

Cuantificación del Consumo de Agua en el Proceso Constructivo de Viviendas Unifamiliares Tipo. Estrategias de Minimización

Dubravcic Alaiza, Arturo (*)

(*) Profesor de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, Tarija, Bolivia. e-mail:
yaravianca@hotmail.com.
Telf. +591 72978968

Resumen

El consumo de agua en el proceso constructivo, es un tema no resuelto en Bolivia, en tal sentido se plantea una metodología para realizar una cuantificación del consumo de agua en el proceso constructivo en una vivienda tipo, siendo esta la más construida en el medio que se realizó el estudio. Con la metodología empleada se llega a establecer el consumo de agua por metro cuadrado construido, con los datos del consumo de agua se hace una proyección del mismo, tomando en cuenta la demanda habitacional y los metros cuadrados necesarios que se deben construir para satisfacer dicha demanda y se llega a establecer la cantidad de agua a utilizar, frente al alarmante resultado se plantea estrategias para minimizar el consumo de agua en el proceso constructivo, llegando a establecer una reducción significativa, la misma que se debe plantear de manera objetiva y casi inmediata en las próximas construcciones. Esta metodología planteada se puede aplicar a otro tipo de construcciones para poder establecer la cuantificación del consumo de agua en diferentes obras civiles.

Palabras clave Cuantificación, Consumo, Agua, Vivienda, Minimización

1 Introducción

El agua cumple un papel fundamental en el desarrollo de las sociedades como un requisito esencial para la salud humana, el crecimiento económico, y la sustentabilidad medioambiental. Sin embargo, en la actualidad, la gestión del agua presenta desafíos importantes como la creciente demanda de agua unida a la escasa planificación del uso del suelo y el incremento de la contaminación difusa, la vulnerabilidad ante el cambio climático, y la falta de conciencia sobre la influencia que tienen las acciones humanas sobre los sistemas naturales. En este contexto, es necesario tomar conciencia de los diferentes usos y riesgos potenciales a los que se enfrenta en la gestión del recurso hídrico.

El agua se utiliza en diferentes actividades y es preciso saber con mediana exactitud la cantidad demandada en cada una de ellas, este conocimiento nos puede llevar a establecer políticas de ahorro como también introducir nuevas tecnologías que traten de obtener el mismo objetivo con menor consumo.

En este trabajo se determina la cantidad de agua utilizada en el proceso constructivo de un edificio modelo y se exploran algunas propuestas de estrategias para la minimización del consumo de este valioso elemento. El proceso de cuantificación toma en cuenta todas las actividades que se deben realizar al construir el edificio modelo (vivienda) y todos los usos posibles del agua en este proceso. Se enfatiza que en un proceso de construcción bien planificado pueden lograr un ahorro importante en el consumo de agua

2 Planteamiento del problema

Hace cuarto de siglo, en la “Conferencia Internacional de Dublín sobre el Agua y el Medio Ambiente”, celebrada en enero de 1992 se proclamaron principios para una gestión eficaz y sostenible de los recursos hídricos:

- *El agua dulce es un recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente.* Este principio aboga por la toma de conciencia sobre la importancia del agua.
- *El aprovechamiento y la gestión del agua debe inspirarse en un planteamiento basado en la participación de los usuarios, los planificadores y los responsables de las decisiones a todos los niveles.* Por lo que el enfoque actual para la gestión del agua debe ser sustituido por una visión más integral y sistémica, donde el agua se vincula con el planeamiento y el desarrollo urbano y de las comunidades en el marco que políticas sistémicas de sostenibilidad.
- *El agua tiene un valor económico en todos sus diversos usos en competencia a los que se destina y debería reconocérsele como un bien económico.* Por lo que debe prestarse atención tanto a la eficiencia como a la equidad en el uso del agua.

