de la planta de producción de El Agustino, resultados que cumplen con la normatividad nacional para límites máximo permisibles.

Las concentraciones de referencia que se usaron para calcular el factor de calidad son las propuesta por Boulay et al. (2010). El Índice de Impacto Hídrico además geo-referencia este impacto en la zona donde ocurre. La planta de El Agustino se encuentra en una zona con alto estrés hídrico donde el número de Pfister, WSI = 1.

Como resultado del inventario realizado, la Ilustración 10 demuestra que los mayores impactos están asociados a la cadena de suministros:

	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición	Unidad Funcional	
	2013	Tubería de desagüe SAL 4"	001	

**Ilustración 10. Índice de Impacto Hídrico**



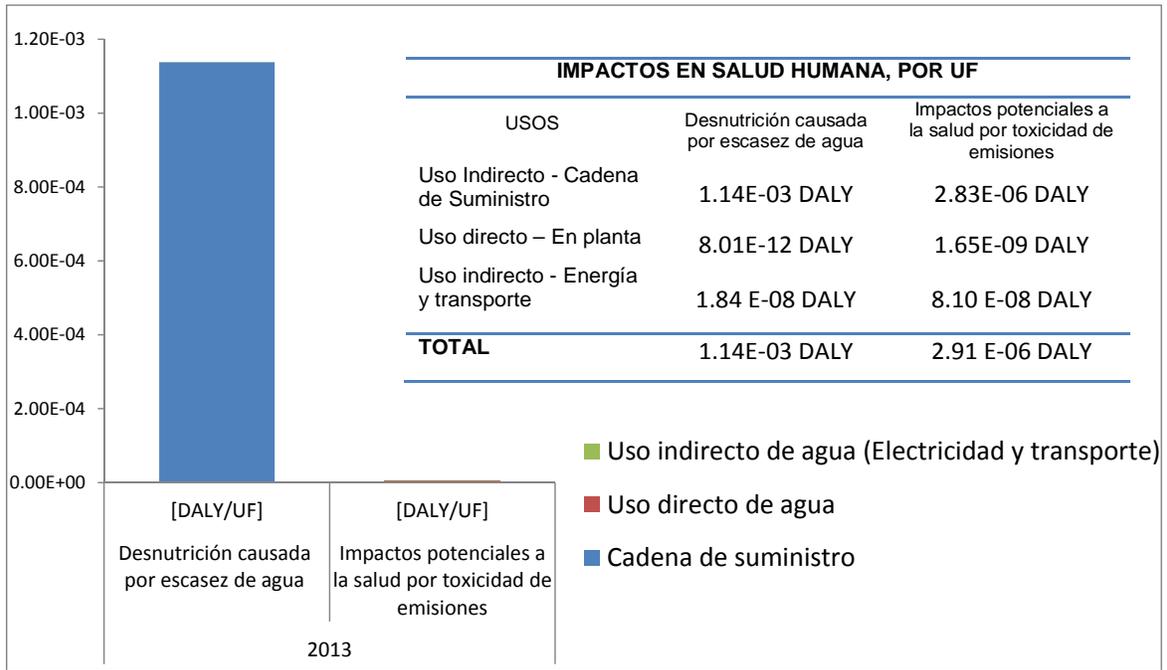
- El índice de impacto hídrico total es 3.16 E-01 m<sup>3</sup>eq/UF. La ilustración 10 muestra que el 90.45% (2.86 E-01 m<sup>3</sup>eq/UF) corresponde al consumo indirecto - cadena de suministros, mientras que el 0.77% (2.44 E-03 m<sup>3</sup>eq/UF) está representado por el uso directo de agua y 8.78% (2.78 E-02 m<sup>3</sup>eq/UF) del WIIX se atribuye al uso indirecto por consumo de electricidad y combustible. El uso directo del agua adquiere mayor importancia en el WIIX debido a que el estrés hídrico de la zona donde está localizada la planta de El Agustino es alto (1), por lo tanto su impacto aumenta.

### 3.3.2. Impactos Potenciales en salud humana y calidad de los ecosistemas

La metodología incluye impactos potenciales de punto final en salud humana y en calidad de los ecosistemas. Estos indicadores presentan impactos tanto por reducción de la disponibilidad de agua (al hacer un uso consuntivo del recurso), como por alterar la calidad de cuerpos receptores, lo que se traduce en impactos por toxicidad hacia los seres vivos en general (ser humano y ecosistemas). A continuación, se muestran los impactos comentados para el sistema en estudio. En el cálculo de estos impactos se usaron los mismos supuestos de calidad de efluentes que en el caso del WIIX.

