

	GUÍA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

GUÍA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA

JOAN SEBASTIÁN DIAZ GONZALEZ

EDIXON JAVIER DIAZ ROMERO

UNIVERSIDAD ECCI
FACULTAD INGENIERÍA
AMBIENTAL
BOGOTÁ, D.C.
AÑO 2015

	GUÍA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

GUÍA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA

JOAN SEBASTIAN DIAZ GONZALEZ

EDIXON JAVIER DIAZ ROMERO

Proyecto de grado

BERYINY RUIZ CAÑÓN

Ingeniera Química

UNIVERSIDAD ECCI

FACULTAD INGENIERIA

AMBIENTAL

BOGOTÁ D.C.

AÑO 2015

	GUIA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

CONTENIDO

1. TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN	5
2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	5
2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	5
2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	6
3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	7
3.1. OBJETIVO GENERAL	7
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
4. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	8
4.1. JUSTIFICACIÓN	8
5. DELIMITACIÓN	9
6. MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN	10
6.2. MARCO CONCEPTUAL	12
6.3. MARCO LEGAL	15
6.4. MARCO HISTÓRICO	16
7. TIPO DE INVESTIGACIÓN	19
8. DISEÑO METODOLÓGICO	20
9. RESULTADOS	21
9.1. PRIORIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA	21
9.2. ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE PRE-GUÍA	24
9.3. IDENTIFICAR FALENCIAS DE LA PRE-GUÍA	27
9.4. ESTRUCTURAR LA GUÍA INTRODUCTORIA SOBRE LA HUELLA HÍDRICA Y SU APLICACIÓN	28
10. CONCLUSIONES	29
11. COMENTARIOS ADICIONALES Y RECOMENDACIONES	30
12. BIBLIOGRAFÍA	31
13. ANEXO 1 GUIA INTRIDUCTORIA HUELLA HIDRICA	35

	GUIA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

14.ANEXO 2 RESULTADOS TOPTEX S.A._____ 105

15.ANEXO 2 RESULTADOS I.E.D. TOMAS RUEDA VARGAS_____ 115

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. APORTE INTERINSTITUCIONAL SOBRE LA HUELLA HÍDRICA A TRAVÉS DEL TIEMPO. _____ 17

FIGURA 2. INSTITUCIÓN EDUCATIVA DISTRITAL TOMAS RUEDA VARGAS _____ 25

FIGURA 3. INDUSTRIA TEXTIL TOPTEX S.A. _____ 26

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. MARCO LEGAL DEL PROYECTO GUÍA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA _____ 15

TABLA 2. TIPO DE INVESTIGACIÓN _____ 19

**TABLA 3. DOCUMENTOS BIBLIOGRÁFICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA GUÍA
INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA _____ 21**

	GUIA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

1. TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

Guía introductoria de la huella hídrica.

2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La problemática que vive el recurso hídrico a nivel mundial se ha convertido en tema de debate internacional; A través de los años las actividades humanas y el crecimiento poblacional han cambiado el comportamiento de los ecosistemas hídricos generando una amenaza en la disponibilidad de agua dulce para el ser humano.

Se estima que, actualmente, más de dos mil millones de personas se ven afectadas por la escasez de agua en más de 40 países, 1.100 millones no tienen suficiente agua potable y 2.400 millones no disponen de servicios de saneamiento, y aun así, si a esto le suman que muchos de los recursos hídricos están compartidos por dos o más países, actualmente hay 263 cuencas fluviales compartidos por dos o más naciones, donde habita aproximadamente el 40 por ciento de la población del mundo (UNESCO, 2007). Colombia siendo uno de los países con una de las mayores ofertas hídricas del mundo, debido a su ubicación geográfica, su orografía y gran variedad de regímenes climáticos, no es ajeno a la problemática que se vive frente a la escasez del agua, la mala gestión, la contaminación excesiva antrópica y la mal uso que se le da al recurso han hecho que el país se vea envuelta en esta problemática global (IDEAM, 2010). Es por esta razón que las predicciones para el futuro en cuanto a escasas del recurso hídrico para consumo no son muy alentadoras e influye síntomas de preocupación de orden mundial; debido a esta situación se comenzó a gestionar políticas y estrategias que permitan controlar y proteger los ecosistemas hídricos en el mundo; una de estas estrategias y en la cual estará basado este documento es el indicador de la Huella Hídrica, planteado en 2002 por el investigador Arjen Hoekstra, el cual permite calcular los consumos totales de agua dulce de un bien o servicio de una persona, industria, comunidad, entre otras con el fin de identificar los impactos generados a la salud humana y los ecosistemas hídricos; los resultados obtenidos durante el desarrollo de esta medición contribuyen a mejorar la gestión hídrica de los sectores ya mencionados (ISO, 2014).

	GUIA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Basado en lo anteriormente mencionado este el proyecto busca aportar un documento practico y útil que permitirá al lector medir el comportamiento hídrico de un sector particular y los impactos negativos relacionados de este, para ello se utilizara como base el indicador de la huella hídrica, el cual aportara los métodos necesarios para mejorar la gestión hídrica de cualquier actividad humana.

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Con la elaboración de un documento: *Guía introductoria sobre la huella hídrica y su aplicación*, permitirá al lector utilizar el concepto dentro de su vocabulario y proponerlo como herramienta útil en la medición de los consumos de agua dulce para así identificar los impactos asociados de cualquier actividad humana y poder tomar decisiones acorde a sus propósitos sin necesidad de ser un experto en el tema.

Actualmente se encuentra en la red virtual varias herramientas que exponen los conceptos, cálculos y métodos de la huella hídrica, sin embargo estas están expuestas para personas expertas en el tema, es de allí que nace la iniciativa de proponer un documento que permita dar el entendimiento de cálculo de la huella hídrica a cualquier persona con un nivel básico de educación; esto se hace ya que la problemática del agua en la mayoría de casos es producida por la población común, al otorgar una guía práctica con un indicador innovador en la gestión hídrica, el uso del recurso podría mejorar disminuyendo la problemática que presenta el país frente a temas de escasez.

Quien aplique en la práctica el concepto de huella hídrica y desee disminuir su consumo, puede llegar a controlar sus recursos indirectos y reducir hasta el 50% de los consumos directos de agua dulce, minimizando vertimientos e impactos negativos hacia al medio hídrico; así como se manejó en el proyecto piloto Suizagua Colombia una iniciativa de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), quien vinculó en el 2009 a un grupo de empresas suizas que operan en Colombia para medir la huella hídrica, cada organización obtuvo una reducción de más del 50% en los consumos directos de sus procesos y un control del 30% en los consumos indirectos (COSUDE, 2013).

	GUIA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. OBJETIVO GENERAL

Elaborar una guía introductoria sobre el concepto de huella hídrica que permita al lector de manera práctica, real y viable aprender a determinar una medición sobre los consumos de agua dulce para un bien, servicio de una organización, comunidad, industria, persona, entre otras.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Priorizar la información bibliográfica sobre la huella hídrica para realizar la Guía introductoria de huella hídrica y su aplicación
- Evaluar la estructura inicial de la guía mediante una primera experiencia de aplicación.
- Estructurar la versión final de la “Guía introductoria sobre la huella hídrica y su aplicación”.

	GUIA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

4. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. JUSTIFICACIÓN

De acuerdo a la actual situación del recurso hídrico, mencionada en la descripción del problema de este proyecto, se considera necesario realizar actividades en la preservación del agua como recurso vital para la vida, la huella hídrica como indica el investigador Arjen Hoekstra en sus estudios realizados por la Water Footprint Network, es una idea innovadora cuyo propósito favorece el objetivo general de la política del agua adoptada en la Cumbre de la Tierra de Rio de Janeiro 1992 *“El objetivo general es garantizar que se mantenga un abastecimiento adecuado de agua de buena calidad para toda la población de este planeta...”* (UNIDAS, 1992), en Colombia la situación no es ajena a los intereses internacionales en cuanto al buen uso y preservación del recurso hídrico, es por esto que con este proyecto se puede participar en la formación y divulgación de métodos encaminados al buen uso del agua, por tanto la construcción de una guía introductoria sobre la huella hídrica, sencilla, práctica y asimilable para el lector, permitirá que aquellos interesados puedan medir, reducir y divulgar los beneficios de la huella hídrica, y así participar en la solución del conflicto del agua.

El presente proyecto es una de esas estrategias que como estudiantes de Ingeniería Ambiental de la Universidad ECCI tiene como finalidad contextualizar el tema de huella hídrica en un documento práctico en el que el lector pueda apropiarse esta idea y aplicarla en su estilo de vida.

Esta guía es un documento didáctico que cuenta con todos los conceptos, metodologías y herramientas útiles en cuanto a la cuantificación de la huella hídrica y sus campos de aplicación. Una vez identificada la huella hídrica permite evaluar el comportamiento antrópico frente al ecosistema hídrico y determinar los impactos ambientales, y por ende generar políticas de acción.

	GUIA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

5. DELIMITACIÓN

Uno de los mayores conflictos a los que se enfrenta el proyecto es la de proporcionar datos precisos que permitan calcular la huella hídrica indirecta de cualquier sistema a evaluar; esto se debe a que el acceso de esta información se encuentra reservada o en la mayoría de los casos se debe contar con un medio de pago monetario bastante alto para acceder a ella.

	GUIA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

6. MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN

6.1. MARCO TEÓRICO

“La huella hídrica es un indicador de uso de agua dulce que es palpable no sólo en el uso de agua directo de un consumidor o productor, sino también en su uso indirecto. La huella hídrica puede ser considerada como un indicador global de apropiación de los recursos de agua dulce, por encima de la medida tradicional y restringida de la extracción de agua” (Arjen Hoekstra, Ashok Chapagain, Maite Aldaya, Mesfin Mekonnen, 2009), el agua es tema crucial para la sociedad, el medio ambiente y la economía, sin embargo el uso que se le está dando a los sistemas hídricos no son los más adecuados, esto ha generado una crisis social y económica en todo el mundo.

Cuando se habla de huella hídrica básicamente se refiere al volumen de agua utilizada para producir un producto o servicio, pero no se resume solo en ello, se debe considerar que la Huella Hídrica está compuesta por tres partes diferenciada en colores (Azul, Verde y Gris) y es estudiada según distintas perspectivas cuando se trata de un área geográfica determinada, la huella hídrica del consumo de la población de la zona, la huella sobre los recursos hídricos de la cuenca, o incluso el estudio de las importaciones y exportaciones de agua virtual que se encuentran medidos a lo largo de una cadena de suministro bien detallada (Arjen Hoekstra, Ashok Chapagain, Maite Aldaya, Mesfin Mekonnen, 2009). Es por esta razón que su valor es multidimensional en el análisis, ya que muestra los volúmenes de consumo de agua por fuentes y volúmenes de contaminación por cada tipo de contaminación, y cuyos componentes de huella hídrica total pueden ser especificados geográfica y temporalmente.

La huella hídrica se refiere al volumen de los recursos de agua Azul, Verde y Gris directa e indirectamente involucrados a lo largo de la cadena de suministro de un producto o servicio, es por lo tanto una perspectiva mejor y más amplia de determinar sobre cómo un consumidor o productor afecta el uso de sistemas de agua dulce detalladamente.

Hay que aclarar que se trata de una medida volumétrica del consumo de agua y su contaminación, esta no mide la gravedad de los efectos locales en el medio ambiente del consumo de agua y su contaminación (Manual de Evaluación de la Huella Hídrica 2010), su contaminación estará sujeta a la vulnerabilidad del sistema de agua local, y para ello hay que considerar el número de consumidores y contaminadores de agua que hagan uso del mismo.

	GUIA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Huella hídrica Azul (Arjen Hoekstra, Ashok Chapagain, Maite Aldaya, Mesfin Mekonnen, 2009)

Es un indicador de uso consuntivo de agua llamada azul, es decir, agua dulce de superficie o subterránea. “Uso consuntivo del agua” se refiere a uno de los cuatro casos siguientes:

- El agua se evapora;
- El agua se incorpora a un producto;
- El agua no vuelve a la misma zona de flujo, por ejemplo, es devuelta a otra zona de captación o al mar;
- El agua no vuelve en el mismo período, por ejemplo, si se retira en un periodo seco y devuelve en un período de lluvias.

Huella hídrica Verde (Arjen Hoekstra, Ashok Chapagain, Maite Aldaya, Mesfin Mekonnen, 2009)

Es un indicador del uso humano del agua conocida como verde. El agua verde se refiere a la precipitación sobre la tierra que no provoque escorrentía o se sume a las aguas subterráneas, pero que se mantenga en el suelo o su superficie o la vegetación. Finalmente, esta es la parte de la precipitación que se evaporará o que transpiran las plantas. El agua verde puede ser productiva para el crecimiento de cultivos (aunque no toda el agua verde puede ser absorbida por el cultivo, ya que siempre existirá la evaporación del suelo y porque no todas las épocas del año o zonas son adecuadas para el crecimiento de un cultivo).

La huella hídrica verde es el volumen de agua de lluvia consumida durante un proceso de producción. Esto es particularmente relevante para los productos agrícolas y forestales (productos a base de cultivos o de madera), donde se refiere a la evapotranspiración del agua de lluvia total (de los campos y las plantaciones), así como al agua incorporada en la cosecha o la plantación arbórea.

Huella hídrica Gris (Arjen Hoekstra, Ashok Chapagain, Maite Aldaya, Mesfin Mekonnen, 2009)

La huella hídrica gris de una fase del proceso es un indicador del grado de contaminación del agua dulce que se puede asociar con tal fase del proceso. Se define como el volumen de agua dulce que se requiere para asimilar la carga de contaminantes comparado con

	GUIA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

las concentraciones normales y las normas de calidad de agua. El concepto de huella hídrica gris ha crecido a partir del reconocimiento que la medida de la contaminación del agua se puede expresar en términos del volumen de agua que se requiere para diluir los contaminantes de tal manera que se conviertan en inofensivos.

Huella hídrica Directa (Arjen Hoekstra, Ashok Chapagain, Maite Aldaya, Mesfin Mekonnen, 2009)

La huella hídrica directa se refiere al consumo de agua y su contaminación que se relaciona con el uso del agua en el hogar o en el jardín.

Se refiere al volumen de agua utilizado directamente en el proceso que se lleva a cabo. Ejemplo: La huella hídrica directa hace referencia al volumen de agua consumida o contaminada mientras se cocina la carne.

Huella hídrica Indirecta (Arjen Hoekstra, Ashok Chapagain, Maite Aldaya, Mesfin Mekonnen, 2009)

La huella hídrica indirecta se refiere al consumo de agua y contaminación de las aguas que pueden estar asociados con la producción de los bienes y servicios consumidos por el consumidor. Se refiere al agua que se utiliza para producir, por ejemplo, la comida, ropa, papel, energía y bienes industriales de consumo.

Se refiere al volumen de agua que se utilizó para crear las herramientas o productos que utilizamos en nuestro proceso. Ejemplo: La huella hídrica indirecta del consumidor de carne depende del minorista que vende la carne, del procesador de comida que prepara la carne para la venta, de la granja de ganado y del cultivo que produce el alimento para el ganado, del aceite con que se preparó, de la sartén y estufa donde se preparó.

6.2. MARCO CONCEPTUAL

Agua azul: Agua dulce superficial y/o subterránea, es decir, el agua de los lagos, ríos y acuíferos (Arjen Hoekstra, Ashok Chapagain, Maite Aldaya, Mesfin Mekonnen, 2009)

Agua verde: La precipitación en la tierra que no forma parte de la escorrentía o recarga las aguas subterráneas, sino que se almacena en el suelo o se queda temporalmente en la parte superior del suelo o la vegetación (Falkenmark, 2013). Finalmente, esta parte de

	GUIA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

la precipitación se evapora o es transpirada por las plantas. El agua verde puede ser productiva para el crecimiento del cultivo (pero no toda el agua verde puede ser absorbida por los cultivos, porque siempre habrá la evaporación del suelo y porque no todas las épocas del año o zonas son adecuadas para el crecimiento del cultivo), (Arjen Hoekstra, Ashok Chapagain, Maite Aldaya, Mesfin Mekonnen, 2009).

El consumo: se refiere a la pérdida de agua de la masa de agua disponible del suelo de la superficie en un área de captación. Las pérdidas se producen cuando el agua se evapora, vuelve a otra zona de captación o al mar o se incorporan al producto (Arjen Hoekstra, Ashok Chapagain, Maite Aldaya, Mesfin Mekonnen, 2009).

Exportación de agua virtual: La exportación de agua virtual de un área geográficamente delimitada (por ejemplo, una nación o cuenca) es el volumen de agua virtual relacionados con la exportación de bienes o servicios de la zona, Es el volumen total de agua dulce consumida o contaminada para producir los productos de exportación (Arjen Hoekstra, Ashok Chapagain, Maite Aldaya, Mesfin Mekonnen, 2009).

Extracción de agua: El volumen de agua dulce extraída de aguas superficiales o subterráneas. Parte del agua dulce extraída se evapora, otra parte regresa a la cuenca donde fue extraída y otra parte puede regresar a otra cuenca o al mar (Arjen Hoekstra, Ashok Chapagain, Maite Aldaya, Mesfin Mekonnen, 2009).

Huella hídrica “clásica”: La huella hídrica es un indicador de uso de agua dulce que considera tanto el uso de agua directo como indirecto de un consumidor o productor. La huella hídrica de una persona, comunidad o empresa se define como el volumen total de agua dulce que se utiliza para producir los bienes y servicios consumidos por el individuo o la comunidad o producidos por la empresa. El uso del agua se mide en términos de volumen de agua consumida (evaporada) y/o contaminada por unidad de tiempo. La huella hídrica puede ser calculada para un determinado producto, para un grupo definido de consumidores (por ejemplo, un individuo, familia, pueblo, ciudad, provincia, estado o nación) o productores (por ejemplo, un organismo público, empresa privada o sector económico). La huella hídrica es un indicador geográfico explícito, que no sólo muestra los volúmenes de uso del agua y la contaminación, sino también las ubicaciones (Arjen Hoekstra, Ashok Chapagain, Maite Aldaya, Mesfin Mekonnen, 2009).

Huella hídrica azul: El volumen de agua superficial o subterránea consumido como resultado de la producción de un bien o servicio. Consumo se refiere al volumen de agua dulce utilizada y evaporada o incorporada en un producto. También incluye el agua

	GUIA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

extraída de fuentes subterráneas o superficiales en una cuenca y devuelta a otra cuenca o al mar. Es la cantidad de agua extraída del suelo o de agua superficial que no regresa a la cuenca donde fue extraída (Arjen Hoekstra, Ashok Chapagain, Maite Aldaya, Mesfin Mekonnen, 2009).

Huella hídrica en un área geográficamente delimitada: Se define como el consumo total de agua dulce y la contaminación dentro de los límites de la zona. El área puede ser por ejemplo una unidad hidrológica, como una cuenca o una unidad administrativa, como un municipio, provincia, estado o nación (Arjen Hoekstra, Ashok Chapagain, Maite Aldaya, Mesfin Mekonnen, 2009).

Huella hídrica extendida: Es un conjunto de indicadores incluyendo por una parte la huella hídrica “clásica”, y por otra otros indicadores económicos, sociales y ambientales que vienen a reforzar esta última para lograr un análisis más profundo (elaboración propia), (Arjen Hoekstra, Ashok Chapagain, Maite Aldaya, Mesfin Mekonnen, 2009).

Huella hídrica verde: Volumen de agua de lluvia consumido durante el proceso de producción. Esto es particularmente relevante para los productos agrícolas y forestales (productos a base de vegetales o madera). Donde se refiere a la evapotranspiración total del agua de lluvia (de los campos y plantaciones), más el agua incorporada en el cultivo o de madera (Arjen Hoekstra, Ashok Chapagain, Maite Aldaya, Mesfin Mekonnen, 2009).

Importación de agua Virtual: La importación de agua virtual en un área geográficamente delimitada (por ejemplo, una nación o cuenca) es el volumen de agua virtual asociado a la importación de bienes o servicios en el área. Es el volumen total de agua dulce utilizada (en las zonas de exportación) para producir los productos. Desde la perspectiva del área de importación, esta agua puede considerarse como una fuente adicional de agua parte de los recursos hídricos disponibles en la misma área, (Begazo, 2009)

Precipitación efectiva: La parte de la precipitación total que es retenida por el suelo de manera que esté disponible para la producción de cultivos (Berta Martin, 2013).

Productividad aparente del agua: El valor económico de los productos producidos por unidad de agua consumida (Alberto Garrido, Enrique palacios, Javier Calatrava, Jesus Chavez, Adolfo Exebio, 2014).

	GUIA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Requerimientos ambientales: La cantidad, calidad y ritmo temporal de los flujos de agua necesarios para mantener los ecosistemas de agua dulce y estuarios y los medios de vida humana y el bienestar que dependen de estos ecosistemas (BRISBANE, 2007).

Uso: La acción de emplear una cierta cantidad de agua a un fin determinado. No se trata de una magnitud volumétrica. Según la perspectiva planteada, el volumen de agua movilizada asociado a un uso es la extracción o el consumo de dicho uso (Arjen Hoekstra, Ashok Chapagain, Maite Aldaya, Mesfin Mekonnen, 2009).

6.3. MARCO LEGAL

El proyecto tendrá como base legal la siguiente normatividad que rige al país, esta se presenta en la tabla 1.

Tabla 1. Marco legal del proyecto Guía Introductoria de la Huella Hídrica

Normatividad	Define
Política Nacional para la gestión integral del Agua 2010.	Establece los objetivos, estrategias, metas, indicadores y líneas de acción estratégica para el manejo del recurso hídrico en el país, en un horizonte de 12 años. La Política fue sometida a consideración del Consejo Nacional Ambiental, en sesión número realizada el 14 de diciembre de 2009, en la cual se recomendó su adopción (MINISTERIO DE AMBIENTE, 2010)
Ley 2115 de 1994	Se normatiza el uso del agua y de residuos líquidos y vertimientos (Ministerio del medio ambiente, 2013).
Resolución 075 de 2011	Se adopta un formato de reporte sobre el estado de cumplimiento de la norma de vertimiento puntual del alcantarillado público (Ambiente, 2013).
Decreto 2945 de 2010	Se reglamenta el ejercicio de las actividades de monitoreo, seguimiento y control a que se refiere el decreto 028 de 2008 para el sector de agua potable y saneamiento básico y se dictan otras disposiciones (Presidencia de la república, 2013).

	GUIA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Normatividad	Define
Resolución 631 de 2015	Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones" (Sostenible, 2015)
Ley 373 de 1977	Se establece programa para el uso eficiente y ahorro del agua. (Ambiente M. d., Ley 373 de 1997, 2013)

Fuente: Autores

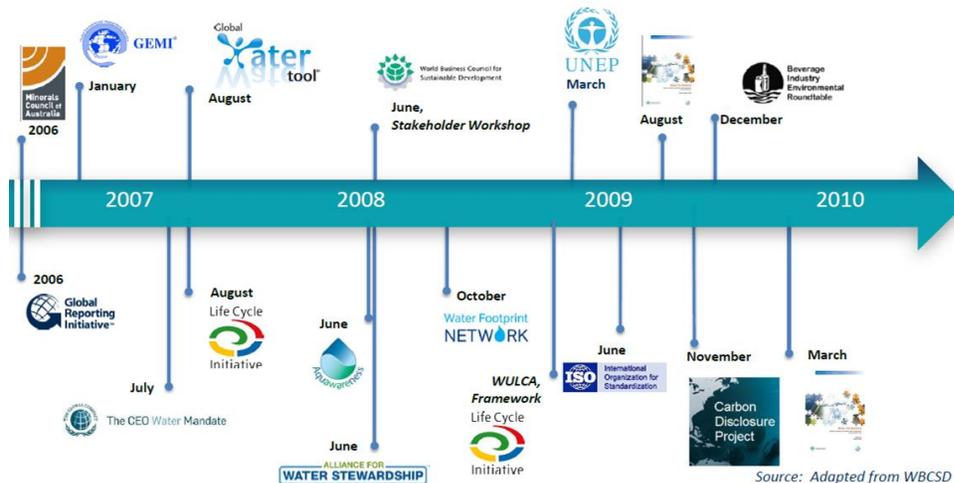
6.4. MARCO HISTÓRICO

El interés de la huella hídrica surgió a partir de dos conceptos que mejoraron la gestión del agua a nivel mundial, el primero se origina en 1993, por el investigador J.A.Allan, quien planteó un indicador llamado "Agua Virtual", que determina el volumen de agua necesaria para elaborar un producto o facilitar un servicio, la segunda se origina en 1995 por M.Falkenmark quien planteó el indicador de "Agua Verde", estos dos conceptos dieron el primer paso para estructurar el indicador de la huella hídrica por los investigadores A. Hoekstray A.Chapagain, este sistema metodológico que cuantifica los usos de agua dulce directos e indirectos para generar un bien o servicio de una persona, industria, producto, comunidad, nación, país, etc; y los traduce en impactos hacia la salud humana, los ecosistemas hídricos y la disponibilidad del recurso (COSUDE, Guia Metodologica de la aplicacion de la huella hidrica, 2013).

A nivel mundial se han desarrollado varias investigaciones y estudios sobre la huella hídrica las cuales están estrechamente relacionadas con el objeto de estudio, la huella hídrica es un indicador que ha revolucionado la gestión del agua a nivel mundial; esta iniciativa ha tenido varios agentes importantes que han participado en su crecimiento del concepto como lo muestra la figura 1, uno de las iniciativas más relevantes que ha tenido el concepto es la creación del Manual de la huella hídrica desarrollado en el año 2007 y finalizado en el 2011, por la Water Footprint Network, una herramienta importante que brinda las pautas necesarias para la medición de la huella hídrica.

	GUIA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Figura 1. Aporte interinstitucional sobre la Huella Hídrica a través del tiempo.



Fuente: http://www.lcaforum.ch/portals/0/df50/DF50-01%20Boulay_1.pdf

Otro evento importante que ha dado un cambio relevante a la medición de la huella hídrica fue el indicador desarrollado en el 2009 por la agencia privada VEOLIA WATER, que determinó el Water Impac Index, que no solo determina un volumen sino que también determina el estrés y la calidad del agua local, es decir determina el impacto total de la actividad humana sobre los recursos de agua disponibles (Water, 2009).

Con base a las metodologías planteadas por el manual de la Wáter Footprint Network varios países han trabajado fuertemente en los estudios de la huella hídrica, un ejemplo de ello es el estudio realizado por la universidad Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS) en Holanda, sobre la medición de la huella hídrica en las fuente de bioenergía, según la publicación de la revista Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS), Los procesos de obtención de bioenergía ya sean biocombustibles o bioelectricidad consumen un mayor volumen de agua que otros sistemas de energía, el estudio se realizó en todo su ciclo de vida (desde su origen: cultivos, cadenas de suministro; hasta su entrega final), los estudios también demostraron que la producción de bioelectricidad ahorra más del doble de agua que en la producción de biocombustibles.