En las décadas siguientes varios fueron los intentos para mejorar la eficiencia y sostenibilidad en la gestión del agua, sin embargo, no se lograron los objetivos fi-

gados debido no sólo de la insuficiencia de inversiones sino también a la falta de coordinación y cooperación entre los actores involucrados. En la actualidad, la gestión del agua urbana presenta desafíos importantes (Banco Mundial, 2012). En primer lugar, la rápida urbanización del territorio, donde la creciente demanda de agua unida a la escasa planificación del uso del suelo y el incremento de la contaminación difusa, amenazan el abastecimiento de agua, aumentan el riesgo de inundaciones y afectan la calidad de vida de la población. En segundo lugar, la vulnerabilidad ante el cambio climático, que hace que la gestión del agua deba contemplar el estrés hídrico producido por el aumento de temperatura, así como el cambio en los patrones de precipitaciones que pueden aumentar el riesgo de desabastecimiento e inundaciones. En tercer lugar, una gestión hídrica ineficaz, cuyos enfoques actuales son predominantemente locales y sectoriales, y que carecen de la innovación y el alcance para hacer frente estos desafíos.

De esta manera, la gestión del agua urbana debe ser sustituida por una visión más integral y sistémica, donde el agua se vincula con el planeamiento y el desarrollo urbano y con las políticas de sostenibilidad. La creciente actividad constructora como respuesta a la necesidad de satisfacer la demanda de vivienda y de Infraestructura en la ciudad ocasiona impactos ambientales, entre los cuales uno de los más relevantes es el del incremento en el uso y contaminación del agua en el proceso constructivo. En este contexto, y en el marco del enfoque de construcción ecoeficiente (Huete, 2005), surge el presente trabajo de investigación que busca determinar la cantidad de agua utilizada en el proceso constructivo (un aspecto que no suele tomarse en cuenta a nivel de proyecto) y se exploran algunas estrategias para minimizar las consecuencias ambientales del uso indiscriminado del agua en la construcción.

Esta tarea se emprende a partir de los siguientes objetivos:

- Identificación y cuantificación del consumo de agua total en el proceso de construcción.
- Identificación de los ítems de mayor consumo de agua en el proceso constructivo.
- Planteamiento de estrategias de minimización de consumo de agua en la construcción

3 Construcciones ecoeficientes

Las Construcciones Ecoeficientes son aquellas que pueden responder a las exigencias actuales del mercado inmobiliario con criterios de respeto y protección ambiental (Huete, 2005). En un modelo constructivo ecoeficiente se busca seleccionar y reducir los recursos e insumos utilizados, se minimizan los residuos y emisiones generadas y se mejora la salud de los usuarios limitando el empleo de productos tóxicos y contaminantes, es decir, los materiales, elementos, procesos y especificaciones se establecen considerando a las variables ambientales como otro de los factores de decisión del proyecto.

Así, se plantea que en un proceso de construcción bien planificado se puede lograr un ahorro importante tanto en la cantidad de insumos utilizado, como en los costos asociados de energía y en el tratamiento de las aguas residuales. Todo esto sin comprometer el desempeño y la aceptabilidad por parte de los usuarios.

El presente trabajo se centra en las construcciones de viviendas, en tal sentido los requisitos son:

- **Estabilidad:** Respuesta a las acciones exteriores
- **Habitabilidad:** Alcanzar el confort necesario
- **Economía:** Adecuarse a los recursos disponibles
- **Ecoeficiencia:** Compatibilidad ambiental

En esta “compatibilidad ambiental”, se debe buscar un equilibrio entre la satisfacción de necesidades actuales con las que puedan tener las generaciones futuras, de ahí nuestra conformidad con el concepto de Desarrollo Sostenible “*aquel que satisface las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades*”, que fue acuñado por la Comisión Mundial de Medio Ambiente (Comisión Brunlandt) en 1987, y se manifiesta como el principio inspirador de numerosos frentes de actividad que exigen la modificación de nuestra forma de entender el desarrollo social y la necesaria adecuación de los modelos convencionales de producción de bienes.