	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición	Unidad Funcional	
	2013	Tubería de desagüe SAL 4"	001	

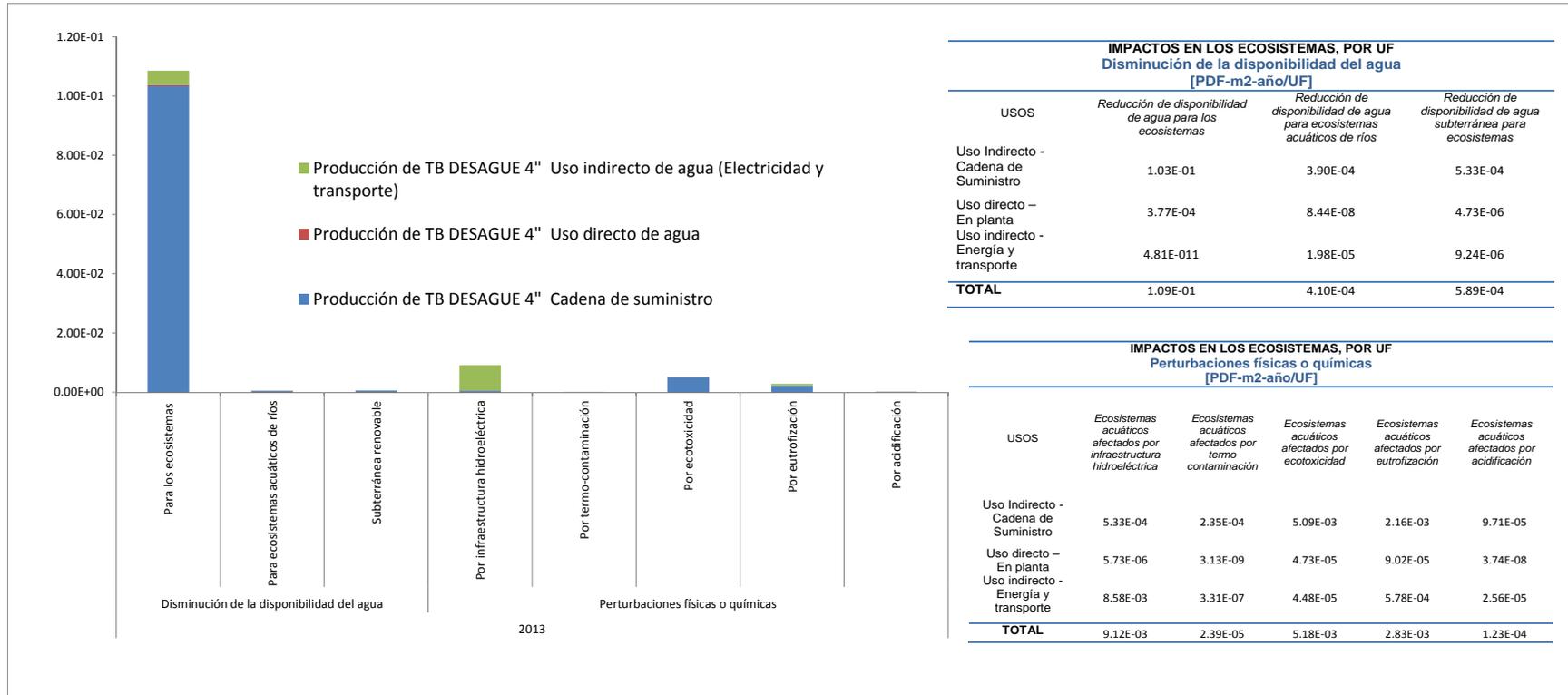
**Ilustración 11. Impacto Potencial en la Salud Humana**



Según el análisis de huella hídrica efectuado, 1 tubería de desagüe SAL de 4" producido durante el 2013 en la planta de "El Agustino" tiene un impacto en la salud humana de 1.14 E-03 DALY/UF. El 99.74% se atribuye a impactos potenciales de la salud de desnutrición causada por escasez de agua.

En relación al origen, el 99.75% del impacto potencial en salud humana corresponde al impacto atribuido al carbonato de calcio.

**Ilustración 12. Impacto Potencial en la Calidad de os Ecosistemas**



Según el análisis de huella hídrica efectuado, 1 tubería de desagüe SAL de 4" producido durante el 2013 en la planta de "El Agustino", tiene un impacto en el Ecosistema de 1.27 E-01 PDF-m2-año/tubería. El 86.41% de todo el impacto en ecosistemas se atribuye a la disminución de la disponibilidad de agua, de los cuales el más importante está representado por la reducción de disponibilidad de agua para los ecosistemas (99.08%).

En relación al origen, 88.46% del impacto potencial en el ecosistema se produce en la cadena de suministros principalmente en la resina de PVC y el 11.08% es producido por el uso indirecto del agua donde la electricidad es su mayor representante es la energía eléctrica.

#### 4. DISCUSIÓN

Todas las dimensiones de inventario e impacto de punto medio y final pueden resumirse en el siguiente cuadro, denominado "Matriz de puntos críticos".