En nuestro país se han generado varios proyectos sobre la huella hídrica, dos proyectos de gran relevancia han sido: El primero inició en el 2009 en cuatro empresas de origen Suizo radicadas en Colombia (Clariant S.A., Nestle, Syngenta, Holcim), donde se midió la huella hídrica directa e indirecta de estas organizaciones (desde la entrada de materias

	GUIA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

primas, hasta la salida de la producción); los resultados de este estudio dieron una visión a cada organización de los impactos asociados al agua por el desarrollo de sus procesos, tanto por consumo como por degradación; basado en estos resultados cada organización trabajó en mejorar sus procesos frente al recurso hídrico mediante sistemas de gestión y tecnologías que permitieron una reducción de más del 50% en la huella directa y un 30% en la huella indirecta (COSUDE, ¿Como se calcula la Huella Hidrica Empresarial?, 2013), el segundo estudio realizado en nuestro país fue la medición de la huella hídrica en el Rio Porce que cuantificó los consumos e impactos de todos los agentes que intervienen en la cuenca, como el sector agrícola, pecuario, doméstico, industrial, energético y minero. Los resultados del estudio generaron políticas públicas en la gestión integral del recurso hídrico y generó propuestas multisectoriales, incluyendo el sector público y privado, orientados a mejorar la sostenibilidad de los recursos hídricos en la cuenca (COSUDE, Resumen de Resultados Huella Hidrica del Rio Porce, 2013).

	GUIA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

7. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Para el cumplimiento de los objetivos de esta guía se implementaran dos tipos de investigación: Documental y Descriptiva, Tabla 2.

Tabla 2. Tipo de investigación

Documental	Analiza la información escrita sobre el tema objeto de estudio
Descriptiva	Reseña rasgos, cualidades o atributos de la población objeto de estudio (Industriales, 2012).

Fuente: Autores

	GUÍA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

8. DISEÑO METODOLÓGICO

Para el desarrollo de la metodología se procederá con las siguientes fases:

FASE 1. Investigar y buscar información bibliográfica de los temas relacionados con la Huella Hídrica (Directa e indirecta) de un consumidor o productor.

FASE 2. En coordinación con el director de proyecto, adquirir información y capacitación sobre el concepto de huella hídrica y su aplicación

FASE 3. Recopilar información sobre experiencias y procedimientos realizados.

FASE 4. Analizar detalladamente la información recopilada en la revisión bibliográfica y la suministrada por funcionarios consultados.

FASE 5. Evaluar los conceptos y procedimientos útiles que puedan ser incluidos dentro de la pre-guía introductoria sobre la huella hídrica y su aplicación. Esta evaluación será rigurosa de tal manera que los conceptos y procedimientos a que se lleguen cumplan con las expectativas de una guía práctica, explícita, concreta y útil para el lector.

FASE 6. De acuerdo a la evaluación obtenida, se identifica las partes documentales que deban ir incluidas dentro de la propuesta final de la Guía introductoria de la huella hídrica y su aplicación.

FASE 7. Ordenar y estructurar la información obtenida para el desarrollo del contenido de la guía.

FASE 8. Seleccionar y evaluar dos campos de aplicación de acuerdo al alcance de la guía para evaluar la efectividad del documento guía.

FASE 9. Presentar una primera versión de la guía al director(a) del proyecto, para recibir retroalimentación respecto a su elaboración y contenido.

FASE 10. A partir de las sugerencias y observaciones de los directores y asesores del proyecto, hacer las correcciones necesarias (la fases 8 y 9 pueden ser cíclicas de acuerdo a las sugerencias y observaciones dadas).

FASE 11. Entregar el documento final una vez aprobado por los directores y asesores del proyecto, "**Guía Introductoria sobre la huella hídrica y su aplicación**".

	GUIA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

9. RESULTADOS

9.1. PRIORIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA

Para dar cumplimiento al primer objetivo se recopiló información de investigaciones científicas, documentos bibliográficos y memorias de aplicación, los cuales permitieron estructurar el contenido esencial para comprender y calcular la huella hídrica.

Tabla 3. Documentos bibliográficos para la construcción de la guía introductoria de la huella hídrica

Documento Fuente	Descripción
Manual de la water footprint network 2010	Sirvió como base para comprender los conceptos, componentes y primeros cálculos de la huella hídrica, fue el desarrollado por Arjen Y. Hoekstr, Ashok K. Chapagain, Maite M. Aldaya y Mesfin M. Mekonne.
Velázquez, e. (2009). Agua virtual, huella hídrica y el binomio del agua-energía: repensando los conceptos. Sevilla: Universidad Pablo de Olavide.	Se obtuvieron datos concisos como definiciones sobre Agua Virtual y su relación con la Huella hídrica, conceptos y aplicaciones básicas sobre el agua y su relación energética.
Begazo, j. D. (2009). El comercio del agua virtual. Gota a gota el agua se agota... Revista de investigación de la facultad de ciencias administrativas.	Este documento enseña sobre las pérdidas de agua que se obtienen en la transportación y exportación de productos, como resultado propio de su misma dinámica.

	GUIA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Documento Fuente	Descripción
Berta Martín, m. G. (2013). La evaluación de los servicios de los ecosistemas suministrados por las cuencas hidrográficas del sur este semiarido andaluz. Revista eubacteria.	De esta revista que aunque su investigación no se encuentra directamente relacionada con el concepto de Huella Hídrica, se obtuvieron conceptos útiles como la definición de Agua Verde, componente estratégico en el cálculo de la Huella Hídrica.
Centro de ciencia y tecnología de Antioquia con la cooperación de Suizagua Colombia. (2013). Guía metodológica de aplicación de huella hídrica en cuenca. Medellín: Suizagua Colombia.	Se trata de un documento bien elaborado sobre la Metodología para la determinación de la huella hídrica en una cuenca, desarrollado por el proyecto Suizagua Colombia en el Rio Porce Antioquia, sirvió para revisar y comprender antecedentes para la composición de esta guía y aporte de experiencias y conceptos.
Proyecto Suizagua Colombia.	El proyecto Suizagua Colombia, es un esfuerzo internacional por propagar la problemática del uso inadecuado del agua y proponer metodologías de desarrollo que mitiguen estos impactos, con el aporte de experimentadas organizaciones como Cosude, Clariant, Holcin, Nestlé y Syngenta.
Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. (2010). Política nacional de la gestión integral del recurso hídrico. Bogotá.	Define las condiciones actuales de los recursos hídricos en Colombia y sus políticas frente a ello, sirve de sustentación para este proyecto, aporta experiencia y datos antecedentes locales de la problemática del recurso hídrico a un nivel más específico y geográfico en las regiones de Colombia.
Wwap. (2014). Informe de las naciones unidas sobre el desarrollo de los recursos hidricos 2014. Italia: un water.	Define las condiciones actuales de los recursos hídricos a nivel global y sus políticas frente a ello, sirve de sustentación para este proyecto, aporta experiencia y datos antecedentes de la problemática del recurso hídrico a un nivel más específico y geográfico en el mundo.

	GUIA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Documento Fuente	Descripción
FAO. (2013). Afrontar la escasez de agua. Roma: FAO.	Es una visión global sobre las evidencias actuales sobre la escasez del agua, La FAO promueve un mensaje de alerta y propone conciencia en el diseño de alternativas para afrontar la escasez, aporta antecedentes y sustenta la necesidad de la ejecución de este proyecto.
ISO 14046 principios y requerimientos para el cálculo de la huella hídrica.	Está conformada por pasos metodológicos en la aplicación de la Huella Hídrica, sirvió como parte documental y diseño metodológico en la elaboración de esta guía.
Decreto 3930 de 2010	Reglamenta el uso del agua y los residuos líquidos, se obtiene como parte documental el análisis de los componentes del agua residual y los límites permisibles.
Resolución 631 de 2015	En este decreto se establece el sistema para la Protección y control de la calidad del agua para el consumo humano, proporciona datos característicos del agua potable para su consumo, útiles en el cálculo de la Huella Hídrica Gris.
Gisbert, a. P. (2010). Ingeniería del medio ambiente. San vicente - españa: club universitario.	Es un Libro que enseña las diferentes técnicas de la Ingeniería Ambiental, proporciona para esta guía conceptos útiles como la evaporación.
Ing. Abelardo Villavicencio, a. V. (2010). Métodos de aforo de caudal. Chile: inia - ururi.	De este documento se obtienen métodos prácticos para toma de muestras en dichas condiciones.
Senamhi, j. J. (2011). Balance hidrico superficial. Lima: global water partnership.	Básicamente se obtienen datos, principios y directrices para la determinación del Balance Hídrico útil en el cálculo de la Huella Hídrica.

	GUÍA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Documento Fuente	Descripción
Cosude. (11 de marzo de 2014). Capacitación huella hídrica. Bogotá, Cundinamarca, Colombia.	Las Ingenieras Diana Rojas y Maly Puerto de Cosude como parte del Proyecto Suizagua Colombia nos brindaron asesoría y capacitación en la elaboración de la Guía Introductoria sobre huella hídrica.

Fuente: Autores

9.2. ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE PRE-GUÍA

Una vez obtenida esta información se procedió a revisarla detenidamente y dar construcción a una Pre-Guía, la cual contó con la primera estructura frente a conceptos, cálculos y métodos de medición de la huella hídrica.

Luego del desarrollado de la pre-guía, se procedió a llevar a cabo la aplicación de este documento, para ello se dio a la búsqueda de sectores que permitieran cumplir los estándares de público (con una educación básica como mínimo) propuestos en los objetivos de este proyecto.

Esta aplicación sirvió para evaluar diferentes falencias que presentaban la pre-guía y así proponer correcciones que permitieran fortalecer el documento final.

Las dos organizaciones que participaron en esta primera aplicación fueron las siguientes:

INSTITUCIÓN EDUCATIVA DISTRITAL TOMAS RUEDA VARGAS

Es un instituto de educación distrital mixto para grados preescolar, básica primaria, bachiller básico y bachiller académico, se encuentra ubicado en la ciudad de Bogotá en la localidad 4 San Cristóbal, Carrera 5 este N 29^a- 25 Sur.

	GUIA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Figura 2. Infraestructura de la Institución Educativa Distrital Tomas Rueda Vargas



Fuente: Autores

Allí con la colaboración de la profesora Sandra Pérez y un grupo de estudiantes y un grupo de estudiantes que realizaban sus labores alfabetización en el área de ciencias naturales, Danna Johana Diaz Pardo de 9 grado, Ana Maria Becerra de 11 grado, Ingrid Vanesa Posso de 11 grado y Maryin Johana Castro de 10 grado, participaron en la primera experiencia de aplicación de la “pre-guia introductoria de la huella hídrica” en la sede de bachillerato de la institución educativa.

	GUIA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

INDUSTRIA TEXTIL TOPTEx S.A.

Es una empresa dedicada a la producción y comercialización de textiles ubicada en el municipio de Tocancipa, con aproximadamente 625 empleados.

Figura 3. Instalación industria textil TOPTEx S.A.



Fuente: Autores

La industria tuvo participación en la aplicación de la primera entrega de la guía gracias a la colaboración de la Ingeniera Johana Guamán persona encargada en la gestión ambiental de la organización.

La aplicación tuvo lugar en la línea de producción de teñido por batch proceso nuevo en las instalaciones de la compañía.

	GUÍA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

El proceso que se manejó en la industria fue muy similar al manejo que se logró en la institución educativa, se realizó una primera entrega del documento (pre-guía), con el fin de tener una primera experiencia de aplicación para así evaluar las deficiencias que presentaba la guía frente a conceptos, métodos, cálculos, otros.

9.3. IDENTIFICAR FALENCIAS DE LA PRE-GUÍA

Una vez obtenidos los resultados en esta primera experiencia de aplicación por parte de estos dos sectores, se procede a evaluar los conceptos y procedimientos de la Pre-Guía, y de esta manera poder realizar las correcciones correspondientes de acuerdo a las insuficiencias, incoherencias y mal interpretaciones encontradas en el documento inicial.

Se identificó lo siguiente:

1. Insuficiencia Bibliográfica: Se observaron dificultades por insuficiencia bibliográfica que obligaban al lector a buscar en otras fuentes como el internet sobre conceptos que desconocían o no eran claros para desarrollar la metodología.
2. Mala redacción: se evidenciaron algunas incoherencias en el texto que desviaban al lector de la idea original, promoviendo desorientación y mal interpretaciones.
3. Insuficiencia en la claridad de procesos y metodologías: las metodologías carecían de especificaciones necesarias para llevar a cabo los procesos, resultaban ser muy poco detalladas.
4. Carencia de ejemplos de desarrollo metodológico: la falta de ejemplos que orientarán al lector el desarrollo de las metodologías, promovía en el lector una percepción de dificultad en el desarrollo de los procesos.
5. Insuficiencia en métodos de reducción y alternativas de solución: una vez considerados los cálculos de la Huella Hídrica, la Guía se quedaba corta en otorgar alternativas que redujeran los resultados de la Huella Hídrica.
6. Carencia de imágenes representativas: se observaron que la falta de imágenes que simularan o representaran un procedimiento dificultaba el desarrollo de las actividades en el lector, provocando mal interpretaciones o juzgamientos diferentes por cada uno de ellos.

La estructura de la guía final se diseña con el fin de satisfacer los requerimientos propuestos por estos sectores que llevan a cabo esta aplicación de huella hídrica en sus procesos. Hay que tener en cuenta que el juicio que se desarrolla en esta sección no es hecho por expertos en el tema, sin embargo lo que se busca con esta evaluación es

	GUÍA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

determinar la claridad de los conceptos y métodos que lleven a realizar una buena medición de huella hídrica por parte de un público profesional o personas con un nivel básico de educación.

9.4. ESTRUCTURAR LA GUÍA INTRODUCTORIA SOBRE LA HUELLA HÍDRICA Y SU APLICACIÓN

Una vez identificadas las dificultades presentadas en esta primera experiencia de aplicación y obtenida a través de los lectores participes en esta etapa de evaluación, se procedió a hacer las correcciones definitivas para el documento final, esta vez acompañado de las observaciones previas del director del proyecto y de esta manera conciliar un documento confiable y de acuerdo a los propósitos y alcances de este proyecto.

En esta última etapa se define la estructura final del documento, basada una experiencia aplicativa y concedida como una Guía introductoria sobre la huella hídrica acorde a los propósitos iniciales de los autores de este trabajo. Como resultado de este trabajo de grado se adjunta la propuesta final: *La Guía introductoria sobre la huella hídrica y su aplicación*, presente en el anexo 1.

Este documento final contó con un proceso de prueba mediante la aplicación de sus conceptos, métodos y cálculos; esto se logró gracias al gran trabajo colectivo que se presentó con los sectores de estudio anteriormente mencionado, los resultados se pueden apreciar en los anexos 2 (resultados aplicación huella hídrica Toptex S.A.) y el anexo 3 (resultados aplicación huella hídrica Colegio TRV), del presente documento.

La aplicación de la guía final en estos sectores dieron como resultado el cumplimiento requerido que se buscaba al inicio de este documento, el cual trataba de estructurar una herramienta practica que permitiera a cualquier persona con un conocimiento básico entender y calcular la huella hídrica en cualquier actividad humana que presente un consumo de agua dulce.

	GUÍA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

10. CONCLUSIONES

- La presente GUÍA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA es una valiosa fuente de información sobre los conceptos cálculos y métodos que se requieren para realizar una evaluación de la huella hídrica en cualquier actividad humana; este documento podrá ser aplicado por personas profesionales o expertos en el tema, como también personas con un nivel básico de educación; esto se da ya que los componentes de la guía fueron diseñados de tal manera que permitieran ofrecer al lector un entendimiento detallado de los requerimientos y pautas necesarias para llevar a cabo una evaluación de huella hídrica.
- La ventaja de presentar un documento sencillo y práctico sobre uno de los conceptos que está revolucionando la gestión hídrica a nivel mundial, es acoplar a las personas del común en métodos actualizados de manejo del recurso hídrico.
- La aplicación de la guía final en la industria TOPTEX S.A. se realizó por medio de la Ingeniera Johana Guamán quien se encargó de aplicar la mayoría de métodos en sus instalaciones, este cálculo se desarrolló en solo una de sus líneas de producción llamada “Teñido por Bach”, hay que aclarar que este estudio se realizó por 4 meses y solo se tuvo en cuenta el agua azul, el agua gris y el índice de impacto hídrico (WIIX), estos componentes se lograron calcular mediante la aplicación de los métodos expuestos en la etapa 2 de la guía final (Medidores volumétricos, balance hídrico y Cambio de estado).
- La aplicación de la guía final en la Institución Educativa Distrital TOMAS RUEDA VARGAS se realizó por medio de la profesora Sandra Pérez y un grupo de cuatro estudiantes de 7, 9 y 10 grado. Este grupo se encargó aplicar la mayoría de métodos en las instalaciones del colegio, sin embargo el estudio solo se realizó en una sección determinada de uso de agua estas fueron los “Baños Estudiantiles”, hay que aclarar que este estudio se realizó por 4 meses y solo se tuvo en cuenta el agua azul, el agua gris y el índice de impacto hídrico (WIIX), estos componentes se lograron calcular mediante la aplicación de los métodos expuestos en la etapa 2 de la guía final (Aforos y balance hídrico).

	GUIA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

11.COMENTARIOS ADICIONALES Y RECOMENDACIONES

- Se recomienda la utilización de este proyecto como material de estudio tanto en aulas de clase, como bibliotecas, industrias, domicilios, organizaciones, entre otras; esto servirá como fuente de información para la evaluación de huella hídrica y aplicación de mejoras en la gestión hídrica de cualquier sector.
- Para un mejor conocimiento en materia de la huella hídrica, es muy recomendable una investigación sobre métodos que permitan medir consumos de agua en sistema indirectos de una comunidad, industria o persona.
- Para un mejor funcionamiento de este proyecto se recomienda realizar una divulgación del documento en campos de interés en temas de gestión hídrica.
- Para los sectores que realizaron la aplicación de la guía, se recomienda seguir con la tarea de medición y mejoramiento en los procesos que tienen usos del recurso hídrico.

	GUIA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

12. BIBLIOGRAFÍA

Presidencia de la república. (2013). *Decreto 2945 de 2010*. Colombia: Presidencia de la república.

Alberto Garrido, Enrique palacios, Javier Calatrava, Jesús Chávez, Adolfo Exebio. (2014). *La Importancia del Valor, Costo y Precio de los Recursos Hídricos en su Gestión*. Biblioteca virtual FODEPAL.

Ambiente. (2013). *Decreto 3930 de 2010*. Colombia: Ministerio del Medio Ambiente.

Ambiente. (2013). *ley 2115 de1994*. Colombia: ministerio del medio ambiente.

Ambiente. (2013). *Ley 373 de 1997*. Colombia: Ministerio del Medio Ambiente.

Ambiente. (2013). *Resolución 075 de 2011*. Colombia: Ministerio de Medio Ambiente.

Arjen Hoekstra, Ashok Chapagain, Maite Aldaya, Mesfin Mekonnen. (2009). *Water Footprint Manual*. Netherlands.: Water Footprint Network.

Begazo, J. D. (2009). ael comercio del agua virtual. GOTA POR GOTA EL AGUA SE AGOTA... *Rev. de Investigación de la Fac. de Ciencias Administrativas, UNMSM (Vol. 12, N° 23, Lima)*.

Berta Martin, M. G. (2013). La evaluación de los servicios de los ecosistemas suministrados por las cuencas hidrográficas del sur este semiárido andaluz. *Revista Eubacteria*.

	GUÍA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

BRISBANE, D. D. (2007). *Declaración de Brisbane*, BRISBANE.

COSUDE. (2013). *Resumen de Resultados Huella Hídrica del Rio Porce*. Colombia: Suizagua Colombia.

COSUDE. (2013). *¿Cómo se calcula la Huella Hídrica Empresarial?*. Colombia: Suizagua Colombia.

COSUDE. (2013). *Guía Metodológica de la aplicación de la huella hídrica*. Medellín-Colombia: Suizagua Colombia.

COSUDE. (2013). *Resultados para la Evaluación de la Huella Hídrica Proyecto Suizagua Colombia Fase I (Versión en Español)*. Colombia: Suizagua Colombia.

Falkenmark. (2013). *Freshwater as shared between society and ecosystems: from divided approaches to integrated challenges*. London: Philosophical Transactions of the Royal Society of London.

IDEAM. (2010). *Estudio Nacional del Agua 2010*. Colombia.

Industriales, U. E. (2012). *Guía de presentación y entrega de trabajos de grado (Tesis, Monografía, Seminario de Investigación, Pasantía)*. Colombia: UECCI.

MINISTERIO DE AMBIENTE, V. Y. (2010). *Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico*. Bogotá, D.C.: Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Colombia: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo.

UNESCO. (2007). *"AGUA PARA TODOS, AGUA PARA LA VIDA" Informe de las naciones unidas sobre el desarrollo del recurso hídrico del mundo*. España: MINISTERIO DE AMBIENTE.

	GUIA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

UNIDAS, N. (1992). *Informe de la conferencia de las naciones unidas sobre el medio ambiente y el desarrollo*. Rio de Janeiro.

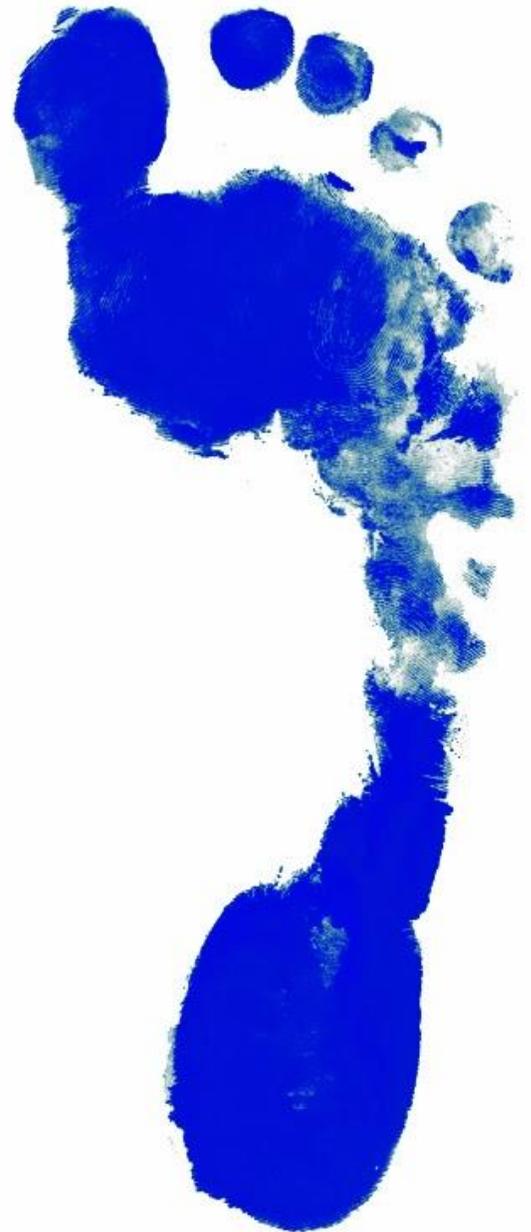
Water, V. (2009). *A New Tool for Ensuring Sustainability The Water Impact Index and the First Carbon-Water Analysis of a Major Metropolitan Water Cycle* Veolia Water Americas. Veolia Water.

ISO (2014). ISO 14046 de 2014 para los Principios y requerimientos para el cálculo de la huella hídrica.

	GUIA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Anexo 1.

GUIA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HIDRICA



Ing. Joan Sebastián Díaz González

Ing. Edixon Javier Díaz Romero

INDICE

2. INTRODUCCIÓN	4
3. PROBLEMÁTICA A NIVEL NACIONAL Y GLOBAL DEL AGUA	6
4. POLÍTICA PÚBLICA PARA EL MANEJO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN COLOMBIA	8
5. POLÍTICA NACIONAL DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS (PNGIRH)	9
6. ISO 14046	10
7. HUELLA HÍDRICA	11
7.1. Huella Hídrica - Agua Azul	12
7.2. Huella hídrica - Agua verde	18
7.3. Huella Hídrica – Agua Gris	27
8. HUELLA HÍDRICA INDIRECTA	30
9. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE UNA MEDICIÓN DE HUELLA HÍDRICA	37
9.1. Etapa 1. Definir el objetivo y el alcance del estudio	38
9.2. Etapa 2. Inventario de agua y medición de la huella hídrica: azul, verde y gris	40
9.2.1. Método 1. Medidores de caudal volumétrico	43
9.2.2. Método 2. Aforos de agua	46
9.2.3. Método 3. Balance hídrico	48
9.2.4. Método 4. Calor de transformación o cambio de estado	50
9.3. Etapa 3. Evaluación de impactos asociados con consumos y contaminación del agua	52
9.4. Etapa 4. Formular e implementar opciones de respuesta	57
BIBLIOGRAFÍA	71

1. PRESENTACIÓN

La presente guía ha sido diseñada por estudiantes de Ingeniería Ambiental de la Universidad ECCI, como opción de grado, en ella intervinieron asesores de la universidad, como también la excelente participación de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación en Colombia (COSUDE) que brindó asesoría y capacitación sobre el concepto de la huella hídrica.

Esta guía introductoria de la huella hídrica tiene como objeto dar a conocer los componentes, conceptos y métodos necesarios para el cálculo de la huella hídrica, su aplicación permitirá al lector reconocer el comportamiento de los consumos de agua dulce asociados a los hábitos de vida de una persona, población, empresa o proceso productivo, a su vez servirá como una herramienta práctica para lograr identificar los impactos producidos al medio hídrico, para así desarrollar estrategias que contribuyan a la preservación de este recurso.

Con este documento no solo se pretende llegar a lectores experimentados o interesados, se quiere que con ella el concepto de huella hídrica trascienda de un concepto científico a uno cotidiano, capaz de ser aplicado y resuelto por cualquier persona en cualquier actividad humana.