4 Elección del modelo constructivo

El modelo tipológico de análisis es una vivienda unifamiliar sencilla, de dos plantas, con estructura de hormigón armado, muros de fábrica de ladrillo, sin paredes medianeras, de construcción convencional y acabados medios.

La elección del modelo constructivo se basa tanto en la representatividad (dentro de las construcciones que se realizan en la zona de estudio) como en su utilidad para trabajos y proyectos en otras regiones y países.

- **Representatividad.** En base a datos proporcionados por la oficina de Catastro Urbano de la Honorable Alcaldía Municipal de la ciudad de Tarija y Provincia Cercado, se determinó que, de un total de 20,570 predios registrados por Catastro, 17,634 (85.73%) corresponden a viviendas.

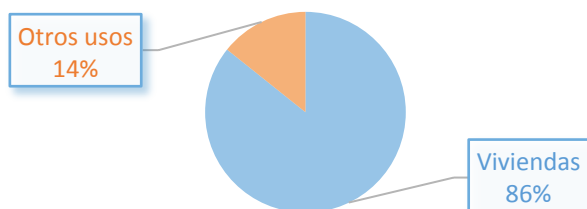


Fig. 1 Usos de las construcciones en la ciudad de Tarija

- **Tipología y superficie elegida.** La Tipología elegida de la edificación (vivienda unifamiliar), corresponde al de tipo económico, de dos plantas, con una superficie de 100 a 200 metros cuadrados,

5 Cuantificación del consumo de agua en el modelo

5.1 Identificación del agua en el proceso constructivo

La cuantificación del consumo de agua en el proceso constructivo se realizó tomando en cuenta la función que cumple. La función del agua en el proceso constructivo puede ser:

- **Como componente imprescindible del proceso (QI).** Se refiere a aquellas actividades de los ítems que utilizan el agua como un elemento esencial, que, sin él, tal acción sería imposible realizar. Ej.: hormigones, pastas, morteros, revocos, pinturas al agua, proceso de compactación y otros.
- **Como parte del proceso o material (QM).** Se refiere a aquellas actividades de los ítems que utilizan el agua como material o en alguna parte del proceso constructivo al desarrollar las diferentes actividades de un determinado ítem. Ej.: riego de encofrados, curado de hormigones, morteros y revocos, como refrigerante y otros
- **Como auxiliar (QA).** Se refiere a aquellas actividades de los ítems que utilizan el agua como auxiliar para poder desarrollar de una manera adecuada las diferentes actividades del ítem. Ej.: limpieza de encofrados, de herramientas y equipos y otros
- **Como parte de los controles o pruebas (QP).** Se refiere a aquellos ítem o actividades del proceso constructivo que necesitan controles o pruebas. Ej.: elaborar probetas y curarlas en agua para verificar su resistencia, también en la parte de las instalaciones hidráulicas se necesita probar su correcta instalación, como así en la ventanas y cubierta verificando su impermeabilidad

5.1.1 Calidad del agua requerida en el proceso constructivo

En la realización del trabajo también se tomó en cuenta los tipos de agua que puede usarse en los diferentes ítems del proceso constructivo, debido a que las exigencias de calidad del agua pueden variar de acuerdo al tipo de actividad.

5.2 Ciclo del agua en el proceso constructivo

El ciclo del agua en el proceso constructivo, se refiere, al agua que se requiere para todo el proceso constructivo frente al agua que se vierte, quedando así un porcentaje en la obra de manera encriptada o atrapada, y otro porcentaje que es vertida como agua contaminada o sin contaminar. A este análisis de las cantidades de agua se denomina el ciclo del agua en el proceso constructivo, llegándose a establecer porcentajes de agua utilizada total, atrapada en la obra y vertida.

Incorporada. - Se refiere al agua que se queda en alguna parte del proceso constructivo de manera atrapada o encriptada, esta cantidad de agua es la que no se recupera y forma parte de los elementos constructivos.