**Tabla 16. Puntos Críticos de Análisis de Huella Hídrica Mexichem (2013)**

i) 50 – 100%: Tonos rojos de menor a mayor intensidad, ii) 0 – 50%: Tonos verdes de mayor a menor intensidad.

Hot Spots 2013	Agua Consumida Huella Hídrica	Impacto Hídrico WIIX	Impacto en Salud Humana	Impacto en Ecosistemas
Usos Indirectos (Cadena de Suministros)	91.9972%	90.4496%	99.9911%	88.4675%
Usos directos (Producción)	0.0187%	0.7732%	0.0001%	0.4475%
Usos Indirectos: (Energía y Combustibles)	7.9841%	8.7773%	0.0087%	11.0850%

La tabla 16 muestra los puntos críticos, resumiendo todo el perfil de análisis de huella hídrica desarrollado. Se pueden identificar los cuatro grupos medidos: Agua Consumida, Impacto Hídrico - WIIX, Impacto en la Salud Humana, Impacto en la Calidad de los Ecosistemas; versus las categorías de uso.

En general el consumo e impactos generados en la cadena de suministros son los más significativos 91.99% por agua consumida, 90.44% por impacto Hídrico WIIX, 99.99% por impacto potencial en Salud Humana y 88.46% por impacto potencial en ecosistemas.

Es importante notar que el impacto potencial en ecosistemas se incrementa por el consumo de energía y combustibles, asociado principalmente al consumo de energía eléctrica.

	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición	Unidad Funcional	
	2013	Tubería de desagüe SAL 4"	001	

A continuación, detalles sobre el análisis de cada aspecto de la huella hídrica en la planta de El Agustino.

#### 4.1. Agua Consumida

Los resultados muestran que los consumos totales de agua se encuentran en la cadena de suministros (91.99%). Donde el insumo más representativo es la resina de PVC.

El agua consumida adquiere mayor importancia en la resina de PVC debido a que en su fabricación se usan grandes cantidades de agua dulce en el enfriamiento de las tuberías en el proceso de extrusión.

Los consumos indirectos de agua, están principalmente en los suministros como la resina de PVC y el Carbonato de Calcio usados en la fabricación de la tubería de PVC SAL de 4" que aportan el 99.72% y 0.28% de los consumos indirectos respectivamente. La resina de PVC para su elaboración usa grandes cantidades de agua para el enfriamiento, a su vez que es devuelta al ambiente con contaminación térmica, esto explica el gran aporte de agua consumida. Para reducir el uso de agua relacionados al consumo de agua indirecta, se podría ver la opción de cambiar de proveedor, uno que se encuentre en un lugar con menor estrés hídrico y que tenga un sistema eficiente de gestión de uso del recurso hídrico. Para el caso de los insumos nacionales como el carbonato de calcio se debe averiguar si el proveedor desarrolla buenas prácticas buscando eficiencia en la gestión del agua, también si viene trabajando en proyectos de responsabilidad social relacionados al agua.

#### 4.2. Índice de Impacto Hídrico, WIIX

El WIIX directo es afectado por el consumo de agua, calidad de los efluentes y la disponibilidad de agua en la zona. El gran consumo está en la cadena de suministro principalmente en la resina de PVC. La materia prima principal para la obtención del PVC es el petróleo y halita (sal de roca). En los procesos de obtención del PVC se usan altas cantidades de energía y agua. Si bien el índice de impacto hídrico en Houston, Texas es 0.87, la obtención del PVC tiene impactos en la calidad de aguas y un alto consumo de esta.

El WIIX directo es afectado por el consumo de agua (aproximadamente 1.39% del agua que entro en la Planta del Agustino durante el periodo de estudio fue consumida) y por la calidad de los efluentes. Las principales estrategias para reducir el índice de impacto hídrico, es tomar las medidas necesarias para reducir los consumos de agua y revisar todos las conexiones dentro de la empresa para evitar fugas. Las aguas residuales que salen de la planta de El Agustino como efluentes son descargados a la alcantarilla municipal, que posteriormente son conducidos a la planta de tratamiento de la Taboada. Se asumió que la descarga al ambiente de las aguas residuales, cumple con la calidad establecida de la normativa vigente. La calidad establecida para la DBO por el D.S 21 – 2009 que regula la calidad de descargas al sistema de alcantarillado en Perú es de 500 mg/L.

Al igual que para los consumos de agua, los insumos que mayor WIIX generan son el PVC 99.63%, Carbonato de Calcio 0.37% y la electricidad 0.99%.

	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición	Unidad Funcional	
	2013	Tubería de desagüe SAL 4"	001	

### 4.3. Impactos potenciales en la salud humana y calidad de los ecosistemas

#### 4.3.1. Impactos potenciales en la salud humana

Desde la perspectiva del uso, en el análisis de impactos potenciales en salud humana se observa que el mayor orden de importancia lo tiene el uso indirecto de agua por uso del carbonato de calcio (cadena de suministros). Alcanza un 99.75% de representatividad.