2. INTRODUCCIÓN

Con el paso de los años se ha logrado identificar que el ser humano para la completa realización de sus actividades diarias necesita de agua, así mismo este uso genera daños ecológicos a algunos ecosistemas estratégicos para la conservación del recurso hídrico, tal es el caso de los páramos y las cuencas hidrográficas que abastecen a la sociedad de este recurso, zonas a las cuales hoy en día se les está limitando la capacidad de aprovechamiento sustentable debido a la mala intervención que el ser humano genera por el desarrollo de sus actividades, como lo son la industrialización en zonas inadecuadas, los vertimientos con propiedades físicas y químicas dañinas a cuerpos de agua, los consumos desmesurados de agua dulce. Por lo tanto hoy en día se hace más que necesario cuantificar y conocer los usos del agua en una empresa, producto, población o una persona, para hacer esta labor un poco más fácil se ha desarrollado el concepto de “Huella Hídrica”, la cual se define como un indicador que mide el volumen total de agua usada de manera directa e indirecta en el desarrollo de cualquier actividad humana y los traduce en impactos dirigidos a los ecosistemas hídricos y la salud humana. (Arjen Hoekstra, 2010)

El interés de la huella hídrica surgió a partir de dos conceptos que mejoraron la gestión del agua a nivel mundial, el primero se origina en 1993, por el investigador J. A. Allan, quien planteó un indicador llamado “Agua Virtual”, definida como el volumen de agua incorporada en un producto en el desarrollo de su elaboración (Velázquez, 2009), este indicador evalúa a su vez la pérdida de agua que se registra en el sitio de origen por la importación de dicho producto (Begazo, 2009). El segundo concepto se origina en 1995 por M. Falkenmark que dio a conocer el indicador de “Agua Verde” definida como el volumen de agua evaporada por los flujos de agua almacenados en los suelos o/y la transpiración vegetal (Berta Martin, 2013), estos dos conceptos dieron el primer paso para estructurar el indicador de la huella hídrica por los investigadores A. Hoekstra y A. Chapagain en el año 2002. Este indicador desde sus inicios ha tenido la participación de varios agentes entre organizaciones privadas y estatales que han trabajado colectivamente con el fin de mejorar los componentes de cálculo de la huella hídrica; gracias a ellos se han desarrollado varias publicaciones que han contribuido en el fortalecimiento del indicador (Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia con la cooperación de Suizagua Colombia, 2013), algunas de estas herramientas son: el informe realizado en el 2004 por la UNESCO-IHE definido como “La

huella hídrica de las Naciones Unidas de la UNESCO-IHE”, el “Manual de la Water Footprint Network” desarrollado en el 2008, el índice “Water Impact Index (WIIX)” planteado en el 2010 por Veolia Water, la guía “Grey Water Footprint Accounting” desarrollada por la UNESCO-IHE, la ISO 14046 del 2014 principios y requerimientos para una medición de huella hídrica, entre otros.

Para hacer un frente a la problemática global y nacional del agua esta guía introductoria de la huella hídrica está orientada bajo las publicaciones anteriormente mencionadas, esto con el fin de garantizar la confiabilidad en la información suministrada por esta guía; por otra parte se presenta una serie de pasos que le sirven al lector para comprender y aplicar de manera sencilla la huella hídrica en cualquier tipo de actividad, contribuyendo a mejorar la gestión del agua de cualquier sector industrial, social o individual.

3. PROBLEMÁTICA A NIVEL NACIONAL Y GLOBAL DEL AGUA

Colombia es un país que debido a sus características físicas como su localización geográfica, su orografía y gran variedad de regímenes climáticos, es considerado uno de los países con mayor riqueza en recursos hídricos en el mundo, sin embargo esta oferta natural no se distribuye homogéneamente entre regiones tanto así que se logran ubicar zonas con gran abundancia como la región Pacífica con valores desde los 2000mm hasta los 6000mm al año y otras muy escasas como la región Caribe con valores desde 1500mm por año, a esta condición se suma la distribución de la población y las actividades socioeconómicas ubicadas en regiones con baja oferta hídrica y altos impactos de origen antrópico sobre el recurso hídrico como es el caso de la Sabana de Bogotá con una baja oferta hídrica entre 400 y 700mm al año, considerada como una de las zonas del país con mayor presión antrópica (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

El proyecto Piloto SuizAgua manifiesta que Colombia es uno de los países con los mejores rendimientos hídricos superficiales del mundo, con un promedio de 63L/s.m², 6 veces más alto que el promedio mundial y 3 veces más alto que el promedio latinoamericano, logrando que la oferta hídrica superficial del país sea de 2300 km³/año y una oferta subterránea de 8.120 km³/año (IDEAM, 2011). Colombia es el sexto país con mayor disponibilidad de recursos hídricos renovables en el mundo (2112 km³/año según la FAO, Aquastat) sin embargo en su estudio determina que “la oferta hídrica del país es irregular espacial y temporal, las áreas del Magdalena-Cauca y Caribe, que concentran el 74% de la población del país, cuentan con tan solo el 21% de la oferta hídrica total. Adicionalmente, esta oferta se reduce en un 38% en un año seco medio con respecto a un año medio (IDEAM, 2011)” y si nos referimos a su calidad enuncian que apenas un 11% de la carga contaminante (DBO) generada por los sectores doméstico, industrial y cafetero son removidos a través de tratamiento, y que actualmente se están vertiendo un promedio de 2.026 toneladas de carga orgánica biodegradable al día. Las cargas más altas de contaminantes están asociadas a grandes centros urbanos, como Bogotá y Medellín, y los municipios aledaños (IDEAM, 2011), no deja de ser una cifra preocupante si además consideramos que Colombia es además un país considerado de alta vulnerabilidad a la variabilidad y al cambio

del clima, debido a la influencia de sus dos océanos, tres cordilleras, la dinámica climática del Amazonas y la Zona de Confluencia Intertropical (IZCIT). Esta vulnerabilidad se manifiesta en eventos como la intensificación o mayor periodicidad de fenómenos como El Niño y la Niña (ENOS), sequías e inundaciones, y reducciones de la escorrentía en zonas como la región Andina y el Caribe, donde se concentra la mayor parte de la población. De acuerdo con el índice de riesgo a la variabilidad y cambio climático (Suizagua Colombia, 2014), Colombia se clasificó, en el 2010, en el tercer puesto de los países más vulnerables (año en el que se presentó con intensidad el fenómeno de la Niña). Para el periodo 1993-2012 se clasificó en el puesto número 25 entre 177 países evaluados (Suizagua Colombia, 2014).

Considerando los fenómenos y resultados obtenidos la preocupación no es descabellada, en el informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo 2014 manifiesta que “la demanda mundial de agua (en términos de extracción de agua) aumentará cerca de un 55% para el año 2050, principalmente debido a la creciente demanda de la producción (400%), generación de energía térmica (140%) y consumo doméstico (130%). Como resultado, la disponibilidad de agua dulce estará bajo mayor presión durante este período, y las previsiones apuntan a que más de un 40% de la población mundial vivirá en zonas con severos problemas hídricos para el 2050 (WWAP, 2014). Existe una clara evidencia de que las reservas de agua subterránea están disminuyendo; se estima que un 20% de los acuíferos del mundo están sobreexplotados, algunos de forma crítica. El deterioro mundial de los humedales está reduciendo la capacidad de los ecosistemas de purificar el agua”, desde este punto de vista y conociendo la situación actual, si no se toman medidas inmediatas y a corto plazo el pronóstico no es muy favorable, es el momento en que él debe considerarse el agua como un tesoro y no esperar a que nuestras futuras generaciones luchen por ella (FAO, 2013).

4. POLÍTICA PÚBLICA PARA EL MANEJO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN COLOMBIA

Con el fin de garantizar la sostenibilidad ambiental y la calidad de vida, el gobierno local ha diseñado una serie de principios y requerimientos, que permitirán controlar las actividades humanas frente al medio hídrico; una de ellas y de gran importancia es la Constitución Política de Colombia de 1991, la cual constitucionalizó a nivel nacional la protección del medio ambiente; a su vez encontramos las leyes expedidas por el Congreso de la República, los Decretos Ley del Gobierno Nacional y las resoluciones expuestas por las entidades nacionales y locales que conforman un conjunto de normas, políticas y directrices para proteger el recurso hídrico.

A pesar de tener constitucionalizado la protección del medio ambiente, el recurso hídrico cuenta con varias políticas estatales que permiten preservar los ecosistemas hídricos, una de ellas es y con la cual se va a estar orientada esta guía es la Política Nacional de la Gestión Integral del Recurso Hídrico, documento que le ofrece al sector estatal lineamientos de responsabilidad ambiental frente al medio hídrico.

5. POLÍTICA NACIONAL DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS (PNGIRH)

Esta política nacional busca garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico, mediante su gestión y uso eficiente, articulado a un ordenamiento al recurso frente a los usos del territorio y la conservación de los ecosistemas que regulan la oferta hídrica. Esta política considerando el agua como factor de desarrollo económico y de bienestar social, sus principales objetivos son:

- ✓ Conservar los ecosistemas hídricos y los procesos hidrogeológicos con el fin de preservar la oferta hídrica en el país.
- ✓ Cuantificar las fuentes (superficiales y subterráneas) para estandarizar la cantidad de agua con la que cuenta el país y a su vez distribuirla de una manera equitativa con base a la demanda actual.
- ✓ Verificar la calidad de los recursos hídricos bajo las condiciones permisibles por la ley colombiana.
- ✓ Desarrollar una gestión interna para el recurso hídrico con el fin de controlar y reducir el riesgo frente a la disponibilidad del recurso.

6. ISO 14046

Esta ISO establece los principios, requisitos y directrices necesarios para evaluar la huella de agua de productos, procesos y organizaciones, a partir del análisis de su ciclo de vida. El principal objetivo de esta norma es evaluar los impactos ambientales de las actividades humanas sobre el agua, favoreciendo la mejora en la gestión de este recurso.

Las ventajas que ofrece la ISO son evaluar la magnitud de los posibles impactos ambientales relacionados con el agua a través de distintos indicadores. Además, permitirá identificar las oportunidades de reducir los posibles impactos relacionados con el agua asociados al desarrollo de los bienes y servicios de una población, individuo, empresa, productor, o producto.

Las ventajas que ofrece la ISO son:

Ambiental: Evaluar la magnitud de los posibles impactos ambientales relacionados con los consumos de agua de actividad humana a través de distintos indicadores, esto con el fin de proporcionar respuestas que permitan reducir dichos impactos, mejorando el comportamiento humano frente al recurso hídrico.

Social: Mejoramiento de la imagen ya sea corporativa, comunitaria e individual frente a entes internacionales y/o nacionales en temas ambientales relacionados a temas hídricos.

Económico: Reducción de costos asociado a la reducción de consumos hídricos directos e indirectos; a su vez descuentos en impuestos estatales (válido para sistemas corporativos).

Político: Cumplimiento de objetivos establecidos por entidades gubernamentales del país.

7. HUELLA HÍDRICA

La huella hídrica se define como un indicador que cuantifica el volumen total de agua dulce consumido en la generación de bienes y servicios de una empresa, producción, población o individuo (Arjen Hoekstra, 2010). Este indicador permite determinar los volúmenes de agua necesarios para asimilar contaminantes en un medio hídrico natural y los impactos relacionados con la salud humana.

Nota 1: El volumen total se define como los consumos directos de agua dulce (definida como el agua que se consume internamente por una industrial, comunidad o individuo para el desarrollo de una actividad o proceso) y los consumos indirectos de agua dulce (que se refiere a todos los consumos de agua que se generaron en la creación de un bien o servicio por parte de terceros y que hacen parte del proceso o actividad de una industria, comunidad o individuo (Arjen Hoekstra, 2010), como por ejemplo: el volumen de agua que se consumió para la elaboración de materias primas, el consumo de energía eléctrica, combustibles, entre otros).

Importante. Hay que tener muy presente que para realzar una buena medición de huella hídrica se tendrá que tener en cuenta en el estudio los consumos directos como los indirectos.

Nota 2: La huella hídrica cuenta con varios indicadores que permiten cálculos los índices de impacto que se pueden presentar al medio natural o social, alguno de ellos son índices de eutrofización, índice de toxicidad, índice de estrés hídrico, entre otros. (La guía introductoria de la huella hídrica solo vinculara en su estructura el índice de impacto hídrico WIIX).

Para lograr entender de una manera más clara el comportamiento que tiene el recurso hídrico al momento de servir en una actividad humana, el indicador describe tres conceptos o tipos de agua (azul, verde y gris), que detallaran los consumos reales a los que puede llegar dicha actividad, utilizando dicha información para evaluar lo siguiente: los cambios generados en la disponibilidad del recurso, las pérdidas de agua que se presentan durante el desarrollo de la actividades, cantidad de agua consumida, los cambios en la calidad del recurso hídrico, entre otros.

El cálculo de la huella hídrica se define como la sumatoria del agua azul, agua verde y agua gris, Figura 1

Figura 1. Calculo de la Huella Hídrica Total

$$\text{Agua Azul} + \text{Agua Verde} + \text{Agua Gris} = \text{Huella Hídrica Total}$$

Fuente. Manual de la Water Footprint Network 2010, Hoekstra

A continuación se describirá cada tipo de agua para poder determinar la huella hídrica total:
:

7.1. Huella Hídrica - Agua Azul

Se define como el cambio en la disponibilidad del volumen de agua dulce de una fuente hídrica ya sea superficial o subterránea (pozos, manantiales, quebradas, ríos, etc.), debido a un consumo generado por el desarrollo de una actividad o proceso ya sea industrial, social, individual, etc. Este tipo de agua se calcula de la siguiente manera Figura 2.

Figura 2. Formula Huella Hídrica Azul

$$\text{Huella hídrica azul} = \text{Consumo} + \text{Perdidas}$$

El consumo se compone de: Agua azul evaporada + Agua azul incorporada

Fuente: Manual de la Water Footprint Network 2010, Hoekstra.

El cálculo de este tipo de agua determina el consumo total definida como la cantidad de agua que se incorpora (en un producto o actividad) y evapora en el desarrollo de un bien o servicio. Este concepto también tiene muy en cuenta la cantidad de agua que se extrae y se vierte dentro de una actividad, evaluando los cambios de disponibilidad de un sistema natural hídrico figura 3. Por otra parte una de las variables con las que cuenta la fórmula del agua azul es el de “pérdidas retornadas al flujo” la hace referencia a la cantidad de agua que se devolvió a la fuente superficial en el mismo periodo de tiempo que fue captada.

Figura 3. Fórmula Consumo Huella Hídrica Azul

$\frac{\text{Volumen}_{\text{Entrada}} [\text{m}^3]}{\text{(Extracción de una fuente superficial)}} - \frac{\text{Volumen}_{\text{salida}} [\text{m}^3]}{\text{(Vertimiento)}} = \text{Agua Consumida (Evaporada o incorporada)}$

Fuente: Manual de la Water Foot Printnetwork

Nota: Hay que tener claro los siguientes conceptos para poder calcular la huella hídrica azul.

Hay que tener en cuenta que para poder determinar el agua azul se debe plantear una unidad funcional, que permite definir un indicador que estará regido por un el periodo de tiempo a la cual se va exponer la medición del volumen, ya sea para calcular un producto o una actividad, figura 4.

Figura 4. Unidad Funcional

Unidad Funcional para una actividad o proceso	$\frac{\text{Volumen} * \text{persona o tipo actividad}}{\text{Tiempo}}$
Unidad Funcional para un producto	$\frac{\text{Volumen} * \text{Unidad de Producto}}{\text{Tiempo}}$

Fuente: ISO 14046/2014

Ejemplo de aplicación huella hídrica azul directa

Ejemplo Industrial

Se desea evaluar la huella hídrica azul para una industria de plásticos, ellos requieren determinar el comportamiento de los consumos de agua en una de sus líneas de producción como lo es la extrucción de las resinas y los pigmentos.

Para iniciar con esta medida lo primero que se debe hacer es evaluar el tipo de fuente de donde se capta el agua, para el ejercicio se determina que la industria recibe el agua gracias al servicio que ofrece el sistema de acueducto de la zona, la cual capta el recurso de una fuente superficial (rio).

Luego de haber determinado la fuente de captación procedemos a evaluar las entradas y salidas de agua del sistema a medir (las medidas se pueden obtener instalando contadores de agua en las entradas y salidas del proceso, o desarrollando técnicas de balance de hídrico y/o aforos). Se determinó que al sistema entraron 700m^3 de agua en el mes y solo salieron 586m^3 en el mes, por ende el sistema tiene un consumo de agua azul de 114m^3 al mes. Para poder determinar qué cantidad de agua se incorporó en la actividad se procede a determinar la evaporación del proceso de extrucción, este dato se obtiene mediante técnicas de aforo, (para ello se ha identificado la zona de mayor exposición a temperaturas elevadas), se definió que la etapa de las tinajas de enfriamiento es el proceso con mayor exposición a pérdidas por evaporación. Luego se procedió a delimitar las tinajas con medidas volumétricas y se registró una pérdida de agua durante periodos de una hora en un día; se determinó que aproximadamente 2.9m^3 de agua se evaporan diariamente.

Para determinar la cantidad de agua que se perdió por retorno al flujo, se evalúa el sistema de captación del sistema verificando fugas que permitan devolver parte del flujo captado al sistema original, para el ejemplo se determinó que el sistema no presenta ningún tipo de pérdida, dando a entender 0m^3 de agua de pérdida.

Para iniciar con el cálculo de la huella hídrica azul lo primero que se debe hacer es determinar el consumo por la incorporación a un producto y su evaporación en el sistema:

$$\frac{\text{ENTRADA}}{\text{mes}} - \frac{\text{SALIDA}}{\text{mes}} = \frac{\text{CONSUMO}}{\text{mes}}$$

$$\frac{700\text{m}^3}{\text{mes}} - \frac{586\text{m}^3}{\text{mes}} = \frac{114\text{m}^3}{\text{mes}}$$

Se define cantidad de agua incorporada al producto vs evaporación:

$$\text{Incorporada al producto} = \frac{114\text{m}^3}{\text{mes}} - \frac{87\text{m}^3}{\text{mes}} = \frac{27\text{m}^3}{\text{mes}}$$

$$\text{Evaporación} = \frac{2.9\text{m}^3}{\text{día}} * \frac{30 \text{ días}}{\text{mes}} = \frac{87\text{m}^3}{\text{mes}}$$

Ahora se procede a determinar la huella hídrica azul (HHA):

$$\text{Huella Hídrica Azul} = \frac{87\text{m}^3}{\text{mes}} + \frac{27\text{m}^3}{\text{mes}} + \frac{0\text{m}^3}{\text{mes}} = \frac{114\text{m}^3}{\text{mes}}$$

Con los resultados obtenidos de la medición azul, el evaluador podrá identificar el comportamiento que tiene el agua captada de una fuente superficial o subterránea por parte de los consumos totales desarrollados por una actividad o proceso, definiendo las pérdidas de agua ocasionado por la incorporación y evaporación por el sistema.

Ejemplo Persona

Una persona desea determinar la huella hídrica azul del estilo de vida que lleva su familia en el hogar durante un año. El hogar está conformado por 4 personas (dos mujeres y dos hombres) aproximadamente entre los 20 y 25 años. Para iniciar con la medición lo primero que se debe realizar es identificar el tipo de entrada de agua con el que se cuenta y las actividades que se desarrollan dentro del sistema a evaluar.

El agua que ingresa al hogar es suministrado por el acueducto de la zona, el cual capta el recurso de una fuente superficial. Para determinar la cantidad de agua que ingresa al hogar se procede aplicar el método 1 de la etapa 2 de la presente guía, el cual consiste en medir mediante un contador volumétrico agua que ingresa al sistema, la medición registra un consumo de 7523 Litros/mes.

Para identificar las salidas de agua, sería necesario contar con un contador volumétrico el cual da mayor precisión en la información, sin embargo para el ejemplo no se contara con dicho sistema. Para lograr identificar la cantidad de agua que se vierte y se evapora en el sistema se procede a emplear medición por aforo explicado en el método 2 de la etapa 2 de la presente guía, esta herramienta permitirá determinar de manera aproximada dichas cantidades de agua.

La información obtenida se presenta en la siguiente tabla:

Tabla1. Aforos ejemplo persona agua azul.

Actividad	Tipo	Descripción	Equipo	Aforo	Cantidad de agua	Consumo mensual
Aseo personal	Ducha	4 veces al día de 7 minutos	Ducha	2,5 Litro* 50 segundos	84Litros/día	2520 Litros/mes
	lavado de dientes	4 veces al día de 2 minutos	lavamanos	1 litro * 44 segundos	10,8 Litros/día	324 Litros/mes
	Necesidades fisiológicas	8 veces al día	Sanitario	2,5 Litros*Descarga	20 Litros/día	600 Litros/mes
	lavado de manos	12 veces al día de 30 segundos	lavamanos	1 litro * 44 segundos	2,7 Litros/día	81 Litros/mes
	Lavado de ropa	3 carga completa semanal	Lavadora	8 Litros* Carga	24 Litros/día	720 Litros/mes
Aseo Hogar	Lavado de losa	2 veces al día de 4 minutos	Lavaplatos- grifo	2 Litros* 30 segundos	32 Litros/día	960 Litros/mes
	Lavado pisos (sin sifón)	12 baldes a la semana	Balde	4 litros	48 Litros/Semanal	192 Litros/mes
	Riego de plantas	3 baldes a la semana	Balde	2 Litros	6 Litros/Semanal	24 Litros/mes
Alimentario	Cocina de alimentos	2 veces al día de 8 minutos	Lavaplatos- grifo	2 Litros* 30 segundos	64 Litros/día	1920 Litros/mes
TOTAL						7341 Litros/mes

Fuente. Los autores

Luego de haber identificado la cantidad de agua que consume cada actividad procedemos a calcular el agua vertida y evapora del sistema, para ello evaluaremos las actividades clasificando las en las que tienen un consumo total de agua (que no vierten agua) y las que no consumen toda el agua (vierten parte del agua), esto se presenta a continuación:

Tabla 2. Clasificación consumos de agua total y vertimientos ejemplo persona agua azul.

Actividad	Tipo	Vertimiento
Aseo personal	Ducha	si
	lavado de dientes	si
	Necesidades fisiologicas	si
	lavado de manos	si
	Lavado de ropa	si
Aseo Hogar	Lavado de losa	si
	Lavado pisos	no
	Riego de plantas	no
Alimentario	Cocina de alimentos	no

Fuente. Los autores

Con lo anterior se puede decir que para el lavado de pisos, riego de plantas y cocina de alimentos consumen en su totalidad el agua que se usa, según lo interpretado por el evaluador de este ejemplo; esto quiere decir un consumo inicial de 2136 Litros de agua al mes.

Ahora procedemos a determinar la cantidad de agua que se evapora en las actividades que no consumen en su totalidad el agua, esto se desarrolla mediante un método simple de estimación, evaluando la cantidad de agua que se evapora en un recipiente durante un periodo de tiempo; este método proporcionara un dato para poder trabajar la huella hídrica azul, sin embargo no es un dato preciso y confiable, para lograr determinar la cantidad de agua que se evapora en cada actividad se aconseja aplicar el método 4 de la etapa 2 de la presente guía. El dato estimado para la evaporación del sistema fue de 0,2 litros por día lo que da a entender lo siguiente:

Tabla 3. Volúmenes de evaporación ejemplo persona agua azul

Actividad	Tipo	Evaporación diaria	Evaporación mensual
Aseo personal	Ducha	16,8 Litros/día	504 Litros/mes
	lavado de dientes	2,16 Litros/día	64,8 Litros/mes
	Necesidades fisiologicas	4 Litros/día	120 Litros/mes
	lavado de manos	0,54 Litros/día	16,2 Litros/mes
	Lavado de ropa	4,8 Litros/día	144 Litros/mes
Aseo Hogar	Lavado de losa	6,4 Litros/día	192 Litros/mes
		Total	1041 Litros/mes

Fuente. Los autores

Como ya se había mencionado anteriormente con la tabla 3, se puede deducir un aproximado de la cantidad de agua evaporada en el sistema es de 1041 Litros al mes.

A continuación procedemos a determinar la cantidad aproximada de agua consumida del sistema:

$$\frac{INCORPORADA}{mes} + \frac{EVAPORACIÓN}{mes} = \frac{CONSUMO}{mes}$$

$$\frac{2136L}{mes} + \frac{1041L}{mes} = \frac{3177m^3}{mes}$$

Con lo anterior podremos determinar la cantidad de agua vertida:

$$\mathbf{ENTRADA - SALIDA = CONSUMO}$$

Despejamos:

$$\mathbf{Vertimiento} = \frac{\mathbf{ENTRADA}}{\mathbf{mes}} - \frac{\mathbf{CONSUMO}}{\mathbf{mes}} = \frac{\mathbf{SALIDA}}{\mathbf{mes}}$$

Calculamos la huella hídrica azul

$$\mathbf{Huella Hidrica Azul} = \frac{7523L}{\mathbf{mes}} - \frac{4346L}{\mathbf{mes}} = \frac{3177L}{\mathbf{mes}}$$

Con base a los resultados se puede determinar la cantidad de agua que se requirió para el desarrollo de las actividades del hogar, dando como una perdida en disponibilidad al sistema hídrico natural de un aproximado de 3 m³ al mes por parte de una familia de 4 personas.

7.2. Huella hídrica - Agua verde

Se define como la cantidad de agua lluvia que cae al suelo y no se incorpora en una fuente superficial o subterránea por el desarrollo de un bien o servicio (Arjen Hoekstra, 2010).

Este tipo de agua se calcula de la siguiente manera:

Figura 4. Fórmula Consumo Huella Hídrica Verde

$$\mathbf{Huella hídrica verde = Consumo + Agua verde evaporada + Agua verde incorporada}$$

Fuente: Manual de la Water Footprint Network

Nota: Para poder comprender este cálculo, hay que tener en cuenta la siguiente variable:

Evaporación agua verde: Se define como la pérdida de agua lluvia que se da al cambiar su estado líquido a gaseoso, debido a procesos naturales o exposición a temperaturas elevadas por el desarrollo de una actividad o proceso (Gisbert, 2010). La evaporación del agua verde en su gran mayoría se mide a sectores agrícolas (cultivos, jardines, otros), al momento de hacer una medición en este sector hay que tener en cuenta las variables: precipitación, evapotranspiración, tipo de suelo, tipo de planta, radiación solar, humedad relativa, temperatura, velocidad del viento, entre otros (FAO, 2006). La evaporación también se puede medir a sectores que usan el agua lluvia en equipos o maquinarias para su actividad o su proceso productivo.

Para lograr determinar la cantidad de agua evaporada de estos sectores se aconseja:

- Para máquinas o equipos, utilizar el método que se describe en el método 4 de la etapa 2 de la presente guía.
- Para sectores agrícolas se utilizará el programa CROPWAT 0.8, herramienta informática para el cálculo de las necesidades hídricas de los cultivos y las necesidades de riego con base a datos del suelo, del clima y del cultivo, este programa se explicará en el ejemplo de aplicación del agua verde directa.

Nota: Este programa lo podremos descargar de forma gratuita en la página de la FAO: <http://www.fao.org/nr/water/jsp/download/index.htm?dUrl=http://www.fao.org/nr/water/docs/CRW8.ZIP>

Ejemplo de aplicación huella hídrica verde directa

Un sector agrícola donde se cultiva maíz en la ciudad de Bogotá, desea medir la huella hídrica en el proceso de cosecha, teniendo como prioridad el análisis del agua verde. Este estudio se desarrollará durante de un año con el fin de contabilizar la cantidad de agua consumida en este proceso teniendo en cuenta las etapas de sembrado y de cosecha.

Para desarrollar del cálculo del agua verde procedemos a determinar las variables de este tipo de agua así como se muestra en la Figura 4, dando como partida el análisis de evaporación del sistema. Esta variable se calculará con el programa CROPWAT 0.8, herramienta práctica para determinar la evapotranspiración, el agua consumida en un cultivo y la evaporación de la zona de medición.

Para desarrollar el cálculo del agua verde se procede a determinar las variables de este tipo de agua, la Figura 5, dando como partida el análisis de evaporación del sistema. Esta variable se puede calcular con el programa desarrollado por la FAO (CROPWAT0.8), herramienta práctica para determinar la evapotranspiración de una planta, el agua consumida de un cultivo y la evaporación de la zona de medición.

