



Comprometidos con el desarrollo regional

**ACTUALIZACIÓN SOFTWARE PARA LA PROYECCIÓN DE POBLACIÓN, DISEÑO
DE CAUDAL AGUAS RESIDUALES Y PLUVIALES**

Leidy Carolina Rodríguez R.

**UNIVERSIDAD DE IBAGUÉ
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
IBAGUE
2019**

**ACTUALIZACIÓN DE LOS SOFTWARE PARA ESTIMACIÓN DEL CAUDAL
DE DISEÑO DE ACUEDUCTOS Y PROYECCIONES DE POBLACIÓN,
DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y DISEÑO DE
ALCANTARILLADO PLUVIAL**

Leidy Carolina Rodríguez

Trabajo de grado que se presenta como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Civil

Director:

Dr. Luis Eduardo Peña Rojas
Profesor Universidad de Ibagué

**UNIVERSIDAD DE IBAGUÉ
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
IBAGUE
2019**



Dedico este trabajo a mi padre que desde el cielo guía mis pasos, a mi mamá por su apoyo, a mis tías y mis abuelitos por siempre generar en mí, las ganas de no decaer y luchar por mis ideales, a mi prima que me ha acompañado en todo mi camino y a mi hermanito por ser el motor que impulsa mi vida, a mi compañero de vida por ser mi apoyo incondicional.



Agradecimientos

A Dios, quien está en mi corazón; por darme la sabiduría, la inteligencia, la tenacidad y resiliencia para llegar a esta etapa de mi vida y cumplir con uno de los objetivos más importantes.

Al Doctor Luis Eduardo Peña Rojas, por su compromiso, don de gente, paciencia tenida para conmigo en este proceso.



Resumen

El presente documento tiene como finalidad la actualización software para: la estimación del caudal de diseño de acueductos y proyecciones de población, diseño de alcantarillado sanitario y diseño de alcantarillado pluvial. Debido al cambio en la resolución 0330 del 8 de junio de 2017 por medio de la cual se adopta el reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico RAS

Teniendo en cuenta el cambio en la normativa se realizó la modificación de manera tal que cumplieran los parámetros de diseño como: elevación, dotación neta mínima, velocidad máxima, esfuerzo cortante entre otros, establecidos por la misma.

Este trabajo se presenta como opción de grado en calidad de monografía para optar por el título de Ingeniero Civil de la Universidad de Ibagué.

Palabras clave: Diseño, acueductos, alcantarillados, proyección de población.

Abstract

The purpose of this document is to update the software for: estimation of the design flow of aqueducts and population projections, sanitary sewer design and storm sewer design. Due to the change in resolution 0330 of June 8, 2017 by means of which the technical regulation for the potable water and basic sanitation sector RAS is adopted

Taking into account the change in the regulations, the modification was made in such a way that they met the design parameters such as: elevation, minimum net endowment, maximum speed, shear stress among others, established by the same.

This work is presented as a degree option as a monograph to opt for the title of Civil Engineer from the University of Ibagué.

Contenido

	Pág.
Resumen	VI
Lista de figuras.....	VIII
Lista de tablas	IX
Introducción	11
Justificación	12
1. ACTUALIZACIÓN DE LOS SOFTWARE PARA ESTIMACIÓN DEL CAUDAL DE DISEÑO DE ACUEDUCTOS Y PROYECCIONES DE POBLACIÓN.....	13
1.1 CENSOS	13
1.2 DEMANDA ZONA DE ESTUDIO	15
2. DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO	16
2.1 COEFICIENTE DE RETORNO.....	16
2.2 DIAMETRO MINIMO.....	16
2.3 ESFUERZO CORTANTE.....	17
2.4 VELOCIDAD MAXIMA.....	17
3. DISEÑO DE ALCANTARILLADO PLUVIAL.....	19
3.1 COEFICIENTE DE RETORNO.....	19
3.2 TIPO DE COBERTURA	20
3.3 TIEMPO DE CONCENTRACION.....	21
3.4 DIÁMETRO MÍNIMO.....	21
3.5 ESFUERZO CORTANTE.....	22
3.6 VELOCIDAD MAXIMA	23
4. Conclusiones.....	25
5. Recomendaciones.....	26
6. Referencias bibliográficas.....	27

Lista de figuras

	Pág.
Ilustración 1. Ingreso de información adicional de censos del DANE	13
Ilustración 2. Identificación de censos pendientes.....	13
Ilustración 3. Resultados proyección de población.....	14
Ilustración 4. Asignación dotación según elevación zona de estudio.....	15
Ilustración 5. Estimación del caudal de diseño de acueducto.....	15
Ilustración 6. Coeficiente de retoro según nivel de complejidad. Fuente (RAS, 2016).....	16



Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Pendiente y diámetro mínimo	16
Tabla 2. Esfuerzo cortante mínimo	17
Tabla 3. Velocidad máxima	17
Tabla 4. Características del área de drenaje. Fuente Resolución 0330 Minvivienda.	19
Tabla 5. Periodo de retorno según coeficientes IFD	20
Tabla 6. Coeficientes de escorrentía según tipo de cobertura	21
Tabla 7. Ejemplo de tiempos de concentración calculados en la aplicación	21
Tabla 8. Diámetro mínimo	22
Tabla 9. Esfuerzo cortante mínimo	22
Tabla 10. Velocidad máxima	23

1. Introducción

El agua es un recurso indispensable para el desarrollo y la preservación de la salud y la vida, de la conservación y protección de sus fuentes, de su correcto tratamiento y almacenamiento y de su racional uso y consumo depende la disponibilidad de agua en el presente y su perdurabilidad para el futuro.

Donde hay agua, hay vida y si hay vida hay alimento, salud, bienestar y posibilidades para el desarrollo evolutivo del ser y su entorno. Como recurso fundamental para la vida y el desarrollo socio económico de la región; la sociedad recurre al agua para generar el crecimiento económico y la prosperidad, a través de actividades tales como la agricultura, la pesca, la producción de energía, la industria, el transporte y el turismo. El agua es un elemento importante a la hora de decidir donde establecerse y como utilizar los terrenos.

La creciente conciencia acerca de los daños causados a los sistemas de agua ha llevado al desarrollo de metodologías para determinar los usos y los manejos del nivel de agua que debe permanecer en los estándares óptimos para los usuarios.

Desde el punto de vista de la ingeniería civil, se evidencia métodos para determinar el caudal como elemento de diseño de las obras que tienen relación con el uso y protección del agua, como es el caso del diseño pluvial, diseño sanitario y determinación de caudal.

Sustentado en ello, se realizó la actualización de los software correspondientes a la estimación del caudal de diseño de acueducto y proyecciones de población, el diseño de alcantarillado pluvial y el diseño de alcantarillado sanitario, de acuerdo a los lineamientos de la RAS; ya que este fue actualizado en el año 2017 y es fundamental determinar la funcionalidad del mismo y alcance que ha tenido hasta hoy.

La actualización se inició teniendo en cuenta las características principales del agua, tales como: precipitación, escorrentía superficial, elevación, caudal máximo diario, caudal máximo horario, velocidades máximas, esfuerzo cortante. Paralelo a ello se ejecutó la actualización del índice poblacional del país, con el fin de actualizar la información y de esta manera poder generar el cálculo del caudal de diseño de una población colombiana.



1.1. Justificación

El día mundial del agua se declaró por la Asamblea General de las Naciones Unidas, el 22 de marzo de cada año para darle importancia a la gestión y eficiencia del recurso hídrico como el líquido vital para la vida; de esta manera se debe fomentar y promover la sensibilidad, conciencia, valoración, cuidado y acciones sostenibles para la conservación racional y consiente del recurso.

Sin embargo, no se ha valorado y utilizado sosteniblemente este recurso en la vida diaria, donde las actividades domésticas, industriales, mineras, agropecuarias, agrícolas, etc; han alterado su calidad.

Por lo tanto, se hizo necesario realizar la actualización de la estimación del caudal de diseño de acueducto y proyecciones de población, el diseño de alcantarillado pluvial y el diseño de alcantarillado sanitario; reformando las hojas de cálculo anteriores con los nuevos parámetros del Reglamento Técnico para el Sector del Agua Potable y Saneamiento Básico RAS. Dichas modificaciones hacen parte de la Resolución 0330 de 08 de junio de 2017 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

2. ACTUALIZACIÓN DE LOS SOFTWARE PARA ESTIMACIÓN DEL CAUDAL DE DISEÑO DE ACUEDUCTOS Y PROYECCIONES DE POBLACIÓN.

La actualización se realizó para que el programa tuviera en cuenta el censo del 2017 y adicionalmente se dejó programado para un próximo censo.

2.1. CENSOS

Al ingresar la programación de los nuevos censos, y como hasta el día de hoy los datos no han sido divulgados por el DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADISTICA (DANE), se deja programada para que cuando dicho ente haga la entrega de datos, el usuario pueda ingresar los datos y alimentar así el software.