Vertida. - Se refiere el al agua que no se queda en el proceso constructivo, y que es desechada o vertida después de darle algún uso durante el proceso.

Contaminada. - Se refiere al agua vertida o desechada después de darle algún uso en el proceso constructivo y que tiene contaminantes que hacen de esta agua un elemento peligroso para el cuerpo receptor que las reciba, esta agua vertida contaminada, debe tener algún tipo de tratamiento previo para ser reutilizada en el mismo proceso constructivo o vertida al cuerpo receptor.

No contaminada. - Se refiere al agua vertida o desechada después de darle o no algún uso en el proceso constructivo, esta agua no requiere ningún tratamiento y puede ser utilizada nuevamente o vertida sin problemas al cuerpo receptor.

5.3 Metodología a utilizar para cuantificar el agua en el proceso constructivo

La metodología utilizada en el desarrollo de la investigación es:

Paso 1.- Dada la tipología de la vivienda seleccionada y justificada, al igual que el área construida debidamente respaldada, se elabora un plano tipo, del plano se obtienen los cómputos métricos o volúmenes de obra para cada ítem de la vivienda.

Paso 2.- Una vez identificados los ítems de la vivienda se procede a su ordenamiento correspondiente, para tener los mismos clasificados por rubros generales, se hace notar que se toman en cuenta todas las actividades del proceso constructivo con sus respectivos ítems que intervienen en la vivienda sin importar si consumen o no agua.

Paso 3.- Luego se procede a realizar la codificación del uso del agua en el proceso constructivo, de acuerdo a la función que cumple, siguiendo la siguiente nomenclatura:

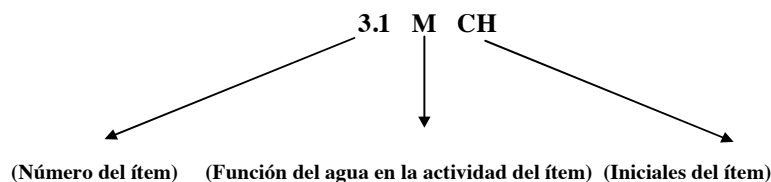
- Como componente imprescindible. Código **I**
- Como parte del proceso o material. Código **M**
- Como auxiliar. Código **A**
- Como parte de los controles o pruebas. Código **P**

SISTEMA DE CODIFICACIÓN

El sistema de codificación utilizado será el siguiente:

(Nº del ítem) (Código) (Iniciales del ítem)

Por ejemplo: para el ítem 3.1 columna de hormigón armado



Paso 4.- Tabulación de todas las actividades del ítem, donde se señala la función que cumple el agua en cada actividad del ítem, el código que se utiliza y la calidad del agua requerida.

Paso 5.- Una vez identificadas las actividades de los ítems que utilizan agua en el proceso constructivo, con su codificación respectiva y la calidad del agua requerida para cada actividad se procede a la cuantificación del agua, de manera detallada por cada actividad de cada ítem, justificando en cada caso su consumo con parámetros técnicos y racionales.

Paso 6.- Una vez cuantificada el agua en todas las actividades de los diferentes ítems del proceso constructivo, se procede a realizar el análisis del ciclo del agua en el proceso constructivo, determinando la cantidad de agua utilizada de acuerdo a su función en todo el proceso constructivo, la cantidad de agua que se queda en el proceso y la cantidad de agua que se vierte, esta puede ser contaminada o no.