Es necesario recolectar una serie de datos que permitirán el desarrollo en el cálculo del programa, estos datos se componen en:

- **Suelo:** Tipo de suelo (bajo la clasificación del triángulo de texturas), humedad del suelo total (CC-PMP = Capacidad de Campo - Punto de Marc. Permanente), Profundidad radicular máxima, agotamiento inicial de humedad del suelo (agua disponible total), humedad del suelo inicial disponibles.
- **Factores climáticos:** Humedad relativa, precipitación, velocidad del viento, temperatura máxima y mínima.

Tabla 4. Ejemplo análisis laboratorio suelos del cultivo del maíz

Estudio Laboratorio Suelos		
Descripción	Dato	Unidad
Tipo de Suelo	franco	
CC-PMP	150	mm/m
Infiltración	35	mm/m
% ADT	0	
Humedad Inicial	170	mm/m

Fuente. Los autores

Tabla 5. Registros climáticos de la estación meteorológica parque Simón Bolívar 2012

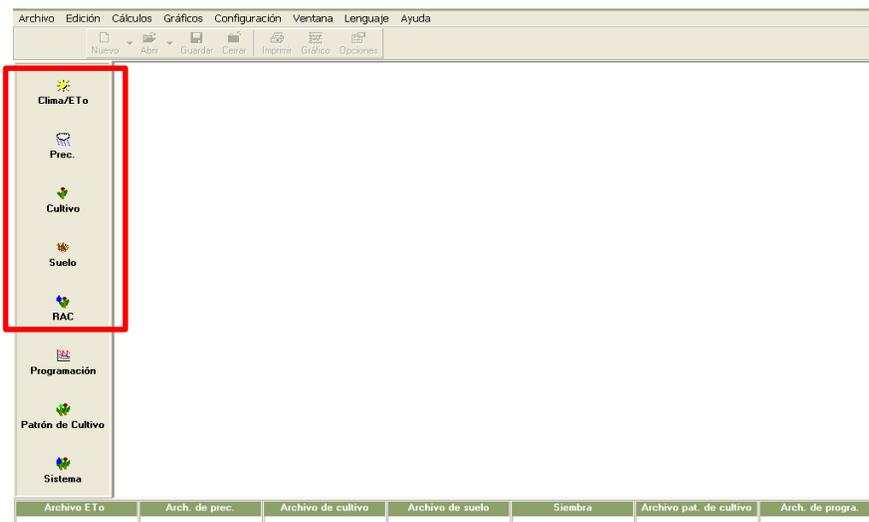
Mes	Temp. °C		Humedad Relativa %	Viente (m/s)	Precipitación (mm)
	Máx	Min			
Enero	19,8	9,3	67	4,8	59
Febrero	21,2	8,7	66	4,6	36
Marzo	19,6	11,1	64	4,9	87
Abril	19,9	10,4	66	4,5	96
Mayo	20,0	10,6	70	4,7	29
Junio	20,1	10,0	66	5,0	24
Julio	18,9	10,4	62	4,5	36
Agosto	18,9	10,4	64	3,8	33
Septiembre	19,7	8,9	60	4,2	18
Octubre	21,5	10,0	64	5,0	83
Noviembre	20,8	10,3	66	4,7	49
Diciembre	21,3	9,2	64	5,0	40

Fuente: (Red de Monitoreo de Calidad del Aire, 2012)

Luego de haber definido los componentes necesarios para el cálculo del programa, se procede a recolectar la información del cultivo de maíz; lo primero que se realiza es una serie de estudios de laboratorio a los suelos con el fin de determinar composición física, los resultados del análisis se pueden apreciar en la tabla 4. Por otra parte se buscó información del clima de la zona de ubicación del cultivo, para ello se buscó en la red monitoreo de calidad del aire de la Secretaría Distrital de Ambiente (estos datos también se pueden obtener del IDEAM, CAR, SISAIRE, Aeropuertos) sitios públicos que ofrecen información sobre el comportamiento climático y meteorológico del país, estos datos se registraron en la tabla 5.

Habiendo recolectado los datos necesarios para el cálculo de la evaporación de un cultivo, se procede a iniciar con el manejo del programa CROPWAT. Hay que tener en cuenta que este sistema maneja una serie de módulos para el cálculo, esta guía introductoria solo se concentrará en cinco de ellos, estos son: Clima/ET_o, Precipitación, Cultivo, Suelo y RAC - Modelos de cálculo del CROPWAT, ver Figura 5.

Figura 5. Menú inicio programa CROPWAT – Módulos para el cálculo de evaporación de un cultivo



Fuente: Los autores

Hay que tener en cuenta que el programa CROPWAT utiliza el método de Perman – Montieith para calcular los requerimientos de agua de un cultivo, este método es guiado por el estudio de “la evaporación del cultivo, guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos – Estudio FAO Riego y Drenaje realizado en el 2006”.

Teniendo claro el método que utiliza CROPWAT para el cálculo, se inicia con la entrada de información requerida para el primer módulo que es Clima/ETo, para ello se abre la ventana y aparecerá la tabla que se muestra en la Figura 6.

Este módulo requiere información mensual de temperatura máxima, mínima humedad, viento y radiación solar, a su vez se requerirá datos (latitud, longitud, nombre estación y país) de la estación meteorológica de donde se obtiene la información.

Figura 6. Modulo Clima/ETo

Month	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind km/day	Sun hours	Rad MJ/m²/day	ETo mm/day
January							
February							
March							
April							
May							
June							
July							
August							
September							
October							
November							
December							
Average							

Fuente: Los autores

Figura 7. Modulo Clima/ETo ingreso de datos

Month	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind m/s	Sun hours	Rad MJ/m²/day	ETo mm/day
January	9.3	19.8	67	4.8	7.1	19.1	4.00
February	8.7	21.2	66	4.6	8.3	21.8	4.47
March	11.1	19.6	64	4.9	5.9	18.6	4.22
April	10.4	19.9	66	4.5	6.6	19.5	4.16
May	10.6	20.0	70	4.7	6.6	18.7	3.90
June	10.0	20.1	66	5.0	7.1	18.9	4.13
July	10.4	18.9	62	4.5	6.0	17.5	4.01
August	10.4	18.9	64	3.8	6.0	18.1	3.90
September	8.9	19.7	60	4.2	7.5	20.8	4.43
October	10.0	21.5	64	5.0	7.8	21.1	4.62
November	10.3	20.8	66	4.7	7.1	19.2	4.20
December	9.2	21.3	64	5.0	8.0	20.1	4.43
Average	9.9	20.1	65	4.6	7.0	19.5	4.21

Fuente: Los autores

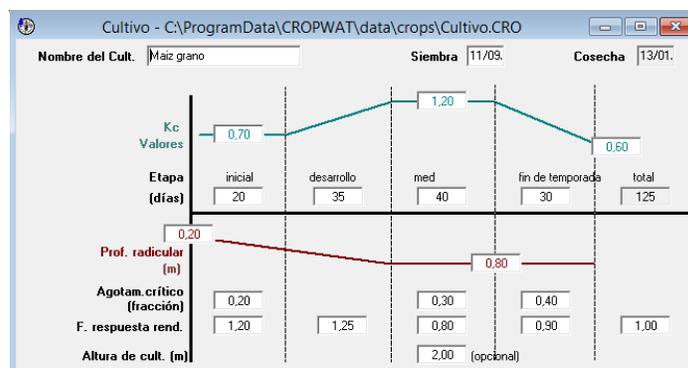
Al ingresar los datos en las celdas hay que tener en cuenta las unidades de medida, por ejemplo las unidades de viento usualmente se encuentran en m/s, y en el programa inicialmente su aplicación se encuentra en km/día, por esta razón es necesario revisar y realizar los cambios necesarios de conversión para el cálculo, actualmente el programa cuenta con una opción en la que se pueden modificar la unidad de medida de las celdas, esta se encuentra al inicio del programa. También el programa nos exige información de la insolación u horas de sol, para ello el sistema cuenta con una herramienta de estimación en la parte superior que funciona gracias a la latitud, longitud y altitud que se anexan en el sistema, gracias a ello se calcula la insolación, radiación solar y evapotranspiración automáticamente, si el lector desea, estos datos pueden ser tomados de la estación de meteorología asociada a la estación de calidad del aire, que esté analizando.

Figura 8. Modulo Precipitación ingreso de datos

	Rain	Eff rain
	mm	mm
January	59.0	53.4
February	36.0	33.9
March	87.0	74.9
April	96.0	81.3
May	29.0	27.7
June	24.0	23.1
July	36.0	33.9
August	33.0	31.3
September	18.0	17.5
October	83.0	72.0
November	49.0	45.2
December	40.0	37.4
Total	590.0	531.5

Fuente: Los autores

Figura 9. Modulo cultivo ingreso de datos



Fuente: Los autores

Luego de ingresar la información requerida en el módulo clima, se procede a diligenciar el segundo módulo de precipitación.

El sistema requiere que se anexe la precipitación mensual de la zona de estudio, esta se obtiene basándose en los registros históricos de la estación meteorológica estudiada, al completar las celdas automáticamente arroja la precipitación efectiva.

A continuación se procede a diligenciar el módulo 3, el cual trata sobre las características del cultivo; esta sección requerirá de datos como el coeficiente de cultivo, las etapas de crecimiento (desde su inicio hasta el final), la profundidad radicular, el agotamiento crítico, la frecuencia de respuesta rendimiento y la altura de cultivo. Para poder determinar estos datos se requerirá del estudio realizado por la FAO “Evaporación de un cultivo” documento que proporcionara los datos requeridos para este módulo en sus secciones de coeficientes de cultivo (KC), Condiciones de estrés hídrico y coeficientes estacionales de respuesta de productividad (KI) (FAO, 2006).

Procedemos ahora con el módulo 4, en el que se requerirá información sobre el tipo de suelo del cultivo de estudio, para ello se utiliza los datos obtenidos en el análisis de laboratorio de la tabla 1.

Figura 10. Modulo suelo ingreso de datos

Nombre del suelo		
Nombre del suelo: Franco		
Datos generales de suelo:		
Humedad de suelo disponible total (CC-PMP)	150,0	mm/metro
Tasa maxima de infiltración de la precipitación	35	mm/día
Profundidad radicular máxima	100	centímetros
Agotamiento inicial de hum. de suelo (como % de ADT)	0	%
Humedad de suelo inicialmente disponible	150,0	mm/metro

Fuente: Los autores

Hay que tener en cuenta que la profundidad radicular se encuentra en el documento anteriormente mencionado de la FAO para cada cultivo.

Por último se abre el módulo RAC, el cual proporciona el requerimiento de agua del cultivo, la evapotranspiración, el coeficiente de desarrollo, la precipitación efectiva y el requerimiento de riego. Hay que tener en cuenta que para que se efectuó el cálculo del RAC deben estar abiertas las ventanas de clima, precipitación, suelo y cultivo.

Figura 11. Módulo RAC datos finales

Mes	Decada	Etapa	Kc	ETc	ETc	Prec. efec	Req.Riego
			coef	mm/día	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Sep	2	Inic	0,70	3,10	31,0	2,6	28,4
Sep	3	Inic	0,70	3,15	31,5	9,7	21,7
Oct	1	Des	0,79	3,61	36,1	20,5	15,6
Oct	2	Des	0,96	4,43	44,3	27,8	16,4
Oct	3	Des	1,13	5,08	55,8	23,6	32,3
Nov	1	Med	1,27	5,52	55,2	17,5	37,8
Nov	2	Med	1,28	5,39	53,9	14,2	39,7
Nov	3	Med	1,28	5,49	54,9	13,6	41,2
Dic	1	Med	1,28	5,59	55,9	12,6	43,2
Dic	2	Fin	1,24	5,50	55,0	11,4	43,6
Dic	3	Fin	1,05	4,49	49,4	13,5	35,9
Ene	1	Fin	0,84	3,48	34,8	17,1	17,7
Ene	2	Fin	0,71	2,85	8,6	5,8	0,0
					566,3	190,1	373,5

Fuente: Los autores

Luego de tener los datos de consumo el cultivo, procedemos a calcular el agua verde del sistema:

$$\text{Consumo de Agua del Cultivo} = \frac{373.5 \text{ mm Agua}}{\text{Planta}} * \frac{0.001 \text{ m}^3}{1 \text{ mm}} * 50 \text{ Plantas} = 18.675 \text{ m}^3$$

$$\text{Consumo de Agua Lluvia} = \frac{190.1 \text{ mm Lluvia}}{\text{Planta}} * \frac{0.001 \text{ m}^3}{1 \text{ mm}} * 50 \text{ Plantas} = 9.505 \text{ m}^3$$

$$\text{Proceso de evapotranspiración} = \frac{566.3 \text{ mm Evaprado}}{\text{Planta}} * \frac{0.001 \text{ m}^3}{1 \text{ mm}} * 50 \text{ Plantas} = 28.315 \text{ m}^3$$

$$\text{Huella Hidrica Verde} = 9,505 \text{ m}^3 + 28.315 \text{ m}^3 = 37.82 \text{ m}^3$$

Para un cultivo de 50 plantas de maíz de grano, el agua verde que fue requerida y que no vuelve al sistema natural de 37,82m³, esto quiere decir, que 37.82m³ fueron absorbidos por la planta o se evaporaron, y por ende, no van a retornar de inmediato a cuerpos de agua superficial o subterráneos.

7.3. Huella Hídrica – Agua Gris

Se define como la cantidad de agua necesaria para asimilar un contaminante en el agua, es decir la cantidad de agua necesaria para diluir la carga contaminante en una manera más permisible para el medio hídrico (la carga contaminante está asociada a la salida del proceso industrial o social a evaluar) (Arjen Hoekstra, 2010).

La Huella hídrica gris se calcula de la siguiente manera: el volumen de agua que sale de la actividad o proceso (V_{Salida}), por la cantidad de carga del contaminante evaluado a la salida del proceso (C_{Salida}), menos el volumen de agua extraída al inicio de la actividad o proceso ($V_{Entrada}$), por la cantidad de carga de los contaminantes que ingresan en el volumen de entrada ($C_{Entrada}$), dividido por la concentración máxima del contaminante a evaluar estipulado por el Decreto Resolución 631 de 2015 (MAVDT) (C_{max}), menos la concentración natural del contaminante a evaluar (C_{nat}).

Figura 12. Fórmula Consumo Huella Hídrica Gris

$$\text{Huella hídrica gris} = \frac{V_{Salida} * C_{Salida} - V_{Entrada} * C_{Entrada}}{C_{m\acute{a}x} - C_{nat}}$$

Fuente: Manual de la Water Footprint Network

Ejemplo de Aplicación Agua Gris Directa

Ejemplo Industrial

Una industria de lácteos desea conocer la huella hídrica gris en uno de los componentes de su vertimiento final, el contaminante escogido a evaluar es el nitrato (NO₃), con una concentración de 60mg/L (este dato se obtuvo gracias al análisis de laboratorio que se desarrolló en una muestra del vertimiento final del proceso a evaluar); se sabe que la industria tiene un volumen de salida de 800m³ por mes y una extracción de agua de 1700m³

(el agua que recibe la industria es potable cumpliendo con estándares normativos Colombianos estipulados por el decreto 1575 de 2007 (MAVDT) – control de calidad del agua para el consumo humano, que asume una concentración del contaminante máxima de 0mg/L NO₃); por otra parte se consultó el decreto Resolución 631 de 2015 (MAVDT) para establecer la concentración máxima del contaminante permitida para ser vertida a un sistema hídrico, asumida como 10mg/L NO₃, por último se evaluó la concentración natural del contaminante mediante registros históricos bibliográficos, lo que determinó una concentración natural de 0.25mg NO₃/ L.

Luego de haber obtenido la información necesaria para el cálculo de la huella hídrica gris (HHG), procedemos con su medición:

$$\text{Huella Hídrica Gris NO}_3 = \frac{\frac{800m^3}{mes} * \frac{60mg}{L} - \frac{1700m^3}{mes} * \frac{0mg}{L}}{\frac{10mg}{L} - \frac{0.25mg}{L}} = \frac{4923.07m^3}{mes}$$

Esta medida ofrecerá al lector una visión más clara del tipo de riesgo al que somete al medio acuático, ya que al seguir vertiendo de manera descontrolada la misma carga contaminante, contribuye a que el medio natural hídrico pierda sus proporciones frente a volúmenes de disponibilidad del recurso, ya que este medio tratará de diluir el contaminante en su flujo. Evidenciando esto, los resultados de esta medida obligarán al lector a mejorar y reducir sus vertimientos mediante tecnologías y/o programas de gestión ambiental.

Ejemplo Persona

La administración de un edificio de apartamentos desea evaluar el impacto negativo que genera los consumidores hacia el recurso hídrico natural, para ello se decide aplicar la huella hídrica gris, indicador que permite identificar la cantidad de agua que requiere un sistema natural para asimilar contaminantes vertidos por el desarrollo de una actividad humana.

Para iniciar esta evaluación el edificio debe contar con la siguiente información para aplicar dicho cálculo, esta será: volúmenes de agua en la entrada del edificio, volúmenes de agua en la salida del edificio, calidad del agua que ingresa, calidad del agua que se vierte.

Mediante un registro de contador volumétrico se logra identificar la cantidad de agua que ingresa y sale del sistema, estos volúmenes son: entrada 120 m³ al mes, salida 72 m³. Ya con los datos de entrada y salida identificados se procesa a determinar la calidad de agua del sistema, hay que tener en cuenta que este análisis dependerá del contaminante que desee evaluar el lector, (se aconseja siempre tomar el contaminante que tenga mayor impacto en el sistema), para el ejemplo se tomó los sólidos en suspensión totales (SST), el cual tiene una concentración en la entrada de 0mg/L, este dato se determina ya que el agua que ingresa al sistema es potable la cual suministrada por el acueducto de la zona quien da cumplimiento a los estándares de calidad estipulados por la normatividad Colombiana. Para determinar la calidad de agua de la salida se proponen dos métodos, la primera y la más conveniente es contratar un laboratorio certificado que identifique la calidad del agua de la salida. La segunda se debe aplicar si en debido caso los evaluadores no cuenta con los recursos monetarios para contratar un laboratorio que realice esta medida, en este caso se deberá buscar referencias bibliográficas que permitan identificar este dato, hay que tener en cuenta que esta revisión bibliográfica deberá adaptarse a las condiciones en las que opera al sistema a medir, esto se debe hacer para dar una confiabilidad en la aplicación de cálculo de la huella hídrica.

Basado en lo anterior para el ejemplo la administración del edificio de apartamentos contrato un laboratorio para que realizara dicha medida, lo obtenido fue lo siguiente, una concentración de 70 mg/L SST al mes.

Por ultimo debemos determinar la concentración natural del contaminante en la fuente hídrica a la que se vierte, esto se logra mediante una investigación bibliográfica de la fuente de estudio, para el ejemplo se tomara una concentración de 150mg/L SST, a su vez se debe tener en cuenta la concentración máxima permitida por la ley Colombiana, esta información se obtiene mediante los parámetros descritos en la Resolución 631 de 2015 (MAVDT), esta es de 25mg/L SST.

Luego de haber obtenido la información necesaria para el cálculo de la huella hídrica gris (HHG), procedemos con su medición:

$$\text{Huella Hídrica Gris SST} = \frac{\frac{72m^3}{mes} * \frac{70mg}{L} - \frac{120m^3}{mes} * \frac{0mg}{L}}{\frac{25mg}{L} - \frac{150mg}{L}} = - \frac{40m^3}{mes}$$

El cálculo de la huella hídrica gris en este caso dio negativo (-40 m³/mes SST), lo que da a entender que la cantidad de agua vertida con la concentración de SST producida por el edificio de apartamentos durante el mes de estudio, no tuvieron mayor alteración al recurso hídrico natural, esto se da ya que la calidad de agua del sistema natural tiene una elevada concentración de SST. Hay que tener en cuenta que así tengamos un índice bajo en la huella gris, nuestra actividad puede generar un impacto relevante en los ecosistemas hídricos, este caso lo podemos observar en el ejemplo de aplicación de un edificio de apartamentos quienes generan huella hídrica gris baja, incumplen con la normatividad Colombiana frente a los parámetros de calidad de los sistemas de vertimiento, dando a entender un impacto relevante vulnerabilidad del recurso.

8. HUELLA HÍDRICA INDIRECTA

La huella hídrica indirecta se define como la cantidad de agua azul, verde y gris generada por terceros para fabricar bienes y servicios (materias primas, energía, otros), que sirven como insumos para el desarrollo de nuestra actividad o proceso (Arjen Hoekstra, 2010). El cálculo de la huella hídrica directa requiere reconocer la cantidad de agua consumida en el origen de fabricación de cada insumo que usamos en nuestra actividad o proceso, debido a esto hace que sea bastante complejo su cálculo. Para poder determinar estos consumos actualmente se cuentan una serie de organizaciones que prestan el servicio de consultar estudios que revelan los consumos de agua de varios procesos o productos a nivel mundial. Hay que tener en cuenta que algunas de estas organizaciones cobran una suma monetaria por el derecho de acceder a esta información, a continuación presentaremos las organizaciones de más relevancia para determinar la huella hídrica indirecta:

- **Red Internacional de huella hídrica WFN:** Agua azul, verde y gris por país. Productos de animales, agrícolas, con datos por país. Existe un estudio nacional del agua con agua azul, verde y gris para productos agrícolas por departamento. Información libre. (COSUDE, 2014)
- **Ecoinvent:** Agua extraída, agua vertida, contaminantes emitidos (se puede calcular el agua azul). Gratis para instituciones educativas de nuestro país, pero solo para usos académicos, no comerciales (como enseñar). Para investigaciones, especialmente las

que son patrocinadas por terceros, debe comprarse una licencia (€ 2,500) (COSUDE, 2014).

- **Base de datos de agua de Quantis:** Agua azul, verde, gris, extracciones, vertimientos, WIIX promedio global, entre varios. Basada en Ecoinvent principalmente. Para usos académicos 50% de descuento: entre 1'500 y 5'000 US dependiendo de la cantidad de datos (COSUDE, 2014).
- **Otras fuentes:** Fuentes bibliográficas confiables que puedan encontrarse a través de la web (Artículos científicos, estudios, informes, libros, entre otros) (COSUDE, 2014).

Ejemplo calculo huella hídrica indirecta

Ejemplo Persona

Un administrador de un hotel desea determinar los consumos de agua indirectos que generan sus procesos en base a la cadena de suministro (alimentos, insumos de aseo, entre otros) y los consumos energéticos (energía eléctrica, gas natural, entre otros) que utiliza.

Para iniciar con el cálculo se debe realizar una identificación de cada uno de los materiales que se utilizar en la cadena de suministro y en los sistemas energéticos, determinando tipo (clase de materia o servicio), cantidad (cuanto se utilizó en el proceso) y el origen (donde fue desarrollado), se aconseja aplicar un check list en el área de estudio.

A continuación se presentara la información obtenida por el desarrollo del check list:

Tabla 6. Cadena suministro ejemplo huella hídrica indirecta Hotel.

Consumo restaurante (mes)		
Insumo	Cantidad	Origen de producción
Arroz	333 kg	Perú
Papas	500 kg	Boyacá
Pollo	83 kg	Estados Unidos

Fuente. Autores.

Tabla 7. Cadena suministro ejemplo huella hídrica indirecta Hotel.

Consumo baños (mes)		
Insumo	Cantidad (Kg)	Origen de producción
Papel tissue (higiénico)	75	Medellín
Jabón	17	China

Fuente. Autores.

Tabla 8. Energía ejemplo huella hídrica indirecta Hotel.

Consumo de energía. Comprado en Colombia (mes)	
Electricidad*asumiendo que es hidroelectricidad	1 6667 kwh
Gas Natural	30 000 m3

Fuente. Autores.

Luego de haber identificado las cantidades de insumos y servicios teniendo del sistema, se procede a investigar el la cantidad de huella que genera cada producto y servicio en su lugar de desarrollo; para ello es necesario aplicar las herramientas descritas en la sección de la huella hídrica indirecta de la presente guía.

La determinación de la huella hídrica de estos productos y servicios en su sitio de desarrollo se determinara mediante la investigación en la información de la red de la Water Footprint network, artículos científicos y estudios de evaluación.

En las siguientes tablas se presentara la información obtenida por la investigación realizada para el caso:

Tabla 9. Huella hídrica cadena de suministro cocina

Insumo (l kg)	Huella azul (L)	Huella verde (L)	Huella gris (L)	Fuente
Arroz de Perú	4980	1340	170	PERU, Autoridad Nal del agua (2012). Huella hídrica del cultivo de arroz. En: http://de.calameo.com/read/00127194528366d6be7a9
Papas de Boyacá	0	220	60	COLOMBIA, MinAgricultura. Huella hídrica en papa. En: http://de.calameo.com/read/003235280dc493060b701 . WFN, The green, blue and grey Water Footprint of crops and derived crop products, (2010) □
Pollo de EU**	140	1350	240	WFN, The green, blue and grey Water Footprint of crops and derived crop products, (2010)

Fuente. Autores

Tabla 10. Huella hídrica insumos de aseo.

Insumo (l kg)	Huella azul (L)	Huella verde (L)	Huella gris (L)	Fuente
Papel higiénico	18	1057	687	Mcdevitt et al, 2011, An Evaluation of Alternative Water Footprint Methodologies Using An Indicative Tissue Paper Supply Chain [online]. In: 65th Appita Annual Conference and Exhibition, Rotorua New Zealand 10-13 April 2011: Conference Technical Papers. Carlton, Vic.: Appita Inc., 2011: 287-294. Availability: http://search.informit.com.au/documentSummary;dn=312582021251449;res=IELHSS ISBN: 9780957746995. [cited 12 Mar 10].
Jabón	3,51	3,53	8,16	Francke y Castro, 2013, Carbon and water footprint analysis of a soap bar produced in Brazil by Natura Cosmetics. Water Resources and Industry. V 1-2: 37-48. En: http://dx.doi.org/10.1016/j.wri.2013.03.003

Fuente. Autores

Tabla 10. Huella hídrica energía.

Insumo	Huella azul (L)	Huella verde (L)	Huella gris (L)	Fuente
Electricidad (1 kwh)	12,96	0	0	Red internacional de la Water Footprint Network (WFN), 2010
Gas Natural (1 m ³)	40	0	0	Red internacional de la Water Footprint Network (WFN), 2010, asumiendo que 1 m ³ GN = 40 MJ

Fuente. Autores

Luego de haber identificado las huellas hídricas de origen de cada uno de los insumos y servicios, se procede a calcular el indicador indirecto del hotel, esto se logra mediante la multiplicación de la cantidad de insumos y servicios consumidos por las huellas hídricas de origen de cada una de estas.

Los resultados se presentan a continuación:

Tabla 11. Resultados huella hídrica indirecta ejemplo Hotel.