Desde la perspectiva del tipo de impacto, los impactos potenciales por desnutrición se encuentran en el orden de magnitud de 1.14 E-03 DALY/UF (99.74%) y los impactos potenciales por toxicidad en salud humana se encuentran en el orden de magnitud de 2.91E-6 DALY/UF (0.25%), valor casi insignificante en comparación con el primero.

En conclusión, es la falta de disponibilidad del recurso hídrico atribuible a la producción carbonato de Calcio la que posee absoluta representación de los impactos potenciales en salud humana. El impacto es considerable ya que la zona norte de Lima, se tiene un alto índice de escasez de agua.

#### 4.3.2. Impactos potenciales en la calidad de los ecosistemas

Desde la perspectiva del uso, en el análisis de impactos potenciales en la calidad de ecosistemas se observa que el mayor orden de importancia (88.46%) está relacionado el impacto al uso indirecto en la cadena de suministros principalmente al uso de la resina de PVC.

Desde la perspectiva de disminución de la disponibilidad de agua, la más relevante es la reducción de la reducción de agua para ecosistemas 99.08%. Esta atribuida al uso indirecto de agua por consumo de resina de PVC 93%.

Mientras que las perturbaciones físicas y químicas representan el 13.59%, siendo el mayor impacto en los ecosistemas acuáticos afectados por infraestructura hidroeléctrica (52.91%).

La reducción de disponibilidad de agua para ecosistemas mide el impacto potencial en los ecosistemas causado por consumo de agua dulce. Este indicador de categoría de impacto tiene en cuenta el daño a la vegetación por menor disponibilidad de agua debido al consumo de agua para otros fines. Las perturbaciones por eutrofización miden el impacto potencial en los ecosistemas de agua dulce causado por eutrofización. Este indicador de categoría de impacto tiene en cuenta los daños a la biodiversidad de los ecosistemas de agua dulce por emisión de fósforo y/o otras sustancias eutrofizantes.

### 4.4. Análisis de sensibilidad

Para el análisis de sensibilidad se cambiaron los procesos seleccionados para modelar la huella hídrica de los insumos resina de PVC y carbonato de calcio en la producción de una tubería de PVC. Se escogieron estos dos insumos ya que son los que mayor consumo de agua e impactos generan en el proceso de medición. La resina de PVC es uno del insumo que representa mayor consumo de agua. A continuación la Tabla 17 muestra los insumos a los que se realizó el análisis de

	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición	Unidad Funcional	
	2013	Tubería de desagüe SAL 4"	001	

sensibilidad, lo procesos usados para modelar la huella hídrica de estos insumos en el estudio y los nuevos procesos con los que se realizó el análisis de sensibilidad.

**Tabla 17. Procesos seleccionados para realizar el análisis de sensibilidad de los insumos escogidos**

Insumo	Proceso de base de datos usado para el estudio	Nuevo Proceso de Base de datos usado para el análisis de sensibilidad
Resina de PVC	polyvinylchloride, suspension polymerised, at plant/RER U	polyvinylidenchloride, granulate, at plant/RER U
Carbonato de Calcio	limestone, milled, packed, at plant/CH U	calcium carbide, technical grade, at plant/RER U

El carbonato de calcio es obtenido por la molienda de la roca caliza, en el procesamiento para modelar este insumo en el estudio se usó la caliza ya que no está el proceso para carbonato de calcio. Para el análisis de sensibilidad de la resina de PVC, se hizo una comparación de una resina de PVC granulado y la resina de PVC polimerizado en suspensión.

A continuación la **Tabla 18** muestra la variación en los resultados de huella hídrica obtenidos al cambiar los procesos de los insumos comentados. El escenario base muestra los resultados obtenidos en el estudio, el escenario 1 muestra los resultados al cambiar el proceso de PVC en suspensión polimerizada, el escenario 2 muestra los resultados al cambiar el proceso de carbonato de calcio.

**Tabla 18. Análisis de sensibilidad**

Parámetro de la Huella Hídrica	Escenario Base	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
Consumo indirecto de agua (m <sup>3</sup> /UF)	0.3983	0.1464	0.4068	0.3983	0.3983
WIIX indirecto (m <sup>3</sup> eq/UF)	0.3162	0.1741	0.3257	0.0434	0.1864
Impactos potenciales indirectos por desnutrición (DALY/UF)	1.14E-03	1.14E-03	1.07E-02	1.14E-03	1.14E-03
Impactos potenciales indirectos por toxicidad (DALY/UF)	2.91E-06	2.70E-05	4.54E-06	2.91E-06	2.91E-06
Impactos potenciales indirectos por reducción de disponibilidad de agua para ecosistemas (PDF*m <sup>2</sup> *año/UF)	1.10E-01	4.04E-02	1.28E-01	2.53E-02	9.25E-02
Impactos potenciales indirectos por eutrofización (PDF*m <sup>2</sup> *año/UF)	1.72E-02	7.68E-02	5.12E-02	1.72E-02	1.72E-02