	Departamento	Nombre de municipio o corregimiento departamental	2017			Nombre de municipio o corregimien	20XX		
			Total29	Urbano (Cabecera)30	Rural (Resto)31		Total29	Urbano (Cabecera)30	Rural (Resto)31
1	Amazonas		0	0	0		0	0	0
1.1	Amazonas	Leticia	0			Leticia	0		
1.2	Amazonas	El Encanto	0			El Encanto	0		
1.3	Amazonas	La Chorrera	0			La Chorrera	0		
1.4	Amazonas	La Pedrera	0			La Pedrera	0		
1.5	Amazonas	La Victoria	0			La Victoria	0		
1.6	Amazonas	Mirilti - Paraná	0			Mirilti - Paraná	0		
1.7	Amazonas	Puerto Alegría	0			Puerto Alegría	0		
1.8	Amazonas	Puerto Arica	0			Puerto Arica	0		
1.9	Amazonas	Puerto Nariño	0			Puerto Nariño	0		
1.10	Amazonas	Puerto Santander	0			Puerto Santand	0		
1.11	Amazonas	Tarapacá	0			Tarapacá	0		
2	Antioquia		0	0	0		0	0	0

Ilustración 1. Ingreso de información adicional de censos del DANE

DEPARTAMENTO	Risaralda
MUNICIPIO	Mistrató

AÑO CENSO	POBLACION
1938	6641
1951	8487
1964	9340
1973	10360
1985	12868
1993	14039
2005	12438
2019	NaN
200X	NaN

[MANUAL DE USUARIO](#)

Ilustración 2. Identificación de censos pendientes



Una vez, ingresen los datos en la hoja de datos automáticamente el software selecciona el dato necesario para poder hacer el cálculo de población.

al generar los cálculos de población, el usuario encontrara el resumen y la opción del diseño más apropiado para dicho análisis.

el programa realiza sus cálculos utilizando seis métodos los cuales son:

- Método Aritmético
- Método Geométrico
- Método Exponencial
- Método Demográfico
- método de Wappaus
- método Gráfico

Poblacion		POBLACIÓN PROYECTADA PARA EL AÑO		2006
12438				
Proyección de Población				
	POBLACIÓN	DIFERENCIA		
Aritmético	12417	22		
Geométrico	12417	21		
Exponencial	12313	125		
Wappaus	12417	21		
MINIMA DIFERENCIA		21		
Análisis de Tasa de crecimiento		-1601		
Demográfico	12946	508		
				Metodo a utilizar
				Proyección Metodo Demografico

Ilustración 3. Resultados proyección de población

Esta hoja encuentra el resumen de los cálculos y se le informa al usuario cual es el método más acertado para su trabajo y análisis.

2.2. DEMANDA ZONA DE ESTUDIO

Antes del 8 de junio de 2017, el cálculo de la dotación máxima neta (L/Hab*d) necesario para una población determinada estaba basada en la elevación y el clima que tuviera el municipio o la zona de estudio, después de la actualización del reglamento se basa solo en la elevación la cual quedo así:

Elevación media de la zona m.s.n.m.	Dotación Máxima (L/hab*d)
> 2000	120
1000 - 2000	130
< 1000	140

Ilustración 4. Asignación dotación según elevación zona de estudio

De debe tener en cuenta las perdidas admisibles, se tienen en cuenta para el cálculo de la dotación neta, este porcentaje no debe superar el 25%. (Ministerio de Desarrollo Económico, 2010).

Estos cambios se realizaron para poder calcular el caudal medio diario, caudal máximo diario y caudal máximo horario.

Los coeficientes k1 y k2 para poblaciones menores o iguales a 12.500 habitantes, al periodo de diseño, en ningún caso podrá superar 1.3. para otros casos se debe justificar el valor.

ELEVACION POBLACIÓN		DOTACION MAXIMA NETA (L/Hab*d)		K1		K2	
1000 < E < 2000 m.s.n.m.		130		1.3		1.3	
PERDIDAS ADMISIBLES		15%					

Año	Proyeccion Poblacion	Dotacion neta (l/hab-día)	Pérdidas admisibles	Dotacion Bruta(l/hab-día)	Caudal medio Diario Qmd.(l/s)	Caudal Máximo Diario QMD(l/s)	Caudal Máximo Horario QMH(l/s)
2,006	2,134	130	15%	153	3.78	4.91	6.38
2,007	2,145	130	15%	153	3.80	4.94	6.42
2,008	2,156	130	15%	153	3.82	4.96	6.45
2,009	2,166	130	15%	153	3.83	4.99	6.48
2,010	2,177	130	15%	153	3.85	5.01	6.51

Ilustración 5. Estimación del caudal de diseño de acueducto



3. DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO

En este software, se realizó la actualización de acuerdo con los nuevos parámetros exigidos por el reglamento técnico para el sector agua y saneamientos básico RAS.