HH	Insumos	Tipo	Cantidad (Kg)	Origen de producción	Huella azul (L)	Huella verde (L)	Huella gris (L)	TOTAL (L)
Indirecta	Consumo restaurante	Arroz	333	Perú	1.658.340	446.220	56.610	2.161.170
		Papas	500	Boyacá	-	110.000	30.000	140.000
		Pollo	83	Estados Unidos	11.620	112.050	19.920	143.590
	Consumo baños	Papel tissue (higiénico)	75	Medellin	1.350	79.275	51.525	132.150
		Jabón	17	China	60	60	139	258
	Consumo de energía	Electricidad hidroelectrica	16667	Colombia	216.004	-	-	216.004
Gas Natural		2500	Colombia	100.000	-	-	100.000	
Totla Huella Hidrica Hotel								2.893.173

Fuente. Autores

Con lo anterior se puede dar claridad de los consumos invisibles que genera una actividad basado en su cadena de suministro, en este caso el hotel genera un consumo indirecto de 2.893 m³ al mes. Estos resultados servirán para evaluar el tipo de producto que se consume, generando conciencia al momento de su uso.

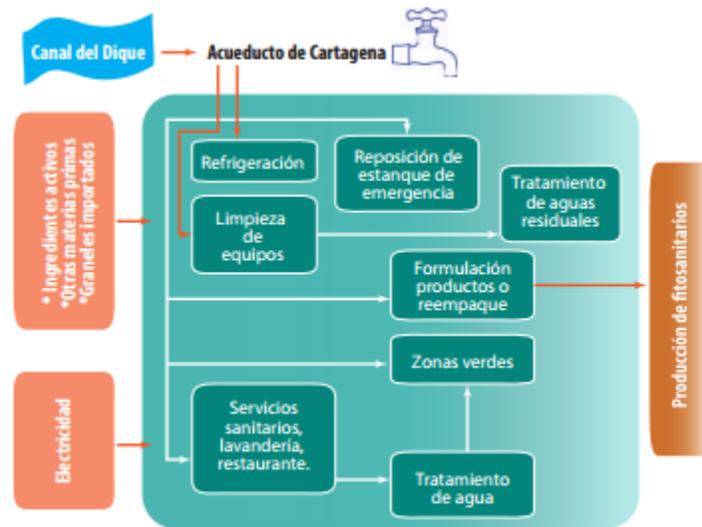
Ejemplo Industrial

Para este caso se tomara referencia de uno de los casos trabajados por el proyecto Suizagua Colombia.

La siguiente medición se realizó en la industria Syngenta, en una de sus plantas de producción de agroquímicos para protección de cultivos ubicada en Cartagena-Bolivar. El objeto de la medición fue evaluarlos impactos que generan los usos de la organización frente a la extracción de agua, consumo de materias primas, procesos de producción y vertimientos.

A continuación se presenta en la siguiente figura que muestra el comportamiento que tiene la organización frente a los usos de agua en sus procesos:

Figura 13. Producto y análisis del sistema.



Fuente. Resultados del proyecto Suizagua Colombia, 2015.

Los usos del agua corresponden a: 25% del agua extraída se incorporó al producto y el 9% se evapora en el tratamiento de agua residual industrial, posteriormente los lodos se envían a incineración controlada. El agua vertida corresponde a agua residual doméstica tratada usada para irrigación de zonas verdes.

Los consumos directos son:

Figura 14. Usos directos del agua.



Fuente. Resultados del proyecto Suizagua Colombia, 2015.

Para el cálculo de la huella hídrica indirecta se tuvo en cuenta lo siguiente: Los puntos clave están en sus materias primas, por ser químicos complejos. En 2009-2012, son los ingredientes activos y en 2013-2014 (ene a oct), en los insumos terminados a granel.

Figura 15. Perfil de la huella hídrica.



Fuente. Resultados del proyecto Suizagua Colombia, 2015.

Con los resultados la organización planteo estrategias que permitieron reducir 382 metros cúbicos al año de agua residual industrial gracias a acciones como la disminución del agua usada en limpieza y el reusó de agua en otras formulaciones de agroquímicos, contribuyendo a mejorar la conservación de la biodiversidad y fuentes hídricas

9. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE UNA MEDICIÓN DE HUELLA HÍDRICA

Esta guía estará sujeta bajo los parámetros establecidos por el Manual de la Water Footprint Network y los Principios, requisitos y directrices descritos en la ISO 14046 para la Gestión Ambiental - Huella Hídrica, ofreciendo al lector los pasos necesarios para comprender e implementar una medición de huella hídrica en cualquier actividad humana que genere un bien o servicio. A su vez esta metodología busca brindar los primeros pasos para iniciar con el proceso de aplicación de la ISO 14046.

Para medir el consumo total y contaminación del agua dulce de cualquier sector productivo y social se deberá tener en cuenta las siguientes etapas:

Tabla 12. Etapas para la medición de la huella hídrica

ETAPA 1	ETAPA 2	ETAPA 3	ETAPA 4
Establecer alcance, meta y objetivos	Medir cantidades de agua y contaminantes	Evaluar impactos asociados a consumos y contaminación agua	Formular e implementar opciones de respuesta
Descripción de Etapa			
Objetivo y alcance	Inventario de agua (varios tipos, incluyendo agua azul, verde y gris)	Medición del indicador de impacto hídrico	Acciones de reducción de la huella hídrica

Fuente. Manual Water Footprint Network, 2010, ISO 14046 de 2014

9.1. Etapa 1. Definir el objetivo y el alcance del estudio

Para poder definir los objetivos y los limitantes del estudio de huella hídrica, el lector tendrá que tener muy claro las siguientes situaciones

9.1.1. ¿Para qué se mide?

El evaluador deberá definir de manera clara las razones por las cuales lo llevaron a realizar esta medición de huella hídrica, algunos ejemplos podrían ser:

1. Evaluar mediante la huella hídrica los consumos de agua de mi actividad para reconocer las pérdidas de agua de mi sistema y así implementar acciones de control.
2. Se puede implementar este estudio para determinar el daño que se le genera al recurso hídrico debido al desarrollo de una actividad y con base a los resultados diseñar estrategias de gestión que permitan una mejor convivencia con el recurso con el fin de preservarlo para generaciones futuras.
3. Para tener un control en los consumos agua internos y externos de mi sitio de evaluación.

9.1.2. ¿Hasta dónde puede llegar la medición?

En este punto el evaluador deberá tener claro hasta donde está dispuesto a llegar con la medición, definiendo las variables y componentes que se contabilizarán en todo el desarrollo del estudio, se le aconseja al lector definir estos componentes bajo la disponibilidad de recursos con los que puede contar, ejemplos:

1. El proyecto será dirigido para la determinar la huella hídrica directa de una persona en su hogar, evaluando todos los componentes que interactúan con el agua.

2. El estudio se realizara en una línea de producción de una industria con el fin de evaluar la huella directa del proceso y su huella indirecta mediante la medida de los consumos de energía y una materia específica del proceso.
3. La medida de la huella hídrica se aplicara en el desarrollo de todo el ciclo de vida de un producto, evaluando su origen hasta su punto de entrega final.

9.1.3. ¿Qué debo tener en cuenta?

La huella hídrica es un método desarrollable en todos los campos de aplicación, puede ser aplicada desde el hogar hasta una industria o producto, la única diferencia que existirá será la cantidad de variables incluidas y datos de obtención, ya que como puede entender el propósito es el mismo “determinar el consumo real de agua” lo que cambiará será su escala, lo mismo ocurre con la elaboración de un producto, si usted logra determinar cuánto consumo de agua le cuesta hacer un único producto, podrá determinar con mayor facilidad la fabricación de cien o de mil, si gusta hacerlo, esta herramienta es aplicable en todas las áreas que usted imagine y se podrá impresionar de sus resultados y utilidades.

9.1.4. Definir unidad funcional

Se determina como la función de tiempo a la que se normalizan todos los fluidos de agua durante la etapa de medición, ejemplo: Un (1) año de operación del edificio /o/ planta.

9.1.5. Definir Flujo de referencia

Se define como la cantidad del componente final, (personas, materiales, productos) del estudio, a la cual se adapta para el periodo de tiempo a la que se desarrolla la medida, ejemplo:

$$\frac{1500\text{Ton de material o producto final}}{\text{año}} \quad \text{o} \quad \frac{200\text{personas}}{\text{año}}$$

9.2. Etapa 2. Inventario de agua y medición de la huella hídrica: azul, verde y gris

El inventario de agua se define como la clasificación y contabilización de los componentes que tienen relación a los usos de agua en la actividad a evaluar, ya sea de manera directa o indirecta, (esto dependerán de los objetivos y limitantes que se hayan definido al inicio del estudio) (COSUDE, 2013).

Algunos componentes que pueden ir vinculadas al estudio se describirán en la Tabla 13. Para poder realizar la clasificación y contabilización de los componentes de usos de agua es necesario iniciar con las siguientes fases.

FASE 1. El evaluador deberá diseñar representación del sistema a través de un flujograma así como lo muestra la Figura 15, definiendo todas las entradas y salidas de agua que tiene el proceso o actividad a evaluar, determinando los componentes que interactúan con el agua como: sistemas de captación de agua, equipos, maquinarias, tanques, plantas de tratamiento, llaves, otros.

Tabla 13. Componentes que se pueden vincular al estudio

Componentes del Estudio	Cantidad
Entradas	
Agua potable entrada infraestructura (Subterránea o superficial)	m3
Entrada de agua al potable al proceso productivo o una actividad.	m3
Entrada de agua lluvia.	m3
Salidas	
Agua potable evaporada del proceso productivo o una actividad.	m3
Agua potable incorporada a un producto o una actividad.	m3
Agua lluvia evaporada en un proceso productivo o una actividad.	m3
Agua lluvia incorporada a un producto o una actividad.	m3
Agua Salida del proceso productivo o una actividad.	m3
Agua Salida de la infraestructura.	m3

Consumo indirecto a través de uso directo	
Gas Natural.	m3
Electricidad.	Kwh
Materias primas.	Kg
Producto final (Fabricado - caso industria)	
Producto fabricado.	Unidad /o/ Kg

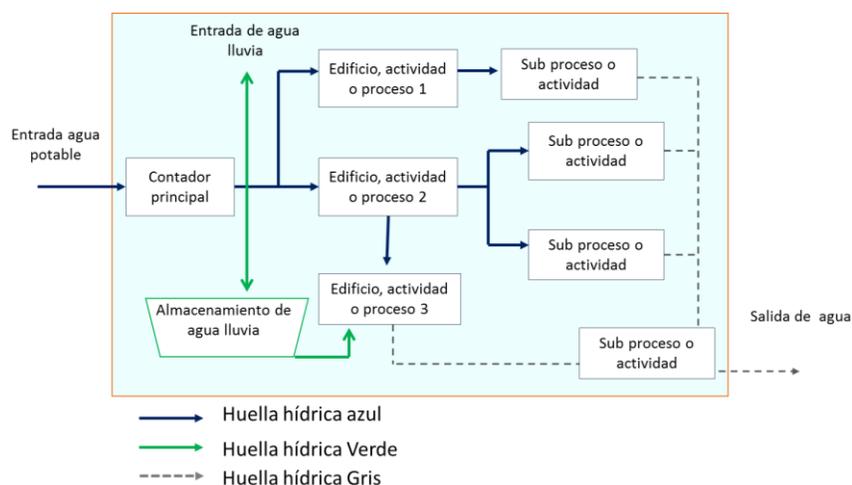
Fuente. Autores

FASE 2. Se deberá realizar una descripción de todos los componentes que interactúan con el agua de manera directa o indirecta la actividad o proceso productivo a estudiar, para este paso se aconseja realizar la lista de chequeo, donde se deberá recolectar la siguiente información:

- **Directa:** actividades o procesos, equipos, tecnologías (grifos, sanitarios, duchas, lavamanos, maquinarias, entre otros).
- **Indirecta:** para los componentes indirectos se deberá detallar claramente su clase y origen como por ejemplo: materias primas, sistemas de energía eléctricos y/o gas, entre otros.

En la figura 16 y 17 se presenta un ejemplo del diligenciamiento del formato de la lista de chequeo.

Figura 15. Ejemplo flujo grama para la identificación de la distribución de agua



Fuente. Autores

FASE 3. Es necesario cuantificar los componentes seleccionados por las anteriores fases para poder iniciar con el cálculo de los tipos de agua de la huella hídrica. Para iniciar con esta fase esta guía introductoria propondrá una serie métodos que ayudarán al lector realizar la recolección de datos necesarios para el cálculo.

Figura 16. Ejemplo diligenciamiento formato lista de chequeo Actividad

Check List



Area: Baños oficinas

Nombre Persona Responsable de la Medida : Persona X

Materi prima/ maquinas/ actividad/ objeto	Descripción	Cantidad
Sanitarios	Seevidencia que los sanitarios son antiguos, con una capacidad de 4 litros por descarga	8 Unidades
Orinales	Dellave manual con un volumen de 20 mililitros por 30 segundos	5 Unidades
Lavamanos	De llave tradicional con un volumen de agua de 30 mililitros por 15 segundos	6 Unidades
Papel Higienico	La marca del producto es "Familia", el origen de fabricacion es Colombia-Medellin	2 unidades/Semanales
Jabon Liquido	La marca del producto es "Familia", un frasco de 3 litros de producto, el origen de fabricacion es Colombia-Medellin	2 unidades/Semanales
Energia electrica	Bombillas de 120 W- Energia Codensa	2 unidades/ uso 8 horas al dia
Aseo baños (Lavado de pisos, sanitarios, orinales y lavamanos)	La persona encargada del aseo general, se abastece directamente para el aseo de baños con una caneca de 6,5 litros	10 canecas al dia

COMENTARIOS:

A los baños asiste una poblacion de 20 personas de edades entre los 23 a 30 años diariamente

FIRMA RESPONSABLE:

Persona X

Fuente. Autores

Figura 17. Ejemplo diligenciamiento formato lista de chequeo Producto

Check List



Área: Cervecería tradicional

Nombre Persona Responsable de la Medida : Persona X

Materia prima/ maquinas/ actividad/ objeto	Descripción	Cantidad
Cebada	Cebada proveniente de Huila-Colombia	540 Kg al mes
Lúpulo	Lúpulo proveniente de Cali-Colombia	320 Kg al mes
Levadura	Levadura proveniente de Medellín-Colombia	409 Kg al mes
Malta	Malta proveniente de EEUU	310 Kg al mes
Energía eléctrica	Energía proporcionada por la empresa Codensa	2380 KW al mes

COMENTARIOS:

La medición se realizo durante un mes para una producción de 380 und de cerveza

FIRMA RESPONSABLE:

Persona X

Fuente. Autores

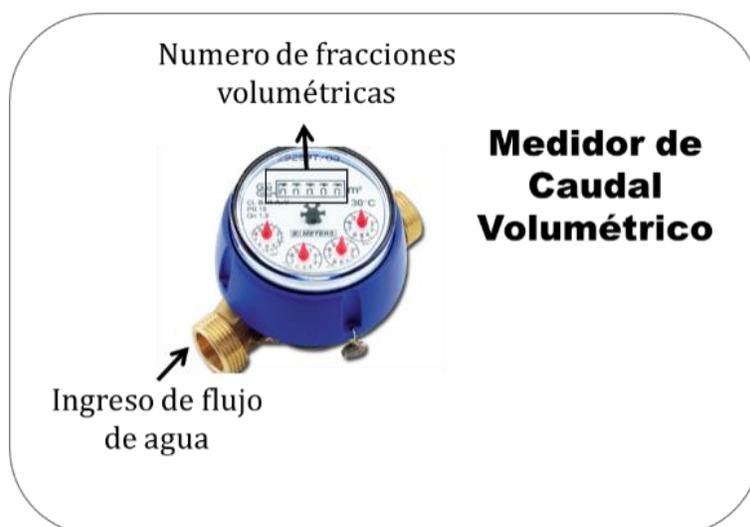
9.2.1. Método1. Medidores de caudal volumétrico

Este método consiste en calcular el agua que ingresa y/o sale de una actividad o proceso de estudio por medio de medidores de caudal volumétrico Figura 18, permitiendo dar una mayor precisión en la toma de muestra y un control en los volúmenes de agua del sistema de análisis.

Lo primero que se debe hacer es instalar medidores de caudal en cada punto de entrada de la red de distribución de agua que abastece a los procesos o actividades (estas entradas pueden ser de agua azul o verde) también se deberá instalar medidores en la salidas de

agua de las actividades o procesos (esto dependerá de las limitantes que se hayan determinado al inicio del estudio). Si la persona no cuenta con los recursos necesarios para la instalación de medidores en todos sus procesos, se aconseja llevar una medida con el medidor principal que abastece de agua a toda el área de estudio mediante un registro de consumo como así como lo muestra la Tabla 14 y a su vez realizar el método 3 de esta guía que consta de un balance hídrico en los procesos o actividades.

Figura 18. Medidor de caudal volumétrico



Fuente. Autores

Nota: Como se había mencionado este método es útil para determinar los consumos agua azul y/o verde (solo será aplicable en el agua verde, si el recurso se encuentra almacenada y cuenta con una red de distribución, como: tanques, piscinas artificiales, entre otros), y servirá como medio para determinar los volumen de agua en la salida de cualquier proceso o actividad para el cálculo de la huella hídrica gris.

Hay que tener en cuenta que para poder llevar a cabo este método, se deberá diseñar un programa de lectura de medidores, definiendo una serie de pasos para contabilizar y registrar de una manera ordenada los datos de consumo.

- Lo primero que se debe hacer, es determinar los días y la hora en que se va a tomar la muestra (si se va a tomar una muestra diaria, semanal, mensual. Entre más corta se tome la muestra, más preciso y confiable será la información de los consumos de agua), se aconseja al lector realizar una comparación de los resultados obtenidos por los

medidores con el consumo registrado por el recibo público de agua, esto para tener un mayor confiabilidad en los datos.

- El segundo paso es la toma de la muestra, esta se desarrolla de manera directa contabilizando el número de fracciones de los medidores instalados en el área de estudio, durante la unidad de tiempo seleccionada por el evaluador (el número de fracciones se define como la cantidad de agua que ingresa por los conductos del medidor).

Ejemplo: Control volumétrico por medidores de caudal

Tabla 14. Registro del contador principal agua potable semanal

Fecha	Fracciones volumétricas del contador m ³	Consumo Julio m ³	Consumo Recibo Julio m ³
07 / 07 / 2014	93	934	935.45
14 / 07 / 2014	188		
21 / 07 / 2014	274		
28 / 07 / 2014	379		

Fuente. Autores

El consumo de julio se calcula mediante la sumatoria de los registros obtenidos durante la medición de los contadores volumétricos:

Consumo Julio $93\text{m}^3 + 188\text{m}^3 + 274\text{m}^3 + 370\text{m}^3 = 934\text{m}^3$

Consumo Julio Consumo Julio (recibo público) – Consumo Julio (medidores)
 $9345,45\text{m}^3 - 934\text{m}^3 = 0,45\text{m}^3$

Cumple

Nota: El consumo mensual dado por el conteo de los medidores deberán ser comparados con los consumos registrados por los recibos públicos de agua, este resultado deberá ser menor o igual a +/-1m³, de lo contrario se puede afirmar que la toma de la muestra del consumo de los medidores está fallando o el sistema está presentando perdidas por fugas, (por este motivo es que se aconseja tomar la medida en una hora muy puntual).

En este método también sirve para contabilizar flujos indirectos de una actividad o proceso como lo es la energía eléctrica o consumos de gas natural.

9.2.2. Método 2. Aforos de agua

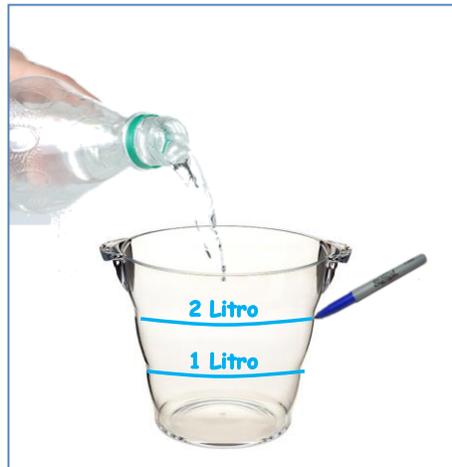
Se define como la medida que se realiza a una sección de curso de agua, con el fin de determinar la cantidad de agua que pasa por un periodo de tiempo (Ing Abelardo Villavicencio, 2010). Este método será de vital importancia para zonas que no contarán con medidores de agua.

Esta guía propondrá como método de aforo el sistema “Volumétrico”, el cual consiste en determinar el tiempo que tarda una corriente de agua en llenar un recipiente de volumen conocido; sistema útil para determinar la cantidad de agua que genera un sistema puntual como una llave, una regadera, un tanque de almacenamiento, entre otros.

Antes de iniciar con la aplicación del aforo volumétrico, el evaluador deberá tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Contar con una cubeta y un cronómetro.
- Se deberá demarcar la cubeta con varios tipos de volúmenes, para así tener una medida controlada del flujo. Se aconseja conseguir una botella con una capacidad de un litro, llenarla de agua y vertida en la cubeta para así delimitarla con una medida volumétrica así como lo muestra la Figura 19.
- Luego de contar con la cubeta delimitada se procede a dirigirse al lugar de medición seleccionado, un ejemplo sería: el análisis al volumen de agua de una llave que abastece al personal de aseo general para el lavado de pisos. En este punto se deberá contabilizar la cantidad de agua que pasa por la llave durante un periodo de tiempo así como lo muestra la Figura 20. Se aconseja realizar este proceso cinco veces y tomar el promedio para darle mayor certeza al dato.

Figura 19. Delimitación volumétrica de la cubeta o tanque



Fuente. Autores

Figura 20. Conteo del flujo de agua en un tiempo determinado



Fuente. Autores

Con el aforo se determinó que en 20 segundos se generan 4 litros de agua.

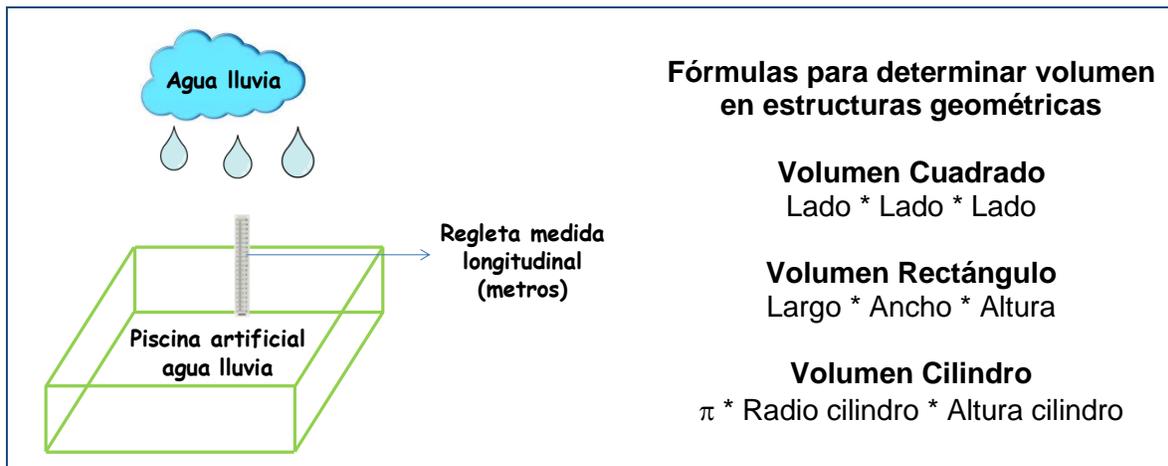
- Al haber determinado la cantidad de agua que se obtiene en la llave, se deberá analizar los tipos de uso que se le generan en la llave dependiendo de la actividad o proceso desarrollada en el sitio, para nuestro ejemplo anterior el de la llave que abastece de agua al aseo general, tiene un uso de 869 segundos al día (esto se logró mediante la aplicación de este método).

Para hallar el consumo total desarrollamos una regla de tres:

$$\frac{4L \text{ agua}}{40 \text{ segundos}} * \frac{869 \text{ segundos}}{\text{día}} = \frac{86.9L \text{ agua}}{\text{día}}$$

Nota: Si el sistema a evaluar cuenta con tanques o piscinas artificiales de almacenamiento de agua lluvia, el evaluador deberá delimitar los tanques de almacenamiento, para el caso de las piscinas se implementa un sistema de paleta con una medida de distancia (centímetros, metros), esta medida se debe contabilizar todos los días con el fin determinar volumen de agua que ingresa o sale de la piscina, figura 21, (se deberá conocer el área de la piscina para poder aplicar la fórmula del volumen de la estructura).

Figura 21. Delimitación volumétrica de la cubeta o tanque



Fuente. Autores

9.2.3. Método 3. Balance hídrico

Este método se utiliza para identificar el comportamiento en los usos del agua en el área de estudio, contabilizando los consumos mediante la comparación que hay entre el volumen total de captación y las salidas de agua del sistema.

Figura 22. Calculo Balance Hídrico.

$$\text{Extracción de agua} = (\text{Consumos} + \text{salidas de agua}) - \text{Perdidas}$$

Fuente. (SENAMHI, 2011).

Para poder aplicar este método se debe identificar con claridad la cantidad de agua total que ingresa al sistema, así como los usos que se le dan (detallando claramente las actividades y procesos que manejan agua), de tal manera que al comparar las salidas y los consumos efectuados por las actividades o procesos sean iguales a los volúmenes iniciales de la extracción de agua (SENAMHI, 2011).

Este método ofrecerá al lector la posibilidad de visualizar un aproximado de agua en consumos internos y la salida de agua final del sistema.

Ejemplo Balance Hídrico

Una microempresa dedicada a la fabricación de jabón desea conocer el agua total que vierte al sistema de alcantarillado; esta organización no cuenta con los recursos necesarios para poder instalar un contador en la salida de su vertimiento, así que han decidido determinar este dato mediante el método de balance de masas.

Para comenzar con la aplicación de este método, la organización ha establecido una serie de pasos que permitirán recolectar la información necesaria para poder realizar el balance de masas, se evaluó cada proceso para la elaboración de jabón y se obtuvo que en un mes la organización consume un aproximado de 689m³ de agua potable, a su vez se llevó un conteo semanal del medidor principal que abastece de agua potable a la organización y se definió que se extrae del sistema hídrico 1450m³ al mes.

Teniendo ya la información necesaria procedemos a calcular el agua que se vierte:

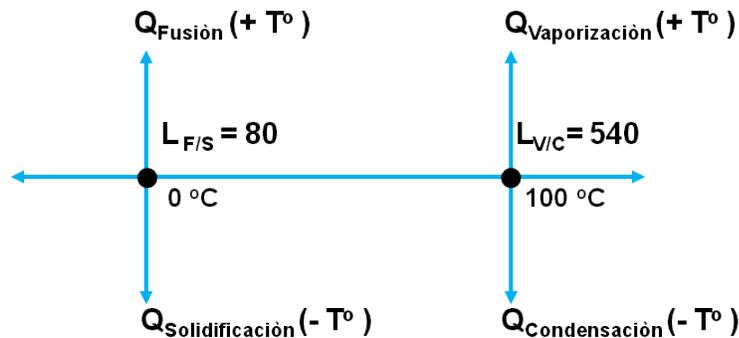
$$\begin{aligned} 1450\text{m}^3 &= 689\text{m}^3 + X \text{ (Salidas)} \\ 1450\text{m}^3 - 689\text{m}^3 &= X \text{ (Salidas)} \\ 761\text{m}^3 &= X \text{ (Salidas)} \\ 1450\text{m}^3 &= 689\text{m}^3 + 761\text{m}^3 \\ \mathbf{1450\text{m}^3} &= \mathbf{1450\text{m}^3} \rightarrow \mathbf{Cumple} \end{aligned}$$

9.2.4. Método 4. Calor de transformación o cambio de estado

Se requiere determinar las pérdidas de evaporación de una máquina que opera con siguientes características: un caudal de entrada de 190 L/h a una temperatura inicial de 16°C., la cual en sus procesos internos expone el recurso a una temperatura máxima a 100°C, la cual proporciona una masa de vapor x. Hay que tener en cuenta que la maquina tiene un punto de equilibrio en su temperatura de 70°C.