Los resultados obtenidos a partir del análisis de sensibilidad principalmente demuestran que:

	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición	Unidad Funcional	
	2013	Tubería de desagüe SAL 4"	001	

**a. Escenario 1 “polyvinylidenchloride, granulate, at plant/RER U”**

- El consumo de agua disminuye de 398 litros a 146 litros de agua por tubería de desagüe SAL de 4”.
- El Impacto hídrico (WIIX) total disminuye en 0.1421 m<sup>3</sup>/eq
- El Impacto potencial indirecto por toxicidad, aumenta en 2.41E-05 DALY/UF
- El Impacto potencial indirecto por reducción de disponibilidad de agua para ecosistemas, disminuye en 6.96 E-02 PDF\*m<sup>2</sup>\*año/UF
- Impactos potenciales indirectos por eutrofización, aumenta 5.96 E-02 PDF\*m<sup>2</sup>\*año/UF

El estudio de Hirschier “Life Cycle Inventories of Packaging and Graphical Papers. Ecoinvent – Report N° 11, 2007), hace referencia a dos procesos de resina de PVC por suspensión polimerizada y granulada. La diferencia se observa cuando se hace el análisis de sensibilidad, cuando se sustituye el proceso de suspensión polimerizada con la resina granulada, se observa que la primera tiene 252 litros de agua más que la resina granulada. Analizando estos dos casos se concluye que la resina en suspensión usa mayores cantidades de agua dulce para el enfriamiento teniendo un proceso menos que la resina granulada a la cual se le agregan co - monómeros y aditivos para formarla. La explicación es que en las muestras analizadas para este estudio, fábricas productoras de resina granulada usan agua de mar para el enfriamiento y el agua de salada no cuenta como huella hídrica. Por eso se ve en los resultados el gran consumo de agua dulce en la resina en suspensión polimerizada.

El proceso que se adapta al requerimiento del insumo en la cadena de suministros es el propuesto originalmente, esto porque la resina de PVC y el Carbonato de Calcio son las requeridas en el proceso de extrusión de tuberías.

**b. Escenario 2 “calcium carbide, technical grade, at plant/RER U ”**

El consumo de agua es aumenta de 398 litros a 407 litros de agua por tubería de desagüe SAL de 4”.

- El Impacto hídrico (WIIX) total aumenta en 0.00950 m<sup>3</sup>/eq.
- El Impacto potencial indirecto por desnutrición, aumenta en 9.56E-03 DALY/UF
- El Impacto potencial indirecto por toxicidad, aumenta en 1.63E-06 DALY/UF
- El Impacto potencial indirecto por reducción de disponibilidad de agua para ecosistemas, aumenta en 1.80 E-02 PDF\*m<sup>2</sup>\*año/UF
- Impactos potenciales indirectos por eutrofización, aumenta 3.40 E-02 PDF\*m<sup>2</sup>\*año/UF

	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición	Unidad Funcional	
	2013	Tubería de desagüe SAL 4"	001	

**c. Escenario 3 "Suponiendo que el proveedor de resina es de Colombia "**

El consumo de agua se mantiene como el inicial que es de 398 litros de agua por tubería de desagüe SAL de 4".

- El Impacto hídrico (WIIX) total disminuye en 0.2728 m3/eq
- Los impactos en la salud se mantienen con los valores iniciales
- El Impacto potencial indirecto por reducción de disponibilidad de agua para ecosistemas, disminuye en 8.47 E-02 PDF\*m2\*año/UF
- Impactos potenciales indirectos por eutrofización se mantiene con su valor inicial

**d. Escenario 4 "Suponiendo que el proveedor de resina es de Colombia "**

El consumo de agua se mantiene como el inicial que es de 398 litros de agua por tubería de desagüe SAL de 4".

- El Impacto hídrico (WIIX) total disminuye en 0.1298 m3/eq
- Los impactos en la salud se mantienen con los valores iniciales
- El Impacto potencial indirecto por reducción de disponibilidad de agua para ecosistemas, disminuye en 1.75 E-02 PDF\*m2\*año/UF
- Impactos potenciales indirectos por eutrofización se mantiene con su valor inicial

Se ha realizado el análisis de sensibilidad con distintos dos valores de WSI, se ha considerado como valor bajo a los que van de 0 a 0.4 medio de 0.4 a 0.7 y alto de 0.7 a 1. La localización con índice de estrés hídrico alto corresponde al escenario base que es Houston.