6 Análisis de resultados

Del anterior cuadro se puede apreciar lo siguiente:

- El consumo total de agua en el Proceso Constructivo es de 105.33 metros cúbicos para la tipología seleccionada.
- El consumo de agua para la tipología seleccionada es de 684.16 litros por metro cuadrado construido.
- El ítem que consume mayor cantidad de agua es el Contrapiso de Piedra, con 16.37 metros cúbicos.
- Se evidencia que no hay agua vertida no contaminada.
- El agua vertida contaminada representa el 52.81% del total utilizada.
- El agua que se evapora o se queda encriptada en el proceso Constructivo representa el 47.19% del total utilizado.
- La distribución porcentual del consumo de agua debido al tipo de consumo es el siguiente:

Tabla 1 Distribución porcentual del consumo de agua

QM: Como parte del Proceso o Material	61,81%
QI: Como componente imprescindible	22,71%
QA: Como auxiliar	14,13%
QP: Como parte de los controles o pruebas	1,35%
	100,00%

Fuente: Elaboración propia

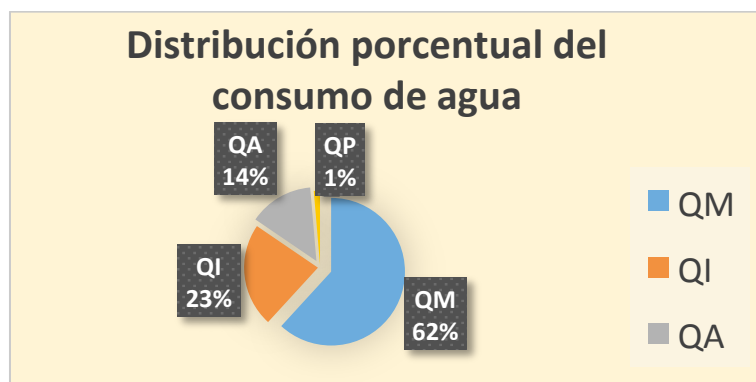


Fig. 1 Distribución porcentual del consumo de agua

Se puede evidenciar que, de acuerdo al consumo de agua por metro cuadrado de vivienda construida, se estima un consumo futuro de más de 50 mil metros cúbicos de agua para el año 2020 y casi 100 mil m³ para el año 2040, de acuerdo al cuadro siguiente:

Tabla 2 Consumo de agua por metro cuadrado Años 2020 y 2040

Año	Habitantes	Viviendas	Superficie (m ²)	Consumo (m ³)
2003	148,080	35,595	3,559.500	2:435,267
2020	309,404	74,376 *	7,437.600 *	5:088,509 *
2040	736,260	176,986 *	17,698.600 *	12:108,675 *

* Datos estimados

Fuente: Elaboración propia

7 Propuesta y estrategias de minimización del consumo de agua

7.1.1 Medidas ajenas al técnico

En el entorno normativo e institucional pueden establecerse varias medidas que fomenten un uso más responsable y eficiente del agua en la construcción, entre las cuales tenemos:

- **Regular y facturar el consumo indiscriminado del agua**, esta medida ayudará a fomentar un uso racional en el proceso constructivo y disminuirá el derroche.
- **Potenciar el mantenimiento**, a través del fomento de una cultura de realizar mantenimientos periódicos a las viviendas con la finalidad de evitar deterioros grandes que motiven la ejecución de volúmenes significativos de obra. El mantenimiento de una vivienda implica presupuestar recursos para ser utilizados en reparaciones y refacciones.
- **Establecer medidas “penalizadoras”**, para aquellos consumidores que se demuestre su uso abusivo e indiscriminado del agua.

- **Formación e información**, es fundamental para que la población conozca sobre la problemática del agua a nivel mundial, regional y local, para que desarrolle una conciencia sobre el uso del agua. El agua es un recurso que cuesta adquirirlo, debido a su escasez permanente y a la inversión que se tiene que realizar para tenerla en un grifo.

7.1.2 Medidas que competen al técnico

Las decisiones y acciones de las personas que tienen a su cargo el diseño y la ejecución de un proyecto de construcción influyen de forma determinante en la eficiencia y eficacia del uso del agua. De manera general, las acciones y medidas que el técnico puede asumir durante el “Proyecto”, pueden estar enmarcadas en dos grandes grupos, el primero que corresponde a la parte proyectual, y la segunda a las decisiones tecnológicas que se adopten en el “Proyecto”.