Para lograr calcular lo anterior debemos conocer los cambios de estado del agua basado a los calores latentes de este, figura 22:

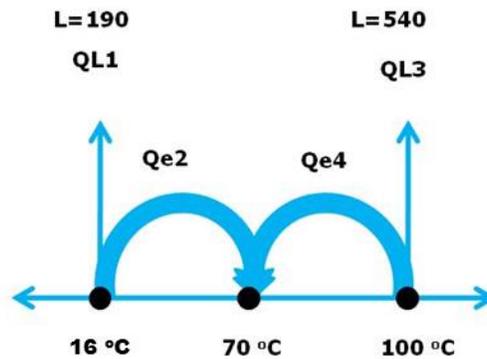
Figura 22. Ejemplo QT y calores latentes del agua a 1 atmósfera de presión



Fuente: (Ayala, 2014)

Se entiende que el agua al estar en un estado sólido (hielo) y líquido (agua) cuentan con una temperatura de 0°C ya sea positiva o negativa, con un calor latente de 80 para un proceso de fusión o solidificación. Para un estado gaseoso (vapor) su temperatura es de 100°C ya sea positiva o negativa y su calor latente es de 540 para procesos de vaporización y condensación. Basado en lo anterior ordenamos la información del sistema.

Figura 23. Desarrollo ejemplo cambio de estado



Fuente. Autores

Sabemos que Q_{L1} es un calor latente porque el agua aumenta su temperatura para cambiar su estado, Q_{e2} es un calor específico porque es el cambio en la temperatura del agua, Q_{L3} un calor específico porque es el cambio de temperatura para cambio de estado y Q_{e4} es un calor específico por la disminución de temperatura:

$$Q_{L1} + Q_{e2} + Q_{L3} + Q_{e4} = 0$$

Fuente: (Ayala, 2014)

Reemplazamos:

$$L_1 * m_1 + C_e * m_2 * \Delta T_2 + L_3 * V_3 + C_e * m_4 * \Delta T_4 = 0$$

Fuente: (Ayala, 2014)

Notación:

L	Calor latente
m	Masa
Ce	Calor específico del agua (1unidades)
ΔT	Cambio temperatura

$$\left[\frac{80Cal}{g} * 190000g \right] + \left[\frac{1Cal}{g \text{ } ^\circ C} * 190000g * (70 - 16)^\circ C \right] - \left[\frac{540Cal}{g} * m \right] + \left[\frac{1Cal}{g \text{ } ^\circ C} * m * (100 - 70)^\circ C \right] = 0$$

Factorizando se tiene:

$$[15200000Cal] + [10260000Cal] - \left[\frac{540Cal}{g} * m \right] + \left[\frac{30Cal}{g} * m \right] = 0$$

$$[25460000Cal] - \left[\frac{570Cal}{g} * m \right] = 0$$

$$[25460000Cal] = \left[\frac{570Cal}{g} * m \right]$$

$$\left[\frac{25460000Cal}{570Cal/g} \right] = m$$

$$44667g = m$$

Considerando que la densidad del agua es 1kg/L, el agua evaporada corresponde a 44L.

9.3. Etapa 3. Evaluación de impactos asociados con consumos y contaminación del agua

En esta etapa se calcula el indicador Water Impact Index (WIIX) o índice de impacto hídrico para la huella hídrica Figura 24, desarrollado por la agencia Veolia Environnement. Este indicador busca evaluar el estrés hídrico de la zona de origen del estudio y las modificaciones que se presentan en las fuentes de agua dulce tanto en la captación como también en el retorno del recurso a la naturaleza, proporcionando parámetros adicionales necesarios para toma de decisiones frente al mejoramiento interno de la gestión del agua. (Veoli Water, 2011)

Figura 24. Water Impact Index (WIIX) o Índice de Impacto Hídrico - Veolia Environnement

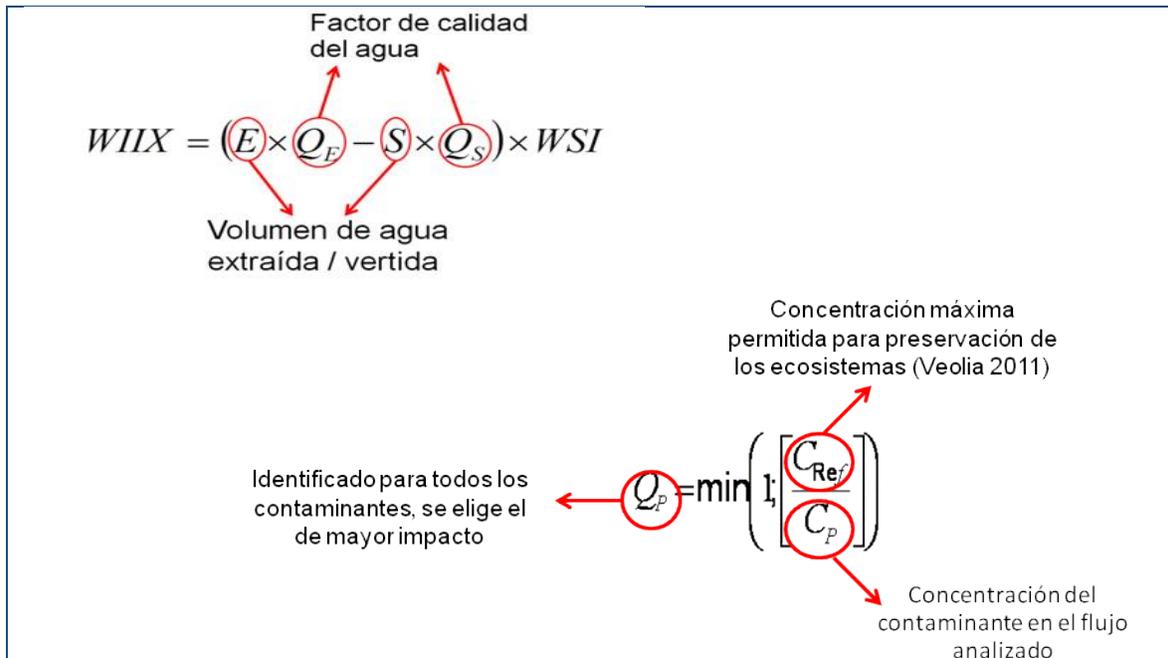


Fuente: Representación de los conceptos relacionados con el Índice de Impacto Hídrico. Adaptado de (Veolia, 2011).

Para poder calcular el Índice de Impacto Hídrico aplicaremos la fórmula descrita por Veolia Environnement en la Figura 25.

Esta fórmula tiene en cuenta dentro del proceso o actividad de análisis las siguientes variables: las entradas de agua dulce (E), el factor de calidad de la entrada de agua (Q_E), las salidas de agua (S), el factor de calidad de la salida de agua (Q_S) y el estrés hídrico de la zona (WSI); el estrés hídrico según el artículo de “Evaluación de los Impactos Ambientales del consumo de agua dulce en LCA” por Pfister Stephan, Annette Koehler y Stefanie Hellweg” lo define como la porción del total de extracciones de agua dulce anual a disponibilidad hidrológica es decir el deterioro de los recursos de agua dulce en términos de cantidad debido a que la demanda de agua supera la cantidad disponible durante un tiempo determinado o cuando la mala calidad del flujo restringe su uso.

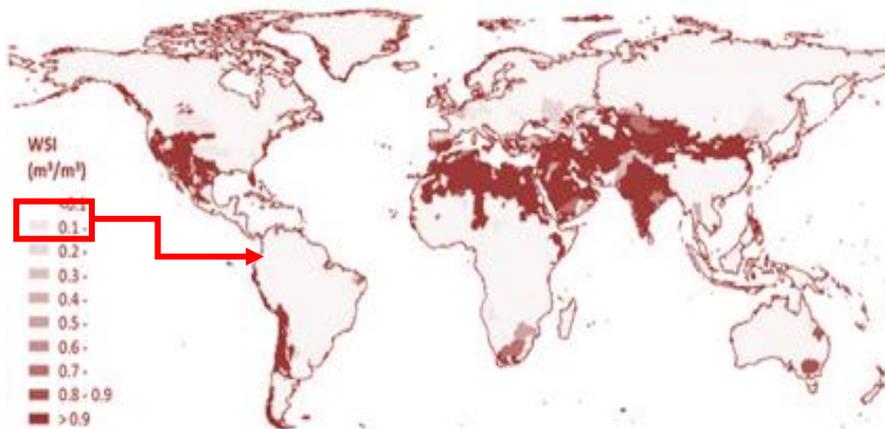
Figura 25. Fórmula índice de impacto hídrico (Water Impact Index – WIIX)



Fuente. Veolia Water North America - Water Impact Index - ACWI

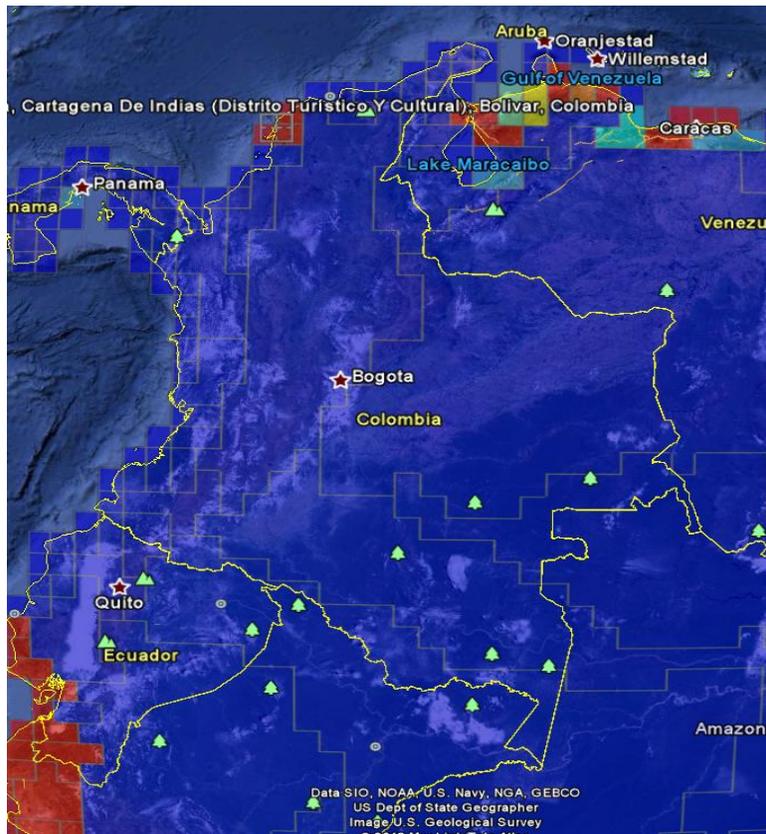
Este indicador se puede determinar mediante la herramienta diseñada en el 2005 de google earth ®. Figura 26 gracias a los estudios que se han desarrollado a nivel mundial sobre el comportamiento del agua.

Figura 26. Índice de estrés hídrico (Water Stress Index – WSI)



Fuente. Herramienta Google Earth Water Stress Index.

Figura 27. Índice de estrés hídrico Colombia (Water Stress Index – WSI)



Fuente: Herramienta Google Earth Water Stress Index.

Ejemplo de cálculo de WIIX

Una organización desea conocer el impacto de índice hídrica, para ello realiza una serie de estudios frente al comportamiento hídrico, para así lograr calcular este indicador.

Gracias a los estudios realizados la organización determinó que su caudal de entrada es de $1200\text{m}^3 / \text{mes}$ y generan $800\text{m}^3 / \text{mes}$ de agua al final de su vertido, el agua que utilizan es potable la cual es abastecida por el acueducto de la zona, para los vertimientos se logró identificar los siguientes contaminantes:

Zn = 3mg/L

NO = 10mg/L

Se analiza la normatividad colombiana y se determina que los límites permisibles de Zn = 0,078mg/L y para el NO₃ = 10mg/L

$$WIIX = (E * Q_e - S * Q_s)WIS$$

Dónde:

Q _P	$\min \left(1; \frac{C^{Ref}}{C_p} \right)$
E	1200 m ³ / mes
S	800 m ³ / mes
C _{p1}	Zn = 3mg/L
C _{p2}	NO ₃ = 10mg/L
WIS	0.1 m ³ / m ³ (Ver Figura 22, para Colombia)

Calculando los diferentes calores se tiene:

$$Q_{Pe(Zn)} = 1 \min \left(\frac{0.078}{0.078} \right) \left(\frac{mg}{L} \right) = \frac{1mg}{L}$$

$$Q_{Pe(NO_3^-)} = 1 \min \left(\frac{10}{10} \right) \left(\frac{mg}{L} \right) = \frac{1mg}{L}$$

$$Q_{PS(Zn)} = 1 \min \left(\frac{0.078}{3} \right) \left(\frac{mg}{L} \right) = \frac{0.026mg}{L}$$

$$Q_{PS(NO_3^-)} = 1 \min \left(\frac{10}{10} \right) \left(\frac{mg}{L} \right) = \frac{1mg}{L}$$

Se toma el dato con mayor concentración, en este caso sería NO₃, y se calcula:

$$WIIX_{NO_3^-} = \left(\frac{1200m^3}{mes} * \frac{1mg}{L} * \frac{1000L}{m^3} - \frac{800m^3}{mes} * \frac{1mg}{L} * \frac{1000L}{m^3} \right) * \frac{0.1m^3}{m^3}$$

$$WIIX_{NO_3^-} = \left(\frac{1200000mg}{mes} - \frac{800000mg}{mes} \right) * \frac{0.1m^3}{m^3}$$

$$WIIIX_{NO_3^-} = \left(\frac{400000mg}{mes} \right) * \frac{0.1m^3}{m^3}$$

$$WIIIX_{NO_3^-} = \frac{40000mg * m^3}{m^3} = \frac{40000eq}{m^3}$$

$$\frac{eq}{m^3} = (\text{análisis de toxicidad del agua})$$

Durante el mes del estudio, el sistema natural se vio afectado en 40000 eq / m³

9.4. Etapa 4. Formular e implementar opciones de respuesta

Como última etapa la guía propone formular e implementar opciones de respuesta cuyo objetivo sea reducir la huella hídrica de un bien o servicio, para ello es necesario formular todo tipo de estrategias por simple que sean que con lleven a reducir la huella hídrica, a continuación expondremos métodos prácticos y recursivos que permita reducir la huella hídrica sin dificultad y a un bajo costo, se debe tener en cuenta que dependiendo de la complejidad del estudio de huella hídrica será necesario la suma de esfuerzos para que se obtengan resultados.

A continuación se relacionan algunas recomendaciones publicadas por organizaciones e interesados en la reducción del consumo de agua, en ellas se podrá observar diferentes formas y pasos para lograr una reducción adecuada y eficaz en el consumo de agua por tipo de huella que queramos reducir.

Métodos reducción huella hídrica azul

Considerando que la Huella Azul se refiere al consumo de los recursos de agua superficial y subterránea a lo largo de la cadena de suministro, todo aquel esfuerzo o estrategia en reducir el consumo de esos recursos de agua superficial o subterránea reducirán la Huella Azul, los siguientes métodos contribuyen la reducción de la Huella Hídrica Azul.

Tabla 15. Estrategias de reducción higiene personal.

Lavado	<ol style="list-style-type: none">1. Mientras se lava, no se debe dejar correr el agua, se coloca un tapón en el sifón hasta que se llene. En caso tal de que se desee agua tibia, tampoco se debe dejar correr el agua mientras se va calentando; se debe colocar el tapón y comenzar a llenar la tina con el agua que al principio sale fría, cuando ya salga caliente, ambas temperaturas se mezclarán y el agua se templará, sin desperdicio.2. Usar un cepillo, esponja o las manos, para remover partículas de mugre al lavar, en lugar de un chorro de agua. No esperar que sólo la fuerza del agua haga el trabajo.3. Cerrar la llave del agua mientras se cepilla los dientes; de esta manera, una familia de 5 personas puede ahorrar hasta 40 litros de agua al día.4. Enjuagar y limpiar la navaja de afeitar en un recipiente no hacerlo con agua corriente.
Sanitarios	<ol style="list-style-type: none">1. Actualmente existen sanitarios de bajo consumo que emplean 6 litros por descarga. Anteriormente empleaban 16 litros se ahorran 10 litros en cada descarga.2. Vigilar periódicamente el estado de los herrajes, flotadores, válvula de admisión y la válvula de sellado. Para que no haya derrame por el tubo de escape o por la válvula.3. No descargar el sanitario para arrastrar papel higiénico, nunca se debe utilizar la tasa como “basurero líquido” para desechar cigarrillos, toallas femeninas, algodón, hisopos u otros objetos. Depositar estos en una caneca para la basura.4. Utilizar algún desodorante sólido o líquido para los sanitarios. Esto ayudará a acumular algunas descargas de orina, eliminando malos olores, antes de dejar correr el agua.

Ducha	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tomar duchas más breves y cerrarlas llaves mientras se enjabona o se aplica champú. 2. Aprovechar el agua que al principio sale fría, en lo que se calienta. Se puede acumularla fácilmente en una cubeta o balde y utilizarla después en el escusado, o para lavar, regar, etc. 3. Instala algunos de los dispositivos ahorradores de agua que existen en el mercado. Los hay de diferentes tipos: reductores o economizadores de flujo para regaderas, llaves diseñadas para bajar el consumo, mezcladoras para cocina, herrajes para escusados, aireadores, aditamentos para tuberías, etc.
--------------	---

Fuente. (Conagua - Comisión Nacional Del Agua, 2012)

Tabla 16. Estrategias de reducción en la cocina u hogar.

Lavadero	<ol style="list-style-type: none"> 1. No se debe permitir el goteo al cerrar las llaves, reemplazar los empaques cada vez que sea necesario. 2. Se debe remojar y enjabonar todo de una vez, sin tener la llave abierta, y sólo abrirla para el enjuague final. 3. Instalar un dispositivo “aireador”. Es un dispositivo barato y fácil de colocar y así ahorrar bastante agua. 4. Cuando llene un recipiente para calentar o hervir agua, no llenarlo más de lo necesario, se debe evitar que se riegue o evapore en vano. 5. Para hacer cubos de hielo, usar moldes o charolas de plástico flexible, lo que permitirá removerlos con facilidad sin tener que ponerlos bajo la llave del agua para despegarlos. 6. Dejar una botella con agua en el refrigerador, así se podrá tomar agua fría sin tener que dejar correr el agua de la llave hasta que salga fresca.
-----------------	--

Lavadero	<ol style="list-style-type: none"> 7. Al lavar verduras usar un recipiente lleno y lavar de una vez todas las que se van a limpiar. Si se lavan en el fregadero, coloca el tapón. 8. Usar poca agua para cocinar verduras, el sabor y el valor nutritivo se pierden junto con el agua. 9. No tirar el agua que se utilizó para cocer vegetales, con ella se puede preparar sopas. 10. No usar agua corriente para arrastrar cáscaras o residuos por el drenaje.
Lavadora	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tallar a mano las partes muy sucias para evitar dobles o triples lavados. 2. Usar la lavadora de ropa sólo con cargas completas, a menos que tenga ajustes para usar menos agua. 3. Si el agua del enjuague final no contiene detergente se puede utilizar para regar, lavar, etc.

Fuente. (Conagua - Comisión Nacional Del Agua, 2012)

Tabla 17. Estrategias de reducción en la exteriores.

Jardín	<ol style="list-style-type: none"> 1. Regar sólo cuando sea necesario. Se debe hacer muy temprano o después de que se ponga el sol, para evitar la evaporación. Regar justo de manera que el agua alcance a infiltrarse hasta las raíces de las plantas. Por un lado, los riegos demasiado ligeros se pierden rápidamente por evaporación, y por otro lado, riegos exagerados producen encharcamientos inútiles. 2. Reutilizar el agua de la tina en el riego del jardín, limpieza de pisos, etc. 3. Al regar con aspersores, ubicar y ajustar los grados de giro para no regar partes pavimentadas o que no lo necesiten.
---------------	---

Jardín	4. Emplear mangueras con boquilla ajustable y si las dejas solas usa un sistema de control por tiempo.
Tanques de almacenamiento y cisternas	Desinfectar y limpiar periódicamente. Normalmente no hay necesidad de vaciarlos para estas operaciones, tal como sucede con las albercas.
Tanques de almacenamiento.	Prácticamente nunca hay que cambiarles el agua; por más verde o turbia que esté, puede ser clarificada con equipo portátil y los productos químicos apropiados. En caso realmente necesario, aprovechar el agua para regar hasta vaciarla.
Automóviles	<ol style="list-style-type: none"> 1. Usar cubeta en lugar de manguera para no desperdiciar agua cada que limpias el auto. 2. Apoyar el desarrollo de servicios públicos de lavado que “reúsan” el agua. Esto quiere decir que utilizan agua tratada.

Fuente. (Conagua - Comisión Nacional Del Agua, 2012)

Tabla 18. Estrategias de reducción en la industria y equipos públicos.

Regaderas, sanitarios y servicio al personal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Instalar dispositivos ahorradores y muebles de bajo consumo en todos los servicios. 2. Instalar controles que interrumpan automáticamente el flujo del agua cuando no se hace uso de las instalaciones. 3. Mantener programas de monitoreo de los consumos de agua: instalar medidores en grupos de servicio y detecta causas, cuando los consumos rebasen lo normal.
---	--

<p>Usando el Agua Eficientemente Ideas para la Industria</p>	<p>Esta publicación hecha por la Agencia de Protección Ambiental de los estados Unidos señala las acciones que los gerentes de las instalaciones comerciales, al darse cuenta de que los programas del uso eficiente del agua son una manera efectiva de reducir los costos operacionales y el conservar agua significa también un ahorro en los costos de electricidad, el gas, los productos químicos y la descarga del agua residual,</p> <p>Prácticas Generales de Administración:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Designe un coordinador para el uso eficiente del agua. 2. Desarrolle una declaración de misión y un plan. Eduque a los empleados e involúcrelos en los esfuerzos de usar el agua eficientemente. 3. Informe a los distribuidores de productos químicos o contratistas de servicios (torres de enfriamiento, lavandería, lavaplatos, jardinería) que la eficiencia del uso del agua es una prioridad. <p>Cambios de Equipo, las instalaciones de plomería, los electrodomésticos y otros equipos de alta eficiencia producen ahorros substanciales en los costos del agua, el alcantarillado y la energía eléctrica:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Instale inodoros o tasas de alta eficiencia, o equipe los que ya existen con dispositivos que conserven el agua. 2. Instale aereadores en las llaves, y llaves especiales de bajo flujo en las duchas. 3. Instale boquillas de alta presión y bajo volumen en las lavadoras de rocío. 4. Instale filtros en línea en todas las cabeceras de rocío; inspeccione las boquillas regularmente para chequear cualquier obstrucción.
---	--

<p style="text-align: center;">Usando el Agua Eficientemente : Ideas para la Industria</p>	<ol style="list-style-type: none"> 5. Reemplace las mangueras de flujo de alto volumen de flujo con sistemas de limpieza de alta presión y de bajo volumen. 6. A medida que el equipo se desgasta, reemplácelo con modelos que conserven el agua. 7. Equipe las mangueras con boquillas de cierre automático que tengan un resorte. <p>Procedimientos de Operación y Mantenimiento, una pequeña inversión que puede resultar en grandes ahorros:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Encuentre y repare todos los escapes. 2. Identifique las aguas servidas que puedan ser reusadas e implemente las prácticas de reúso. 3. Algunas de las aguas servidas que se podrían re-utilizar son: los enjuagues finales de limpieza de los tanques, barriles, y fermentadores. 4. El agua de remojo y de enjuague de latas y botellas, el agua de flujo de enfriadoras, el retro lavado de filtros, el agua de pasteurización y esterilización, los enjuagues finales de los ciclos de lavado, el agua de purga de calentadores de agua — el agua resultante del proceso de descongelamiento del equipo de refrigeración, el agua de limpieza de equipo, el agua de lavado de pisos y canales 5. Use boquillas de vaporización para enfriar los productos. 6. Ajuste los sobreflujos de los sistemas de reciclaje controlando la tasa a la cual se agrega el agua de reposición: instale una válvula de control de flotador en la línea de reposición, cierre la línea de llenado durante la operación y mantenga tanques de sobrecarga para cada sistema con el fin de evitar los sobreflujos. 7. Cierre todos los flujos durante períodos cuando se interrumpe el proceso. Use válvulas de solenoide (eléctricas –
---	---

<p>Usando el Agua Eficientemente : Ideas para la Industria</p>	<p>automáticas) para detener el flujo del agua cuando se detiene la producción.</p> <p>8. Ajuste el flujo de rociadores y otras líneas para cumplir con los requisitos mínimos del proceso.</p>
<p>Ahorro y Consumo eficiente de Agua en la Empresa,</p>	<p>Esta publicación proviene del ministerio de Ambiente y desarrollo Sustentable de la Nación de Argentina, es una guía de actuación concebida como un conjunto ordenado de prácticas propuestas con la finalidad de introducir la gestión del consumo de agua en el centro de trabajo, es un documento de 46 páginas en el que podrá encontrar métodos detallados para reducir su consumo de agua en la empresa o industria.</p>

Fuente. (Conagua - Comisión Nacional Del Agua, 2012), (EPA), (Blas, 2010).

Tabla 19. Estrategias de reducción utilizados en la agricultura

<p>Captación y Almacenamiento de Agua Lluvia</p>	<p>La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación propone un documento técnico para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe, en esta publicación encontrara una presentación reorganizada y actualizada de información obtenida de experiencias, informes de eventos, estudios, manuales, boletines y cartillas, entre otras fuentes, con el fin de contribuir a dar a las técnicas de captación y almacenamiento de agua lluvia una divulgación más amplia y hacerlas más accesibles a un número mayor de personas, principalmente a técnicos de campo y pequeños agricultores.</p>
---	--

Fuente. (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, 2013)

Métodos reducción huella hídrica verde

Considerando la huella hídrica verde como indicador del uso humano del agua conocida como verde. El agua verde se refiere a la precipitación sobre la tierra que no provoque escorrentía o se sume a las aguas subterráneas, pero que se mantenga en el suelo o su superficie o la vegetación, en este orden de ideas es el volumen de agua de lluvia consumida durante un proceso de producción, particularmente relevante para los productos agrícolas y forestales, donde se refiere a la evapotranspiración del agua de lluvia total, así como al agua incorporada en la cosecha o la plantación arbórea, los siguientes métodos reducirán el consumo de huella verde:

Tabla 20. Estrategias de reducción en los exteriores.