En el escenario c, el agua consumida se mantiene, el WIIX disminuye notablemente debido al bajo Índice de estrés hídrico de Colombia 0.03739, se debe señalar que se ha tomado el valor promedio del país, haciendo una comparación con el alto estrés hídrico de Houston Texas 0.8768 lugar de donde proviene esta materia prima. También se observa una disminución en el impacto potencial por reducción de disponibilidad de agua para ecosistemas, debido a que el factor de caracterización de la localización de la cuenca en Colombia es 0.0465 y en Houston es 0.2771, por lo tanto este factor es menor para Colombia.

En el escenario d, el agua consumida se mantiene, pero el WIIX disminuye debido a que el índice de estrés hídrico promedio de China es de 0.4775, haciendo una comparación con el alto estrés hídrico de Houston Texas 0.8768 lugar de donde proviene esta materia prima. También se observa una disminución en el impacto potencial por reducción de disponibilidad de agua para ecosistemas, debido a que el factor de caracterización de la localización de la cuenca en China es 0.2303 y en Houston es 0.2771, por lo tanto este factor es menor para Colombia.

	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición	Unidad Funcional	
	2013	Tubería de desagüe SAL 4"	001	

## 5. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Los resultados presentados están limitados a los objetivos y alcances mencionados en este reporte anteriormente. Algunas de las limitaciones en los resultados presentados son:

- El estudio no ha considerado la infraestructura en la planta de producción, solo ha considerado los insumos utilizados para la producción.
- No se ha considerado el transporte de la infraestructura.
- El grado de incertidumbre es media en el análisis de los consumos indirectos, debido a que los procesos de producción usados como referencia (Dataset de Ecoinvent/Quantis) no son particulares de Perú. Se han utilizado factores de regionalización para adaptarlos.
- Para la elección de los insumos en la cadena de suministros se ha realizado la regla "cut off", la cual considera la cantidad de los productos por el costo unitario, aquellos que superen el 2% de importancia se consideran en la matriz de cálculo. Por ello solo se ha considerado la resina de PVC y el Carbonato de Calcio
- No se ha considerado los insumos para el mantenimiento de los equipos y maquinarias existentes en la planta de producción ya que no superaron el 2% de importancia en la asignación por importancia de porcentajes en costos.
- Los datos de consumo de agua, se obtuvieron de las lecturas mensuales que reporta el área de mantenimiento considera, en la cual se asignan un porcentaje de uso de agua para el área industrial de la planta.
- No se consideró el transporte usado para importar los insumos provenientes de otros países ya que no se cuenta con suficientes datos, como el medio de transporte utilizado y lugar desde de envío.
- En la base de datos no se contaba con el proceso para el Carbonato de Calcio y se utilizó el proceso limestone, milled, packed, at plant/CH U, un proceso similar, ya que tiene como principal componente el Calcio.
- Existe una gran incertidumbre en la cadena de suministros de la resina de PVC, que es el insumo más importante y el más usado en la producción de la tubería en estudio.

	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición	Unidad Funcional	
	2013	Tubería de desagüe SAL 4"	001	

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La planta de El Agustino, se encuentra en un lugar con alto indicador de escasez hídrica acorde a Pfister et al. (2009). El WSI del lugar tiene un valor de 1 y se ubica en la región Lima. El WSI estima el estrés hídrico asociado al suministro y la demanda de agua en una zona determinada. La magnitud del WSI de la zona donde se encuentra la planta de El Agustino, indica que el riesgo de agotamiento es alto.

Los resultados muestran que los mayores consumos de agua e impactos se relacionan a la cadena de suministro, específicamente al uso de resina de PVC, insumo elemental para la producción de la tubería de desagüe SAL de 4" en la planta de El Agustino. Además, el análisis de sensibilidad mostró que al utilizar procesos diferentes (otras opciones en cuanto a insumos) la evaluación varía relativamente cuando se sustituye la resina en suspensión polimerizada por la resina granulada, que en lugar de usar agua dulce para enfriamiento usa agua de mar. Pero usando otros procesos relacionado al carbonato de calcio no hay mucha diferencia y no varía mucho en sus conclusiones.

Del análisis de huella hídrica se pudo identificar la importancia de la gestión del recurso hídrico, ya que el hecho de no tener medidores en las diferentes áreas no nos permite tener un análisis más específico del recurso hídrico en la planta, por otro lado el análisis nos hace ver que el uso indirecto de agua como energía eléctrica, va tomando importancia en el WIIIX e impacto a los ecosistemas, a partir de esto se pueden realizar mejoras, para una mayor eficiencia energética en la planta.