- **Medidas o decisiones proyectuales.** Corresponden a las decisiones que tome el proyectista en el momento de definir la solución constructiva en el plano, pueden ser:
 - **Reducir la repercusión de elementos comunes**, preferir edificaciones en altura que urbanizaciones abiertas. Por ejemplo, en una construcción vertical la superficie techada es de 100 m² la cual sirve para 4 pisos, o sea 4 viviendas, en una urbanización abierta se hubiese necesitado 400 m² de techo, para la misma superficie de viviendas, con el consecuente aumento de volumen de obra, que repercute en el incremento del consumo de agua medida, también contribuye al ahorro de espaciamento comunitario, que hoy en día son tan necesarios y escasos.
 - **Calidad del proyecto** en las especificaciones técnicas y los detalles constructivos, esto con la finalidad de evitar errores y lesiones, cuya ausencia nos dará como resultado una construcción sana y no tendrá la necesidad de que se le efectúen reparaciones. Asimismo, se evitarán demoliciones por mala interpretación de los planos.
 - **Medidas o decisiones tecnológicas.** Corresponden a las decisiones que el técnico puede tomar en la elección de los materiales, en la tipología de los elementos de la obra y en cualquier situación que se tenga que elegir una solución sin afectar al proyecto arquitectónico, entre estas medidas pueden ser:
 - **Evaluar soluciones para cada subsistema constructivo** en lo que se refiere a los procesos o a los productos utilizados. Medida que se refiere por ejemplo al subsistema cimentación que abarca una serie de ítems que de manera global se puede elegir un subsistema de cimentación que ahorre el consumo de agua y no de manera aislada. También son importantes las soluciones constructivas imaginativas que hacen que se pueda ahorrar agua en el Proceso Constructivo.
 - **Estar al día en el uso de nuevos materiales y productos** utilizados en la construcción, con la finalidad de poder utilizarlos en beneficio del ahorro del consumo de agua. Es de mucha importancia, ya que la industria de la construcción es muy dinámica e innovadora y cualquier material o producto nuevo puede significar el ahorro de agua en el proceso constructivo.

- De forma general, el consumo global de agua durante el proceso de fabricación y puesta en obra de un producto disminuye en cuanto más finalizado salga dicho producto de fábrica y, en consecuencia, menos operaciones serán necesarias en obra para su instalación y acabado. Los sistemas industrializados requieren habitualmente un menor consumo de agua que las tradicionales in situ

8 Referencias

- Arquero F (1984) Práctica Constructiva. Ediciones CEAC, Barcelona
- Banco Mundial (2012) Gestión integral de Aguas Urbanas. World Bank, Washington
- Blume Ecología (1988) El Agua. Gráficas L'Alzina, Barcelona
- Bunge M (1997) La Ciencia. Editorial Sudamericana, Buenos Aires
- Cámara Departamental de la Construcción (s.f.) Análisis de Precios Unitarios. Tarija
- Enciclopedia CEAC del Delineante (1977) Materiales y Elementos de Construcción. Grafesa, Barcelona
- Gobierno Municipal de la Ciudad de Tarija y la Provincia Cercado, Dirección de Infraestructura Rural (s.f.) Precios Unitarios. Tarija
- Holý M (1973) El Agua y El Medio Ambiente. FAO, Roma
- Huete R (2005) Aproximación a un modelo de construcción ecoeficiente
- Lanza R (1981) Cálculo de Costos de Construcción. Talleres Gráficos Litopress, La Paz
- Merrit F (1986) Manual del Ingeniero Civil. Fuentes Impresores, México
- Ministerio de Desarrollo Humano, Fondo de Inversión Social (s.f.) Pliego de Especificaciones Técnicas. Edificaciones en General. FIS, Bolivia
- Ministerio de Fomento (2000) Instrucción de Hormigón Estructural. Lerko Print, Madrid
- Neville AM (1981) Tecnología del concreto. Impresora Azteca, México
- Rufino M, Anaya F (1988) Norma Boliviana del Hormigón Armado. Neografis, Madrid
- Saravia j (1987) Materiales de Construcción. Editora Urquiza, La Paz
- Suárez C (1981) Costo y Tiempo en Edificación. Editorial Limusa, México