1. Planea y selecciona bien las plantas o pastos y su arreglo previendo la economía del agua. Existe gran variedad de plantas nativas de cada lugar, incluso cactáceas, que requieren poca agua.
2. Reduce la evaporación del riego cubriendo el suelo del jardín con tierra de hojas.
3. En época de estiaje corta el pasto pero no lo barras, esto evita la evaporación.
4. No fertilices el pasto en exceso, mientras más crece, más agua demanda.
5. En regiones donde llueve poco, coloca una cubierta de plástico abajo de la tierra donde irá el pasto; esto se hace para reducir la infiltración.
6. No cortes el pasto muy al ras. La altura conveniente es entre 5 y 8 cm. para contribuir a que las raíces se mantengan sanas, permitir que el suelo tenga sombra natural y retener la humedad.
7. Mantén afiladas las hojas de la podadora, pues de lo contrario se arranca el pasto, se debilita y lo hace más susceptible a plagas y enfermedades; necesitarás más agua para reponerlo y conservarlo agradable.

Fuente. (Conagua - Comisión Nacional Del Agua, 2012).

Tabla 21. Estrategias de reducción en la agricultura.

<p>Evapotranspiración del Cultivo(FAO, 2006)</p>	<p>La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación propone una guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos denominada “Evapotranspiración del Cultivo”, en esta guía encontrara el procedimiento para calcular la evapotranspiración de referencia y la evapotranspiración del cultivo a partir de datos meteorológicos y coeficientes de cultivo, también encontrara varios procedimientos que pueden ser utilizados para realizar ajustes al coeficiente del cultivo y que toman en cuenta las desviaciones de las condiciones de desarrollo del cultivo con respecto a las condiciones estándar, tales como la presencia de estrés hídrico y salino, baja densidad de plantas, factores ambientales y las prácticas de manejo del cultivo.</p>
<p>Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal(Barber, 2005)</p>	<p>La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación presenta el boletín “Optimización de la Humedad del Suelo para La Producción Vegetal” en el que se encuentran descritos las perdidas por las malas prácticas del uso del agua para fines agrícolas y propone métodos prácticos de acuerdo a experiencias en el aprovechamiento de la humedad del suelo como alternativa a la escases del agua.</p>

Métodos reducción huella hídrica gris

Considerando que la Huella Hídrica Gris se define como el volumen de agua dulce que se requiere para asimilar la carga de contaminantes comparado con las concentraciones normales y las normas de calidad de agua, los métodos a continuación logran la reducción de la huella hídrica Gris al disminuir la carga de los contaminantes:

Todos los métodos relacionados con el tratamiento de aguas residuales disminuirán la carga contaminante de efluentes de agua y por consiguiente la Huella Hídrica Gris, a continuación enunciamos trabajos y artículos relacionados con el tratamiento de aguas residuales.

Tabla 22. Estrategias reducción huella hídrica gris.

Título	Descripción	Autor - descripción
<p>Recomendaciones para la elección de plantas de tratamiento de agua residual aptas para Bolivia</p>	<p>Dada la existencia de una diversidad de sistemas de tratamiento de aguas residuales, el presente libro tiene la finalidad de orientar en la toma de decisiones a profesionales del sector, así como a sus autoridades, proporcionando los elementos fundamentales, que permitan implementar estas tecnologías que involucren conceptos para que las obras sean sostenibles tanto técnica como económicamente, con la mayor preservación del medio ambiente</p>	<p>ANESAPA, a través de un experto CIM, y financiada y redactada por la Cooperación Técnica Alemana, ejecutada por la Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, a través del Programa de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario en Pequeñas y Medianas Ciudades (Wagner, 2010)</p>
<p>Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, Sección 2 Titulo E Tratamiento de Aguas Residuales (RAS 2000)</p>	<p>El propósito de este documento es fijar los criterios básicos y requisitos mínimos que deben reunir los diferentes procesos involucrados en la conceptualización, el diseño, la construcción, la supervisión técnica, la puesta en marcha, la operación y el mantenimiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales que se desarrollen en la República de Colombia, con el fin de garantizar su seguridad, durabilidad, funcionalidad, calidad, eficiencia, sostenibilidad y redundancia dentro de un nivel de complejidad determinado.</p>	

Fuente. Autores

GLOSARIO

Agua azul: Agua dulce superficial y/o subterránea, es decir, el agua de los lagos, ríos y acuíferos (Arjen Hoekstra, Ashok Chapagain, Maite Aldaya, Mesfin Mekonnen, 2009)

Agua verde: La precipitación en la tierra que no forma parte de la escorrentía o recarga las aguas subterráneas, sino que se almacena en el suelo o se queda temporalmente en la parte superior del suelo o la vegetación (Falkenmark, 2013). Finalmente, esta parte de la precipitación se evapora o es transpirada por las plantas. El agua verde puede ser productiva para el crecimiento del cultivo (pero no toda el agua verde puede ser absorbida por los cultivos, porque siempre habrá la evaporación del suelo y porque no todas las épocas del año o zonas son adecuadas para el crecimiento del cultivo), (Arjen Hoekstra, Ashok Chapagain, Maite Aldaya, Mesfin Mekonnen, 2009).

El consumo: se refiere a la pérdida de agua de la masa de agua disponible del suelo de la superficie en un área de captación. Las pérdidas se producen cuando el agua se evapora, vuelve a otra zona de captación o al mar o se incorporan al producto (Arjen Hoekstra, Ashok Chapagain, Maite Aldaya, Mesfin Mekonnen, 2009).

Exportación de agua virtual: La exportación de agua virtual de un área geográficamente delimitada (por ejemplo, una nación o cuenca) es el volumen de agua virtual relacionados con la exportación de bienes o servicios de la zona, Es el volumen total de agua dulce consumida o contaminada para producir los productos de exportación (Arjen Hoekstra, Ashok Chapagain, Maite Aldaya, Mesfin Mekonnen, 2009).

Extracción de agua: El volumen de agua dulce extraída de aguas superficiales o subterráneas. Parte del agua dulce extraída se evapora, otra parte regresa a la cuenca donde fue extraída y otra parte puede regresar a otra cuenca o al mar (Arjen Hoekstra, Ashok Chapagain, Maite Aldaya, Mesfin Mekonnen, 2009).

Huella hídrica “clásica”: La huella hídrica es un indicador de uso de agua dulce que considera tanto el uso de agua directo como indirecto de un consumidor o productor. La huella hídrica de una persona, comunidad o empresa se define como el volumen total de agua dulce que se utiliza para producir los bienes y servicios consumidos por el individuo o la comunidad o producidos por la empresa. El uso del agua se mide en términos de volumen de agua consumida (evaporada) y/o contaminada por unidad de tiempo. La huella hídrica

puede ser calculada para un determinado producto, para un grupo definido de consumidores (por ejemplo, un individuo, familia, pueblo, ciudad, provincia, estado o nación) o productores (por ejemplo, un organismo público, empresa privada o sector económico). La huella hídrica es un indicador geográfico explícito, que no sólo muestra los volúmenes de uso del agua y la contaminación, sino también las ubicaciones (Arjen Hoekstra, Ashok Chapagain, Maite Aldaya, Mesfin Mekonnen, 2009).

Huella hídrica azul: El volumen de agua superficial o subterránea consumido como resultado de la producción de un bien o servicio. Consumo se refiere al volumen de agua dulce utilizada y evaporada o incorporada en un producto. También incluye el agua extraída de fuentes subterráneas o superficiales en una cuenca y devuelta a otra cuenca o al mar. Es la cantidad de agua extraída del suelo o de agua superficial que no regresa a la cuenca donde fue extraída (Arjen Hoekstra, Ashok Chapagain, Maite Aldaya, Mesfin Mekonnen, 2009).

Huella hídrica en un área geográficamente delimitada: Se define como el consumo total de agua dulce y la contaminación dentro de los límites de la zona. El área puede ser por ejemplo una unidad hidrológica, como una cuenca o una unidad administrativa, como un municipio, provincia, estado o nación (Arjen Hoekstra, Ashok Chapagain, Maite Aldaya, Mesfin Mekonnen, 2009).

Huella hídrica extendida: Es un conjunto de indicadores incluyendo por una parte la huella hídrica “clásica”, y por otra otros indicadores económicos, sociales y ambientales que vienen a reforzar esta última para lograr un análisis más profundo (elaboración propia), (Arjen Hoekstra, Ashok Chapagain, Maite Aldaya, Mesfin Mekonnen, 2009).

Huella hídrica verde: Volumen de agua de lluvia consumido durante el proceso de producción. Esto es particularmente relevante para los productos agrícolas y forestales (productos a base de vegetales o madera). Donde se refiere a la evapotranspiración total del agua de lluvia (de los campos y plantaciones), más el agua incorporada en el cultivo o de madera (Arjen Hoekstra, Ashok Chapagain, Maite Aldaya, Mesfin Mekonnen, 2009).

Importación de agua Virtual: La importación de agua virtual en un área geográficamente delimitada (por ejemplo, una nación o cuenca) es el volumen de agua virtual asociado a la importación de bienes o servicios en el área. Es el volumen total de agua dulce utilizada (en las zonas de exportación) para producir los productos. Desde la perspectiva del área de

importación, esta agua puede considerarse como una fuente adicional de agua parte de los recursos hídricos disponibles en la misma área, (Begazo, 2009)

Precipitación efectiva: La parte de la precipitación total que es retenida por el suelo de manera que esté disponible para la producción de cultivos (Berta Martin, 2013).

Productividad aparente del agua: El valor económico de los productos producidos por unidad de agua consumida (Alberto Garrido, Enrique palacios, Javier Calatrava, Jesus Chavez, Adolfo Exebio, 2014).

Requerimientos ambientales: La cantidad, calidad y ritmo temporal de los flujos de agua necesarios para mantener los ecosistemas de agua dulce y estuarios y los medios de vida humana y el bienestar que dependen de estos ecosistemas (BRISBANE, 2007).

Uso: La acción de emplear una cierta cantidad de agua a un fin determinado. No se trata de una magnitud volumétrica. Según la perspectiva planteada, el volumen de agua movilizadada asociado a un uso es la extracción o el consumo de dicho uso (Arjen Hoekstra, Ashok Chapagain, Maite Aldaya, Mesfin Mekonnen, 2009)

BIBLIOGRAFÍA

- Arjen Hoeskstra, A. C. (2010). Manual Water Footprint Network. Suiza: Water Foot Print Network.
- Ayala, J. (2014). FISICA PREUNIVERSITARIA LA ENCICLOPEDIA. RUBIÑOS 2014.
- Barber, F. S. (2005). Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal. Roma: FAO.
- Básico., D. d. (2000). Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, Sección 2 Título E Tratamiento de Aguas Residuales. Bogotá.: Ministerio de Desarrollo Económico.
- Begazo, J. D. (2009). EL COMERCIO DEL AGUA VIRTUAL. GOTA A GOTA EL AGUA SE AGOTA...
Revista de investigación de la facultad de ciencias administrativas .
- Berta Martin, M. G. (2013). LA EVALUACION DE LOS SERVICIOS DE LOS ECOSISTEMAS SUMINISTRADOS POR LAS CUENCAS HIDROGRAFICAS DEL SUR ESTE SEMIARIDO ANDALUZ. Revista Eubacteria .
- Blas, A. m. (Abril de 2010). <http://www.ambiente.gov.ar/>. Obtenido de <http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/trabajo/file/delegados%20ambientales/Guia-AGUA.pdf>
- Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia con la cooperación de Suizagua Colombia. (2013). GUIA METODOLOGICA DE APLICACION DE HUELLA HIDRICA EN CUENCA. Medellín: Suizagua Colombia.
- Conagua - Comisión Nacional Del Agua. (2012). Conagua. Recuperado el 4 de Diciembre de 2014, de http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/Recomendaciones_para_ahorrar_agua.pdf
- COSUDE. (2013). ¿COMO SE CALCULA LA HUELLA HIDRICA EMPRESARIAL? Bogotá: Suizagua Colombia.
- COSUDE. (11 de Marzo de 2014). CAPACITACION HUELLA HIDRICA. Bogotá, Cundinamarca, Colombia.
- EPA. (s.f.). http://www.epa.gov/WaterSense/docs/industry_sp508.pdf. Obtenido de Usando el agua eficiente.
- FAO. (2013). AFRONTAR LA ESCASEZ DE AGUA. ROMA: FAO.
- FAO. (2006). EVAPOTRASPIRACION DEL CULTIVO. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura.
- Gisbert, A. P. (2010). INGENIERIA DEL MEDIO AMBIENTE. San vicente - España: Club Universitario.

Google. (2005). Google Earth. Recuperado el 2014, de GOOGLE EARTH WATER STRESS INDEX: http://www.ifu.ethz.ch/staff/stpfiste/WSI_point.kmz

Ing Abelardo Villavicencio, A. v. (2010). METODOS DE AFORO DE CAUDAL. Chile: INIA - URURI.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). POLITICA NACIONAL DE LA GESTION INTEGRAL DEL RECURSO HIDRICO . Bogota.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. (2013). CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA. Santiago Chile: FAO.

por Stephan Pfister, A. K. (s.f.). EVALUACION DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DEL CONSUMO DE AGUA DULCE . LCA .

Red de Monitoreo de Calidad del Aire. (2012). INFORME ANUAL DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTA. Bogota: Secretaria Distrital de Medio Ambiente.

SENAMHI, J. J. (2011). BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL. Lima: Global Water Partnership.

Velázquez, E. (2009). AGUA VIRTUAL, HUELLA HIDRICA Y EL BINOMIO DEL AGUA-ENERGIA: REPENSANDO LOS CONCEPTOS. Sevilla: Universidad Pablo de Olavide .

Veoli Water. (2011). THE WATER IMPACT INDEX AND THE FIRDS CARBON-WATER ANALYSIS OF A MAJOR METROPOLITAN WATER CYCLE. Veolia Water.

Veolia Water. (2011). WATER IMPACT INDEX . EEUU: VEOLIA.

Wagner, W. (2010). Recomendaciones para la Elección de platas de Tratamiento de Agua Residual Aptas para Bolivia. La paz Bolivia: ANESAPA.

WWAP. (2014). INFORME DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL DESARROLLO DE LOS RECURSOS HIDRICOS 2014. Italia: Un Water.

ISO (2014). ISO 14046 de 2014 para los Principios y requerimientos para el cálculo de la huella hídrica. Suiza.

Suizagua Colombia (2012), *II Seminario Internacional de Huella Hídrica* . Medellin-Colombia.

Begazo, J. D. (2009). ael comercio del agua virtual. GOTA POR GOTA EL AGUA SE AGOTA... *Rev. de Investigación de la Fac. de Ciencias Administrativas, UNMSM (Vol. 12, Nº 23, Lima)*.

Berta Martin, M. G. (2013). La evaluación de los servicios de los ecosistemas suministrados por las cuencas hidrográficas del sur este semiárido andaluz. *Revista Eubacteria*.

BRISBANE, D. D. (2007). *Declaración de Brisbane*, BRISBANE.

Alberto Garrido, Enrique palacios, Javier Calatrava, Jesús Chávez, Adolfo Exebio. (2014). *La Importancia del Valor, Costo y Precio de los Recursos Hídricos en su Gestión*. Biblioteca virtual FODEPAL.

	GUIA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

ANEXO 2. RESULTADOS HUELLA HIDRICA TOPTEx S.A.

Con el diseño de la guía final, se logró dar un mayor entendimiento frente a los conceptos, métodos y cálculos de la huella hídrica, gracias a ello los sectores de estudio desarrollaron satisfactoria aplicación de la huella hídrica en sus actividades.

A continuación se darán a conocer los resultados obtenidos por la aplicación de la guía desarrollada por el departamento ambiental de la industria textil TOPTEx S.A. durante un periodo de cuatro meses.

1. OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.1. OBJETIVO GENERAL

Calcular la huella hídrica directa de la línea de producción teñido por batch, con el fin de evaluar el impacto hídrico relacionado de este durante el segundo periodo del 2014, los resultados servirán como medio para mejorar la gestión hídrica de la organización.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Medir de la huella hídrica de la producción teñido por batch durante los meses de estudio.
- Calcular el índice de impacto hídrico del proceso de teñido por bach durante los meses de estudio.
- Proponer acciones de responsabilidad social y ambiental relacionada con la gestión del agua en áreas de influencia de la empresa.

2. ALCANCE DEL ESTUDIO

Alcance	Línea de producción Teñido por batch
Unidad Funcional	La unidad funcional es la operación de la máquina de teñido por batch de TOPTEx S.A., en la planta ubicada en Tocancipá durante medio año.

Fuente. Ingeniera Johana Guamán- Líder proyecto huella hídrica TOPTEx S.A

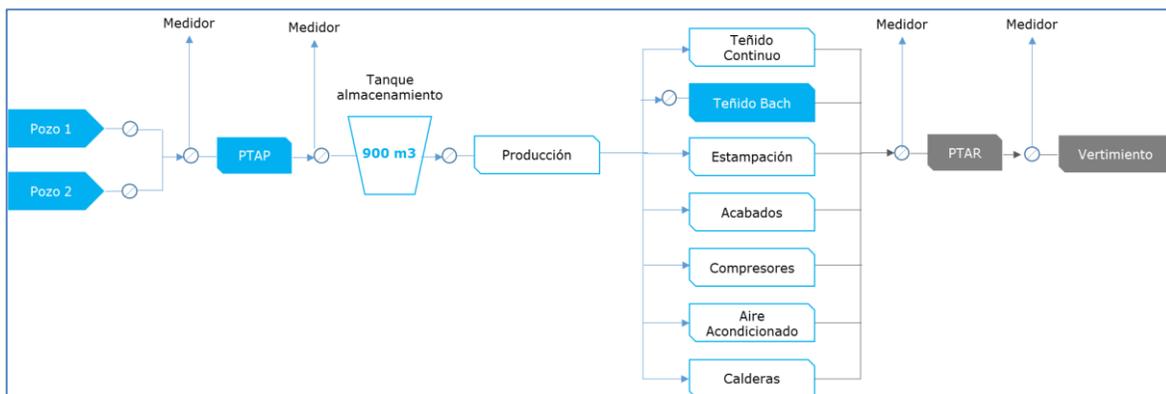
	GUIA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

3. INVENTARIO DE AGUAS

3.1. DISTRIBUCIÓN DE AGUA TOPTEX S.A.

El esquema de la distribución de agua de la planta se ilustra en figura 1, se realiza el análisis de los componentes de captación, tratamientos de agua, proceso de análisis, vertimiento final y puntos de medición.

Figura 1. Distribución de agua de planta TOPTEX S.A. en Tocancipá



Fuente. Ingeniera Johana Guamán- Líder proyecto huella hídrica TOPTEX S.A

3.2. INFORMACIÓN PARA EL INVENTARIO

Para el inventario de usos de agua, la información fue recolectada por medio del registro de contadores volumétricos durante los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre del 2014, esta se presenta en la Tabla 1; en ella se registran los consumos de los usos directos de agua de la planta en su extracción de agua por fuente, los consumos totales de la planta, los consumos de agua del proceso del teñido batch, el tratamiento de agua potable como también residual y los vertimientos finales de la industria.

	GUIA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Tabla 1. Información del inventario de usos de agua.

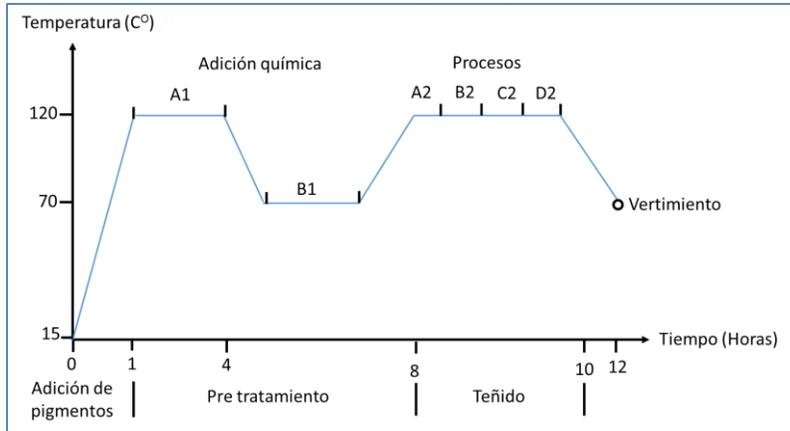
Inventario de aguas	Agosto	Unidad	Septiembre	Unidad	Octubre	Unidad	Noviembre	Unidad
Entradas								
Total agua potable entrada edificio (Captada agua subterránea)	28064	m3	27497	m3	28220	m3	28176	m3
Agua entrada PTAP	24696	m3	24197	m3	24834	m3	24883	m3
Entrada de agua proceso productivo teñido por batch	315	m3	475	m3	368	m3	399	m3
Producción varias tipos de telas	3693	und	3835	und	3769	und	3803	und
SALIDAS								
Agua PTAR	18803	m3	18423	m3	18907	m3	18945	m3
Vertimiento	18803	m3	18423	m3	18907	m3	18945	m3

Fuente. Ingeniera Johana Guamán- Líder proyecto huella hídrica TOPTEX S.A

3.3. ANÁLISIS DE CONSUMOS DE AGUA

Para lograr identificar los consumos de agua generados por evaporación de la línea de producción de teñido por bach, se hizo un análisis del comportamiento energético de la máquina, determinando las temperaturas máximas y mínimas a la que expone el agua en el proceso productivo, los resultados se presentan en la figura 2.

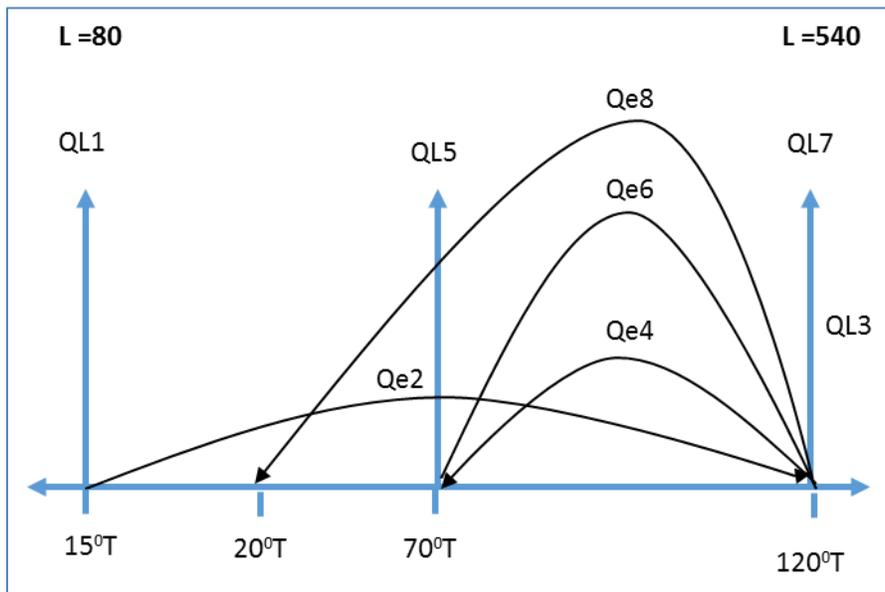
Figura 2. Rendimiento energético proceso teñido bach



Fuente. Ingeniera Johana Guamán- Líder proyecto huella hídrica TOPTEx S.A

Para cuantificar los consumos de agua por evaporación, se incurrió aplicar el método 4 de la etapa 2 de la guía introductoria de la huella hídrica, a continuación se presenta la figura 3, en donde se expone en función de temperatura los calores latentes y específicos a los que la máquina radica dentro de toda su operación.

Figura 3. Calores latentes y específicos del proceso teñidos por bach



Fuente. Ingeniera Johana Guamán- Líder proyecto huella hídrica TOPTEx S.A

	GUIA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Los resultados obtenidos en el cálculo de consumo de agua por evaporación bajo los estándares de cambio de estado se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Cantidad aproximada de agua evaporada mensual teñido por bach.

CANTIDAD APROXIMADA DE AGUA COSUMIDA POR EVAPORACIÓN				
MES	CANTIDAD MENSUAL		CANTIDAD DIARIA	
Agosto	80	m ³	2,6	m ³
Septiembre	121	m ³	4	m ³
Octubre	94	m ³	3,1	m ³
Noviembre	102	m ³	3,4	m ³

Fuente. Ingeniera Johana Guamán- Líder proyecto huella hídrica TOPTEx S.A.

4. RESULTADOS

En esta sección se analiza los resultados obtenidos en el cálculo de la huella hídrica directa y el indicador de impacto estrés hídrico (WIIX), del sistema de teñido por bach, esto se presenta en las siguientes gráficas.

4.1. HUELLA HÍDRICA AZUL

La medición de huella hídrica azul se logró mediante los cálculos propuestos por la guía introductoria de la huella hídrica y los datos presentados en la tabla 4. Lo obtenido se presenta a continuación:

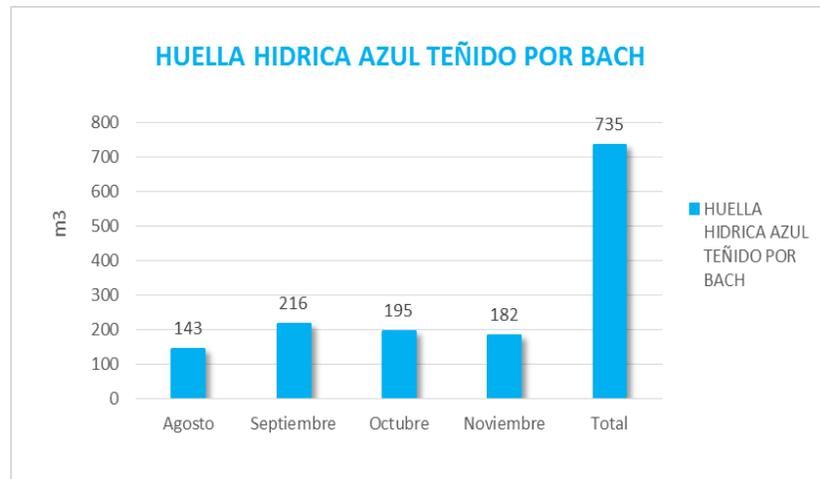
Tabla 2. Seguimiento huella hídrica azul proceso teñido por bach TOPTEx S.A.

HUELLA HIDRICA AZUL TEÑIDO POR BACH					
Estudio \ Mes	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Total
Proceso teñido por Batch (m3)	143	216	195	182	735

Fuente. Ingeniera Johana Guamán- Líder proyecto huella hídrica TOPTEx S.A.

	GUIA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Grafica 1. Huella hídrica azul directa proceso teñido por bach.



Fuente: Ingeniera Johana Guamán- Líder proyecto huella hídrica TOPTEx S.A.