### RECOMENDACIONES

- Se debe poner medidores en las diferentes áreas de la empresa para tener un número exacto de consumo de agua así obtener datos reales de los usos domésticos de agua.
- Para cada año de medición se debe construir un proceso para electricidad, ya que todos los años los porcentajes de generación de energía eléctrica son diferentes.
- El mayor énfasis para reducir los impactos por uso directo de agua deben direccionarse a la mejora de la calidad del agua residual vertida, que es proveniente del uso doméstico. La principal estrategia para reducir el índice de impacto hídrico es incrementar la eficiencia de la PTAR, incluso más allá de cumplir solamente la normatividad nacional.
- Considerar la incorporación de medidores de electricidad en las máquinas de extrusión e inyección para tener un número exacto en el consumo de electricidad.
- Se debería exigir a los proveedores una ficha técnica más detallada, incluyendo lugar de origen de la materia prima. Eso facilitaría elegir los procesos que están en la base de datos y el lugar de origen es importante ya que este dato se refleja el índice de impacto hídrico, el impacto en la salud y también en los ecosistemas.
- Considerar el transporte de suministros desde el lugar de origen hasta el puerto del Callao.

	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición	Unidad Funcional	
	2013	Tubería de desagüe SAL 4"	001	

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **Hoekstra A., Chapagaing A., Aldaya M., Mekonnen M.** *The Water Footprint Assessment Manual, setting the global standard.* London Washington, DC : earthscan, 2011
- **Doka G.,** *Life Cycle Inventories of Waste treatment services, ecoinvent report N° 13, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dubenfort, December 2007.*
- **Hischier R.** *Life Cycle Inventories of Packagin and Grafical Papers, Ecoinvent Report N° 11, Swiss centre for Life Cycle Inventories. Dubendorf, 2007.*
- **Boulay et al.** 2011 Categorizing water for LCA inventory.
- **Rosenbaum R., et al.** *USEtox—the UNEP-SETAC toxicity model: recommended characterisation factors for human toxicity and freshwater ecotoxicity in life cycle impact assessment [Journal] // Internation Journal of Life Cycle Assessment. - 2008.*
- **ISO 14040:2006.** *Environmental management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework. 2006.*
- **ISO 14044:2006.** *Environmental management – Life Cycle Assessment – Requirements and Guidelines. 2006.*
- **ISO 14046.** *Environmental management - Water footprint — Principles, requirements and guidelines*
- **COSUDE. 2013.** *Resultados de la evaluación de la huella hídrica para el proyecto SuizAgua Colombia Fase I.* Bogotá : s.n., 2013.
- **Pfister S., Koehler A. and Hellweg** *Assessing the Environmental Impacts of Freshwater Consumption in LCA [Journal] // Environmental Science & Technology. - 2009. - 11: Vol. 43. - pp. 4098-4104.*
- **Hanafiah Maria [et al.]** *Characterization factors for water consumption and greenhouse gas emissions based on freshwater fish species extinction [Journal] // Environmental Science & Technology. - Zurich : [s.n.], May 16, 2011. - 12 : Vol. 45. - pp. 5272-5278.*
- **Goedkoop M. J [et al.],** *ReCiPe 2008, A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level [Online] // Report I: Characterisation. - January 6, 2009. - First edition. - <http://www.lcia-recipe.net>.*
- **Kounina [et al.]** *Review of methods addressing freshwater resources in life cycle inventory and impact assessment. [Publicación periódica] // International Journal of life cycle assessment (submitted). - 2011. - Anna Kounina; Manuele Margni; Annette Koehler; Jean-Baptiste Bayart; Anne-Marie Boulay; Markus Berger; Cecile Bulle; Rolf Frischknecht; Llorenç Mila-i-Canals; Masaharu Motoshita; Montserrat Nunez; Gregory Peters; Stephan Pfister.*
- **Van Zelm R. [et al.]** *Implementing Groundwater Extraction in Life Cycle Impact Assessment: Characterization Factors Based on Plant Species Richness for the Netherlands. Environmental Science & Technology 45: 629-635, 2011.*

	ANÁLISIS DE HUELLA HÍDRICA ACORDE A LA NORMA ISO 14046			
	Planta "El Agustino"	Año de medición	Unidad Funcional	
	2013	Tubería de desagüe SAL 4"	001	

- **Verones F. [et al.]** Characterization factors for thermal pollution in freshwater aquatic environments. *Environmental Science & Technology* 44: 9364-9369, 2010.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21069953>.
- **Bayart Jean-Baptiste [et al.]** *A framework for assessing off - stream water in LCA [Journal] // The International Journal of Life Cycle Assessment. - 2010. - pp. 439-453.*
- **Jolliet O. [et al.]** *IMPACT 2002+: A new life Cycle Impact Assessment Methodology [Journal] Environmental Journal of Life Cycle Assessment – 2003.- 6: Vol 8-pp. 324 - 330*
- **Decreto Supremo N° 002 – 2008 – MINAM**
- **Decreto Supremo N° 021 – 2009 – VIVIENDA**
- **Resolución Jefatural N° 246 – 2015 - ANA**

# Critical Review Report

Date: **10 December 2015**  
Reviewer (Internal independent expert): **Xavier Bengoa**  
Quantis  
EPFL Innovation Park, Bat D, 1015 Lausanne, Switzerland  
+41 21 693 91 93  
xavier.bengoa@quantis-intl.com

Study commissioner: **Mexichem**  
Study practitioner: Alejandro Conza ([aconza@agualimpia.org](mailto:aconza@agualimpia.org)), Blanca Alfaro ([balfaro@agualimpia.org](mailto:balfaro@agualimpia.org)), Rony Laura ([rlaura@agualimpia.org](mailto:rlaura@agualimpia.org))

Title of the study and version of the report (date if relevant): **Análisis de la Huella Hídrica en la planta de fabricación de tuberías en el Agustino acorde la norma ISO 14046**

This critical review was done based on the final report of the water footprint study, according to ISO 14'046.