Anexo:

Expresiones utilizadas para el cálculo del consumo de agua en el proceso constructivo

$$Q_T = \sum n_i = (Q_{Li} + Q_{Mi} + Q_{Ai} + Q_{Pi})$$

$$Q_{VC} = \sum n_i = (Q_{VCMi} + Q_{VCAi} + Q_{VCPi}) \quad Q_{VNC} = \sum n_i$$

$$= (Q_{VNCM_i} + Q_{VNCA_i} + Q_{VNCP_i}) \quad (3)$$

$$Q_{RN} = \sum n_i = (Q_{RNI} + Q_{RNM_i} + Q_{RNA_i} + Q_{RNP_i}) \quad (4)$$

$$Q_{RSN} = \sum n_i = (Q_{RSN_i} + Q_{RSNM_i} + Q_{RSNA_i} + Q_{RSNP_i}) \quad (5)$$

Donde:

n = Número de actividades que consumen agua
 i = Número de cada actividad que consume agua

Q_T = Agua total consumida por cada ítem

Q_I = Agua consumida como componente imprescindible en la actividad

Q_M = Agua consumida como parte del proceso o material en la actividad

Q_A = Agua consumida como auxiliar en la actividad

Q_P = Agua consumida como parte de las pruebas en la actividad

Q_{VC} = Agua vertida contaminada por cada ítem

Q_{VCM} = Agua vertida contaminada debido al consumo M en la actividad

Q_{VCA} = Agua vertida contaminada debido al consumo A en la actividad

Q_{VCP} = Agua vertida contaminada debido al consumo P en la actividad

Q_{VNC} = Agua vertida no contaminada por cada ítem

Q_{VNCM} = Agua vertida no contaminada debido al consumo M en la actividad

Q_{VNCA} = Agua vertida no contaminada debido al consumo A en la actividad

Q_{VNCP} = Agua vertida no contaminada debido al consumo P en la actividad

Q_{RN} = Agua requerida con normas de calidad por cada ítem

Q_{RNI} = Agua con requerimiento de norma debido al consumo I de la actividad

Q_{RNM} = Agua con requerimiento de norma debido al consumo M de la actividad

Q_{RNA} = Agua con requerimiento de norma debido al consumo A de la actividad

Q_{RNP} = Agua con requerimiento de norma debido al consumo P de la actividad

Q_{RSN} = Agua requerida sin normas de calidad por cada ítem

Q_{RSNI} = Agua sin requerimiento de norma debido al consumo I de la actividad

Q_{RSNM} = Agua sin requerimiento de norma debido al consumo M de la actividad

Q_{RSNA} = Agua sin requerimiento de norma debido al consumo A de la actividad

Q_{RSNP} = Agua sin requerimiento de norma debido al consumo P de la actividad

$$Q_{TRN} + Q_{TRSN} = Q_{TT}$$

$$\% QTVC = \% QTVC * 100 / Q_{TT}$$

Donde:

Q_{TT} = Consumo de agua to-

tal de la construcción = $\sum_{ni=1}^n(Q_{Ti})$

Q_{TRN} = Agua total requerida con ciertas normas de la constr. =

$$\sum_{ni=1}^n(Q_{RNi})$$

Q_{TRSN} = Agua total requerida sin normas de la construcción =

$$\sum_{i=1}^n(Q_{RSNi})$$

$QTVC$ = Agua total de vertido contaminada de la construcción =

$$\sum_{ni=1}^n(Q_{VCi})$$

Q_{TVNC} = Agua total de vertido no contaminada de la construcción =

$$\sum_{i=1}^n(Q_{VNCi})$$