Con lo anterior se logró identificar un consumo total de agua directa de 735m³ de agua para la fabricación de 15100 telas en el proceso de teñido por bach durante el periodo de análisis de cuatro meses, concluyendo un consumo promedio por unidad de fabricación de tela de 10m³.

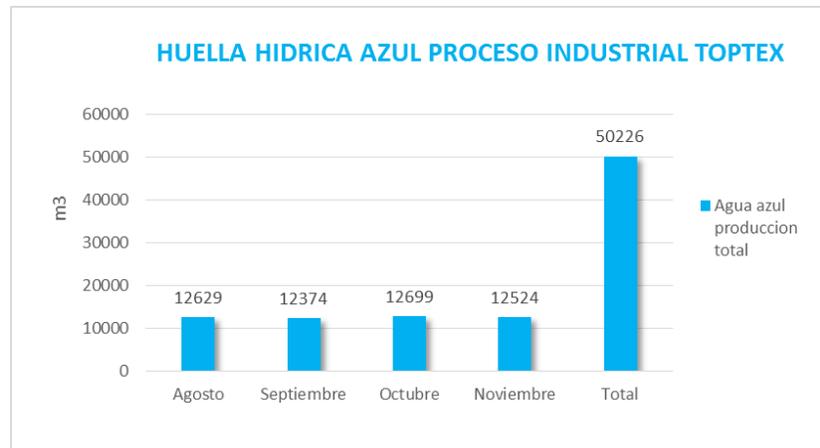
Tabla 3. Seguimiento huella hídrica azul total TOPTEx S.A.

HUELLA HIDRICA AZUL TEÑIDO POR BACH					
Estudio \ Mes	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Total
Agua azul produccion total (m3)	12629	12374	12699	12524	50226

Fuente: Ingeniera Johana Guamán- Líder proyecto huella hídrica TOPTEx S.A.

	GUIA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Grafica 2. Huella hídrica azul directa proceso industrial TOPTEx S.A.



Fuente: Ingeniera Johana Guamán- Líder proyecto huella hídrica TOPTEx S.A.

4.2. HUELLA HÍDRICA GRIS

Para el cálculo de la huella hídrica gris se tuvo en cuenta las siguientes variables de calidad del agua presentadas en la tabla 4.

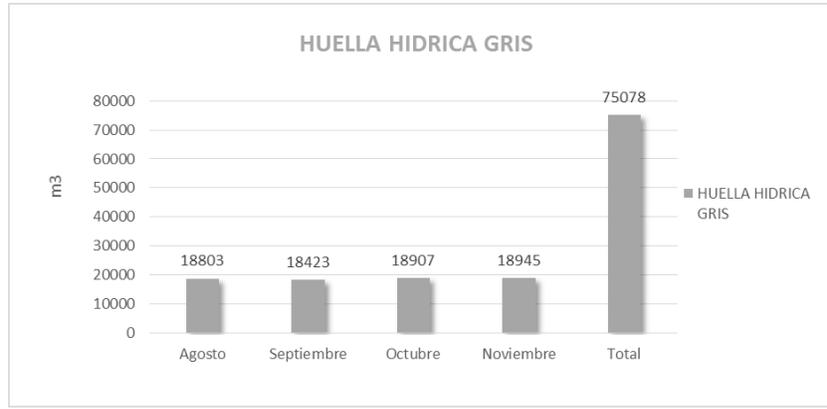
Tabla 4. Datos de calidad del agua proceso industrial TOPTEx S.A.

HUELLA HIDRICA GRIS					
Estudio \ Mes	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Total
Calculo Agua Gris (Litros)	18802880	18422990	18907400	18944920	75078190
Calculo Agua Gris (m3)	18803	18423	18907	18945	75078
Concentración Salida (Hg mg/l)	0,002	0,002	0,002	0,002	
Res 1074/97 (Hg mg/l)	0,002	0,002	0,002	0,002	
Concetracion Entrada (Hg mg/l)	0	0	0	0	
Entrada agua (Litros)	28064000	27497000	28220000	28176	
Salida (Litros)	18802880	18422990	18907400	18944920	

Fuente: Ingeniera Johana Guamán- Líder proyecto huella hídrica TOPTEx S.A.

	GUIA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Grafica 3. Huella hídrica gris directa proceso industrial TOPTEx S.A.



Fuente: Ingeniera Johana Guamán- Líder proyecto huella hídrica TOPTEx S.A.

Con lo anterior se pudo identificar que para la cantidad de concentración de mercurio (Hg), vertida por la organización durante los cuatro meses de estudio se requirieron 75078 m³ de agua para asimilar el contaminante en el medio hídrico natural.

4.3. HUELLA HÍDRICA TOTAL.

Esta sección presentara los resultados obtenidos en el cálculo de la huella hídrica directa de la captación y vertimientos de agua total de la industria TOPTEx S.A.

Tabla 5. Seguimiento huella hídrica total TOPTEx S.A.

Huella hidrica TOTAL TOPTEx				
Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Total
31432	30797	31606	31469	125304

Fuente: Ingeniera Johana Guamán- Líder proyecto huella hídrica TOPTEx S.A.

	GUIA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Gráfica 4. Huella hídrica total directa producción TOPTEx S.A.



Fuente: Ingeniera Johana Guamán- Líder proyecto huella hídrica TOPTEx S.A.

Basado en los resultados totales del cálculo de la huella hídrica en la industria TOPTEx S.A. se puede dar un dato inicial de consumo de la fabricación y pigmentación de tela de 125304 m³ para cuatro meses de proceso.

4.4. ÍNDICE DE IMPACTO HÍDRICO (WIIX)

En esta sección se presenta los resultados obtenidos en el cálculo WIIX del parámetro analizado en el estudio mercurio (Hg), Esta se presenta en la gráfica 5.

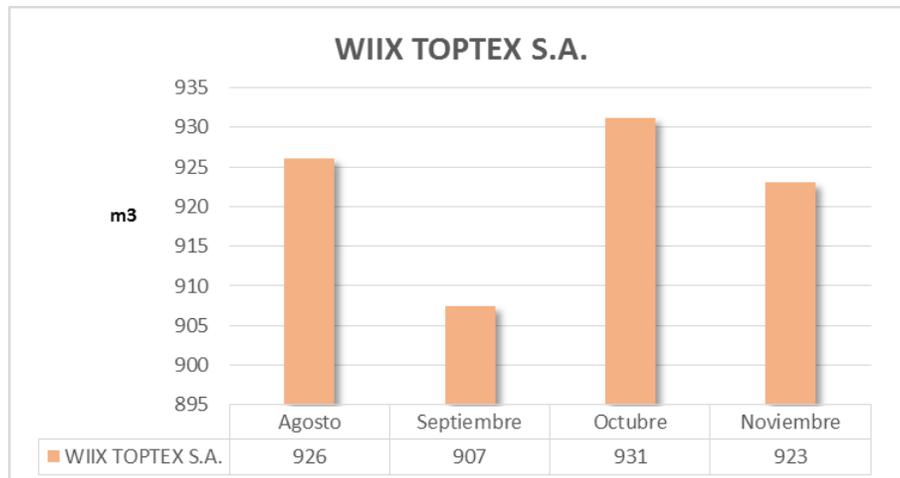
	GUIA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Tabla 6. Seguimiento índice de impacto hídrico WIIX TOPTEx S.A.

TOPTEx S.A.					
UND	Estudio \ Mes	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
cps	Concentración Salida (Hg mg/l)	0,002	0,002	0,002	0,002
cr	Res 1074/97 (Hg mg/l)	0,02	0,02	0,02	0,02
cpe	Concetracion Entrada (Hg mg/l)	0,001	0,001	0,001	0,001
E	Entrada agua (Litros)	28064000	27497000	28220000	28176000
S	Salida (Litros)	18802880	18422990	18907400	18944920
	QPE	1	1	1	1
	QPS	1	1	1	1
	DBO Litros WIIX	926112	907401	931260	923108
	DBO m3 WIIX	926	907	931	923

Fuente: Ingeniera Johana Guamán- Líder proyecto huella hídrica TOPTEx S.A.

Grafica 5. Índice de Impacto Hídrico (WIIX) TOPTEx S.A.



Fuente: Ingeniera Johana Guamán- Líder proyecto huella hídrica TOPTEx S.A.

Los resultados obtenidos demuestran una afectación al recurso hídrico aproximado a 920 m³ de agua por parte del mercurio (Hg) durante el periodo de análisis, lo que asume una afectación diaria de 31 m³ de agua del sistema natural.

	GUIA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

ANEXO 3. RESULTADOS HUELLA HIDRICA INSTITUCIÓN EDUCATIVA DISTRITAL TOMAS RUEDA VARGAS

Con el diseño de la guía final, se logró dar un mayor entendimiento frente a los conceptos, métodos y cálculos de la huella hídrica, gracias a ello los sectores de estudio desarrollaron satisfactoria aplicación de la huella hídrica en sus actividades.

A continuación se darán a conocer los resultados obtenidos por la aplicación de la guía por los el grupo ambiental de la Institución Educativa Distrital Tomas Rueda Vargas (TRV).

5. OBJETIVOS DEL PROYECTO

5.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la huella hídrica directa del uso de baños del Colegio Tomas Rueda Vargas sede B con el fin de mejorar la gestión hídrica interna.

5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Medir de la Huella Hídrica directa de los baños del colegio.
- Calcular el índice de impacto hídrico de los consumos de agua de los baños del colegio sede B.
- Desarrollar Conciencia en los estudiantes con charlas, capacitaciones y exposiciones del daño que se presenta por consumos excesivos en la institución.

	GUIA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

6. ALCANCE DEL ESTUDIO

Tabla1. Unidad Funcional colegio TRV.

Alcance	Baños institucionales.
Unidad Funcional	La unidad funcional es la operación de los baños de la sede B de la institución durante medio año

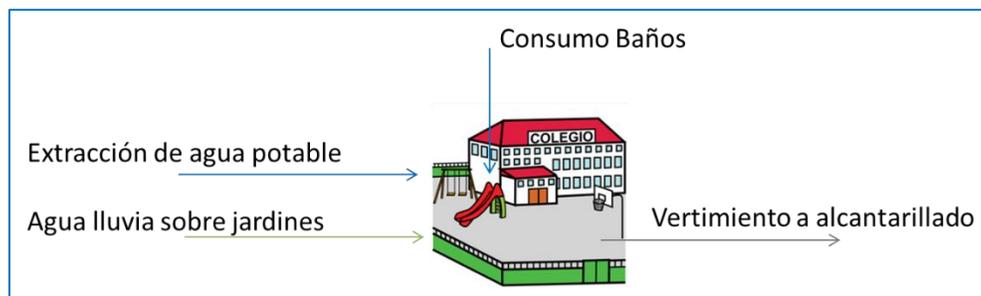
Fuente: Grupo del recurso hídrico Tomas Rueda Vargas (TRV).

7. INVENTARIO DE AGUAS

7.1. DISTRIBUCIÓN DE AGUA INSTITUCIÓN EDUCATIVA DISTRITAL TOMAS RUEDA VARGAS

Se diseñó un esquema que permitió identificar las entradas, consumos y salidas de agua de la institución educativa, esta se presenta en la figura 4.

Figura 1. Distribución de agua Colegio Distrital Tomas Rueda Vargas.



Fuente: Grupo del recurso hídrico Tomas Rueda Vargas (TRV).

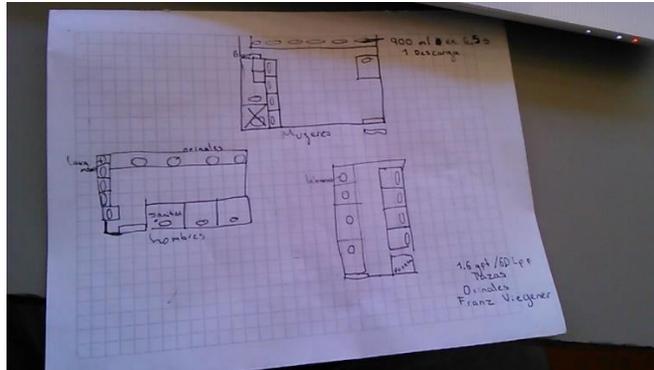
7.2. INFORMACIÓN PARA EL INVENTARIO

Para el inventario de usos de agua, la información fue recolectada por medio de los estudiantes en aforos, cálculos estadísticos e información proporcionada por la institución durante los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre del 2014 en la jornada de la mañana sede B, para lograr determinar las variables del inventario de aguas los estudiantes realizaron la siguiente investigación:

	GUIA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

- Se Identificó las instalaciones sanitarias para el uso de la comunidad educativa de la Jornada Mañana de la sede B del Colegio Distrital Tomas Rueda Vargas, fotografía 1.

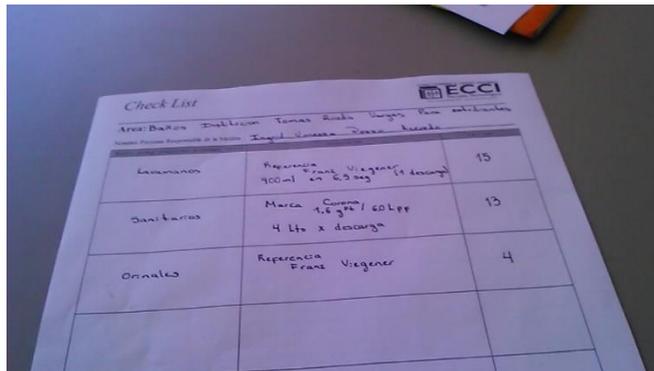
Fotografía 1. Análisis de las instalaciones sanitarias del colegio.



Fuente: Grupo del recurso hídrico Tomas Rueda Vargas (TRV).

- Se realizó un conteo de la cantidad de unidades sanitarias (cisternas, orinales y lavamanos) por baño, fotografía 2.

Fotografía 2. Conteo de la cantidad de unidades sanitarias.



Fuente: Grupo del recurso hídrico Tomas Rueda Vargas (TRV).

- Se investigó sobre las especificaciones de cada unidad sanitaria que proporcione información volumétrica sobre el consumo por uso.
- Para unidades sanitarias de la cual no se encontrara o se pudiese investigar sobre sus especificaciones de consumo se procedió a aforar, estos aforos se

	GUIA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

realizaron con probeta y cronometro siguiendo las instrucciones del método 2 de la Guía Introductoria de la Huella Hídrica, tabla 2.

Tabla 2. Aforos de los sistemas sanitarios.

Aspecto	Cantidad	Unidad
Lavamanos	1	litro*7 segundos
Sanitarios	4	litro*descarga
Orinales	2	litro*descarga

Fuente: Grupo del recurso hídrico Tomas Rueda Vargas (TRV).

- Se estimó la calidad del agua de los vertimientos, considerando la dificultad en el acceso a muestras de agua y cantidad en los vertimientos, se tomó un dato hipotético basado en las características del uso del agua de estos baños con patrón similar del cual se pudiese obtener un dato exacto sobre las concentraciones contaminantes de los vertimientos, tabla 3.

Tabla 3. Datos de calidad del agua del colegio TRV

Estudio \ Mes	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Concentración Salida (DB05 mg/litros)	7000	7000	7000	7000
Resolución 1074/97 (DB05 mg/litros)	1000	1000	1000	1000
Concetracion Entrada (DB05 mg/litros)	0	0	0	0
Entrada agua (Litros)	17001	18420	15669	6140
Salida agua (Litros)	11334	12280	10446	5117

Fuente: Grupo del recurso hídrico Tomas Rueda Vargas (TRV).

- En el caso del agua verde no se determinó debido a que no está en el alcance de estudio.
- Para el cálculo del consumo mensual de las instalaciones sanitarias para el uso de la comunidad educativa de la Jornada Mañana de la sede B del Colegio Distrital Tomas Rueda Vargas, los estudiantes realizaron inspecciones en las horas de mayor demanda de estas instalaciones por día durante los 4 meses,

	GUIA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

los datos obtenidos para este cálculo fue el número de estudiantes que ingresaban al baño y la unidad o unidades sanitarias que usaban en su ingreso y de esta manera determinar el consumo aproximado de los baños en la jornada mañana ,tabla 4.

Tabla 4. Información del inventario de usos de agua.

Inventario de aguas	Agosto	Unidad	Septiembre	Unidad	Octubre	Unidad	Noviembre	Unidad
Entradas								
Baños institucional	17001	Litros	18420	Litros	15669	Litros	6140	Litros
Estudiantes (Jornada tarde)	420	Persona	420	Persona	420	Persona	420	Persona
Salidas								
Vertimiento	11334	Litros	12280	Litros	10446	Litros	5117	Litros

Fuente: Grupo del recurso hídrico Tomas Rueda Vargas (TRV).

8. RESULTADOS

En esta sección se analiza los resultados obtenidos en el cálculo de la huella hídrica directa y el indicador de impacto estrés hídrico (WIIX), del sistema de teñido por bach, esto se presenta en las siguientes gráficas.

8.1. HUELLA HÍDRICA AZUL

La medición de huella hídrica azul se logró mediante los cálculos propuestos por la guía introductoria de la huella hídrica y los datos presentados en la tabla4.

	GUIA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

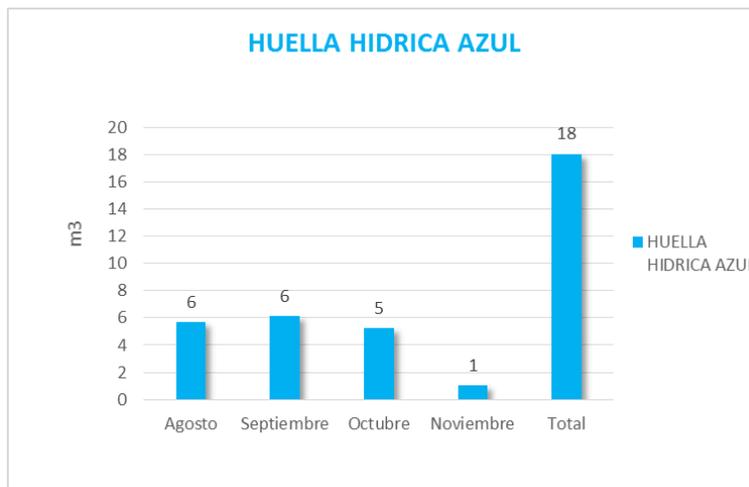
Lo obtenido se presenta a continuación:

Tabla 5. Seguimiento huella hídrica azul baños colegio TRV.

HUELLA HIDRICA AZUL					
Estudio \ Mes	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Total
Baños colegio Total agua (litros)	5667	6140	5223	1023	18053
Baños colegio Total agua (m3)	6	6	5	1	18

Fuente: Grupo del recurso hídrico Tomas Rueda Vargas (TRV).

Grafica 1. Huella hídrica azul directa baños colegio TRV.



Fuente: Grupo del recurso hídrico Tomas Rueda Vargas (TRV).

Con lo anterior se logró identificar un consumo total de agua directa de los baños del colegio, este es de aproximadamente 18 m³ durante los cuatro meses estudio, según el análisis realizado en esta sección se llegó a concluir que de los 420 estudiantes que pertenecen al colegio, el consumo aproximado mensual por individuo es de 13 litros y el consumo diario es de 2 litros.

8.2. HUELLA HÍDRICA GRIS

Los resultados obtenidos por el cálculo de la huella hídrica gris del colegio TRV, son una estimación, ya como se había mencionado anteriormente en este documento los datos de calidad de agua en el vertimiento se dieron mediante un análisis

	GUIA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

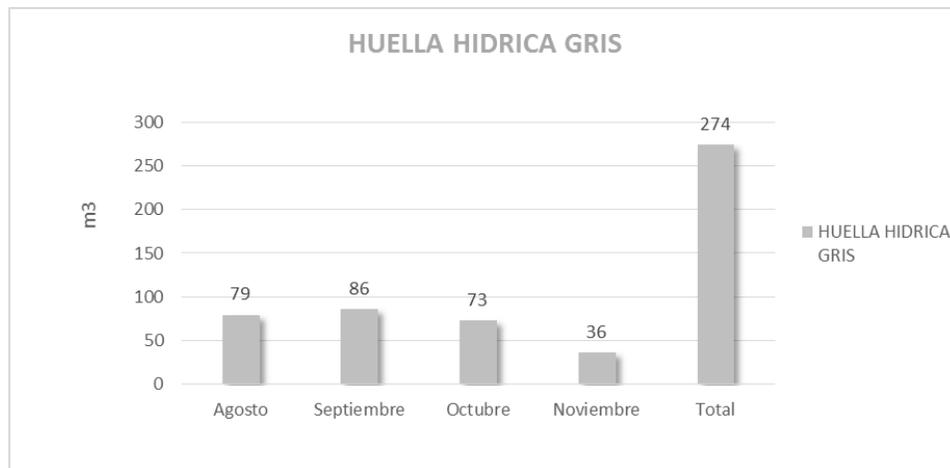
bibliográfico tabla 3, ya que el colegio no realiza análisis de agua en su sistema de salida.

Tabla 6. Seguimiento huella hídrica gris baños colegio TRV.

HUELLA HIDRICA GRIS					
Estudio \ Mes	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Total
Calculo Agua Gris (Litros)	79400	86028	73180	35846	274454
Calculo Agua Gris (m3)	79	86	73	36	274
Concentración Salida (DB05 mg/litros)	7000	7000	7000	7000	
Resolución 1074/97 (DB05 mg/litros)	1000	1000	1000	1000	
Concetracion Entrada (DB05 mg/litros)	1	1	1	1	
Entrada agua (Litros)	17001	18420	15669	6140	
Salida agua (Litros)	11334	12280	10446	5117	

Fuente: Grupo del recurso hídrico Tomas Rueda Vargas (TRV).

Grafica 2. Huella hídrica gris directa baños colegio TRV.



Fuente: Grupo del recurso hídrico Tomas Rueda Vargas (TRV).

Basado el cálculo realizado se estima que el colegio genera un impacto hídrico elevado frente al contaminante de análisis (DBO₅) que se vierte al sistema al sistema de alcantarillado, se estima que aproximadamente se requiere 274 m³ para asimilar el contaminante en un medio natural.

	GUIA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

8.3. HUELLA HÍDRICA TOTAL.

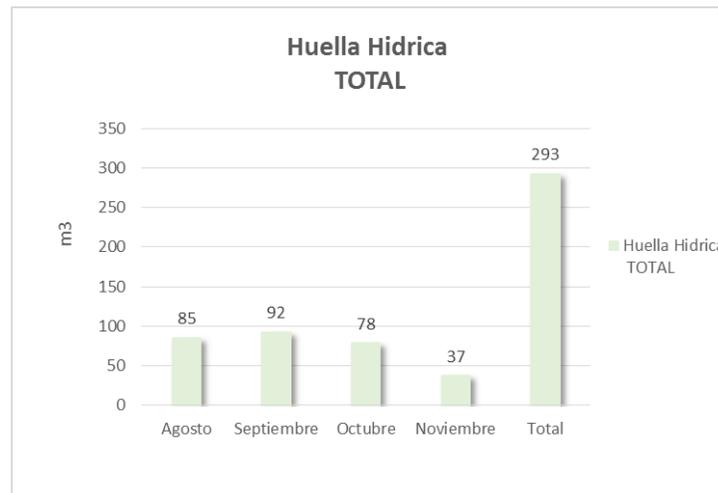
El cálculo de la huella hídrica directa de los baños del colegio TRV, tiene un consumo total de agua aproximado de 293 m³, los resultados se presentan en la gráfica 3.

Tabla 7. Seguimiento huella hídrica Total baños colegio TRV.

Huella Hidrica TOTAL				
Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Total
85	92	78	37	293

Fuente: Grupo del recurso hídrico Tomas Rueda Vargas (TRV).

Grafica 3. Huella hídrica total directa baños colegio TRV.



Fuente: Grupo del recurso hídrico Tomas Rueda Vargas (TRV).

Con la gráfica anterior se puede suponer una pérdida de agua en el sistema natural o el consumo total de los baños de la institución de 293 m³ durante los cuatro meses de medición.

	GUIA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

8.4. ÍNDICE DE IMPACTO HÍDRICO COLEGIO TRV

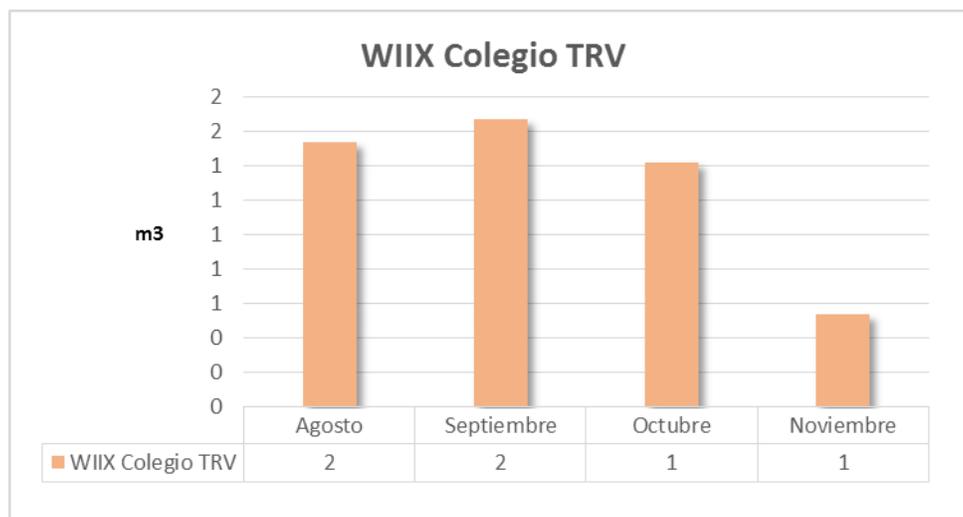
En esta sección se presenta los resultados obtenidos en el cálculo WIIX del parámetro analizado en el estudio demanda biológica de oxígeno (DBO₅), Esta se presenta en la gráfica 4.

Tabla 8. Seguimiento índice de impacto hídrico WIIX baños colegio TRV.

COLEGIO TRV					
UND	Estudio \ Mes	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
cps	Concentración Salida (DB05 mg/litros)	7000	7000	7000	7000
cr	Resolución 1074/97 (DB05 mg/litros)	1000	1000	1000	1000
cpe	Concetracion Entrada (DB05 mg/litros)	0,001	0,001	0,001	0,001
E	Entrada agua (Litros)	17001	18420	15669	6140
S	Salida agua (Litros)	11334	12280	10446	5117
	QPE	1	1	1	1
	QPS	0,1	0,1	0,1	0,1
	DBO Litros WIIX	1538	1667	1418	541
	DBO m3 WIIX	2	2	1	1

Fuente: Grupo del recurso hídrico Tomas Rueda Vargas (TRV).

Grafica 4. Huella hídrica total directa baños colegio TRV.



Fuente: Grupo del recurso hídrico Tomas Rueda Vargas (TRV).

	GUIA INTRODUCTORIA DE LA HUELLA HÍDRICA		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Los resultados obtenidos demuestran una afectación al recurso hídrico aproximado a 2m³ de agua por parte del demanda biológica de oxígeno (DBO₅), durante el periodo de análisis, lo que asume una afectación diaria de 0,06m³ de agua del sistema natural.