The water footprint study was realized by the practitioner with the scientific support of Quantis team along the study. Quantis ensured the relevance of the goal and scope, inventory, impact assessment and interpretation of the water footprint study.

I ensure that I, Xavier Bengoa, was not involved directly in the water footprint study realization and neither in the scientific support to the practitioner. I am an internal independent expert according to the definition of the critical review norm ISO 14'071. The critical review process ensured that:

- The methods used to carry out the LCA are consistent with ISO 14'046
- The methods used to carry out the LCA are scientifically and technically valid
- The data used are appropriate and reasonable in relation to the goal of the study
- The interpretations reflect the limitations identified and the goal of the study
- The study report is transparent and consistent

**The answers and adaptations made in the report by the study practitioner were adequate and accepted by the reviewer.**

#	Position	Reviewer comment	Reviewer recommendation	Response from the practitioner
1	s. 2.4 (System boundaries) and s.2.5 (Allocation rules)	The production of the product assessed (i.e. <i>1 tubería de PVC SAL de 4" de diámetro, 3 metros de longitud y 2.591 kg de peso</i> ) corresponds to 10% of the total production at the El Augustino plant. It is not clear if these 10% are based on the total production volume in kg, production volume in units sold or sales volume in local currency.	Clarify what these 10% relate to and justify the allocation choice if different from a mass-basis.	Modificado en 2.4 El 10% está relacionado a la producción total en kg, en la planta de extrusion.
2	s. 3.1 (Direct water balance)	Figure 5: units on Y axis used scientific spelling	To facilitate interpretation, use standard numbering. Add a legend explaining the meaning of the different colors.	Se ha modificado la figura 5, se han reemplazado las unidades en numeración científica por numeración estandar y se ha incluido la leyenda del gráfico.
3	s. 4.2 (WIIX)	It is not clear the WIIX is related to oil extraction, refining or polymerization. Given the importance of this parameter (i.e. 99% of total WIIX), we would appreciate more information in that regards. Also, the water stress index (WSI) for Houston, TX, was used for the PVC supply chain. It is not clear if this is based on the practitioner's assumption that oil extraction, refining and polymerization all take place in Texas, or if data from Mexichem was provided to support this statement. It could be assumed that oil is imported from foreign countries and then refined and polymerized in the US.	Clarify which step in the PVC production is responsible for the WIIX and provide supporting information fir using the WSI of Houston, TX.	El mayor WIIX se origina en el proceso final de formación del PVC en suspensión polimerizado. Se llega a esta conclusión despues de haber realizado un análisis para identificar cual es el WIIX mas representativo en el proceso usado para la resina de PVC, para eso se hizo una comparación del proceso de la resina de PVC en suspensión polimerizada con dos productos intermedios (Nafta y Etileno). El resultado del análisis determina que el

#	Position	Reviewer comment	Reviewer recommendation	Response from the practitioner
				<p>WIIIX más importante se origina en el proceso de formación del PVC en suspensión polimerizada y no en los procesos previos.</p> <p>El principal proveedor de la resina de PVC es Mexichem America Inc. perteneciente al grupo Mexichem que tiene su planta de producción en Houston Texas.</p> <p>Houston comprende una de las áreas de fabricación petroquímica más grande del mundo, el criterio asumido en el estudio indica que el 100% de PVC utilizado es importado desde la planta de Houston.</p>
4	s. 4.4 (Sensitivity analysis)	No sensitivity analysis is performed on the location of PVC manufacturing and its upstream supply chain.	If possible, add sensitivity analysis on this parameter and test several possible WSI for the PVC supply chain.	Se agregaron dos escenarios considerando que la resina de PVC proviene de otros dos países, como Colombia que tiene un WSI bajo y China un WSI medio, con estos dos países se hizo una comparación con el escenario base Houston Texas que tiene un WSI alto.

#	Position	Reviewer comment	Reviewer recommendation	Response from the practitioner
5	s. 5 (Limitations)	The main limitation seems to be missing: there is high uncertainty on the supply chain of PVC resin and its associated water footprint (which depends on local WSI)	Add limitation in that sense.	Se ha agregado como limitación la incertidumbre en la cadena de suministros de la resina de PVC, que es el insumo más importante y el más usado en la producción de tuberías.