A continuación, se informa los cambios generados.

3.1. COEFICIENTE DE RETORNO

Anteriormente el coeficiente de retorno se basaba relacionaba con el nivel de complejidad, teniendo en cuenta si era medio alto o medio bajo.

Tabla D.3.1 Coeficiente de retorno de aguas residuales domésticas

Nivel de Complejidad del Sistema	Coeficiente de retorno
Bajo y Medio	0,80
Medio Alto y Alto *	0,85

**Puede ser definido por la persona prestadora del servicio público de alcantarillado*

Ilustración 6. Coeficiente de retorno según nivel de complejidad. Fuente (RAS, 2016)

Para esta, actualización se dejó bajo el parámetro de coeficiente de retorno, con un valor de CR=0.85

3.2. DIAMETRO MINIMO.

El diámetro utilizado anteriormente era de 6 in, pero por el nuevo reglamento el diámetro a utilizar será de 8in y la pendiente no puede ser menor del 2%.

LONGITUD (m)	DIAMETRO (in)	PENDIENTE %
94.4000	8.000	2.00
78.2000	18.000	2.00
74.4000	20.000	2.00

Tabla 1.Pendiente y diámetro mínimo

3.3. ESFUERZO CORTANTE.

En tuberías de alcantarillado se debe garantizar que los sedimentos que ingresen al sistema puedan moverse por acción del flujo hacia aguas abajo de las tuberías. Para esto, se debe garantizar un esfuerzo cortante mínimo, el cual depende del tipo de sistema de alcantarillado objeto del diseño.

Los valores anteriores eran en el fondo de la tubería no sea menor 0.15 Kg/m² o 1.5 Pa. Ahora no pueden ser menor a 1.0 Pa.

FUERZA ATRACTIVA			
qsan QTOTAL (LPS)	Y _c /D	R _h	T(min) ≥ 0.10 Kg/m ²
1.500	0.69	0.025	0.50
1.500	0.07	0.015	0.01
1.500	0.04	0.010	0.20
1.500	0.69	0.025	0.50
1.500	0.53	0.019	1.18

Tabla 2. Esfuerzo cortante mínimo

3.4. VELOCIDAD MAXIMA.

La velocidad tiene como valor máximo para tuberías a flujo libre de 5 m/s; puesto que seguimos los parámetros del reglamento.

HIDRÁULICA					
VELOCIDAD REAL (m/s)	Y _c /D < Y _m	T(min) ≥ 0.10 Kg/m ²	Nº DE FROUDE	FACTOR DE POMEROY (Z) (FORMACIÓN DE ACIDOS SULFÚRICOS)	CLASE DE RÉGIMEN
0.75	69.00%	0.50	1.64	3941	FLUJO SÚPER-CRÍTICO
5.00	7.20%	0.29	3.38	8056	FLUJO SÚPER-CRÍTICO
0.75	3.91%	0.20	4.35	10358	FLUJO SÚPER-CRÍTICO
0.75	69.00%	0.50	1.64	3941	FLUJO SÚPER-CRÍTICO
0.75	52.62%	1.18	1.88	2598	FLUJO SÚPER-CRÍTICO

Tabla 3. Velocidad máxima

4. DISEÑO DE ALCANTARILLADO PLUVIAL.

Por otra parte, se actualizó el software de diseño de alcantarillado pluvial, teniendo en cuenta los parámetros de reglamento técnico para el sector agua y saneamientos básico RAS.

4.1. COEFICIENTE DE RETORNO

“El periodo de retorno de la lluvia de diseño se debe seleccionar de acuerdo con la importancia de las áreas y los daños, perjuicios o molestias que las inundaciones puedan ocasionar a los habitantes, el tráfico, el comercio, la industria y la infraestructura. En ningún caso podrá ser menor que los valores de la imagen”.

Características del área de drenaje	Período de retorno (años)
Tramos iniciales en zonas residenciales con áreas tributarias menores de 2 hectáreas	3
Tramos iniciales en zonas comerciales o industriales, con áreas tributarias menores de 2 hectáreas	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias entre 2 y 10 hectáreas	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias mayores de 10 hectáreas	10
Canales abiertos que drenan áreas menores a 1000 hectáreas	50
Canales abiertos en zonas planas y que drenan áreas mayores a 1000 hectáreas	100
Canales abiertos en zonas montañosas (alta velocidad) o a media ladera, que drenan áreas mayores a 1000 hectáreas	100

Tabla 4. Características del área de drenaje. Fuente Resolución 0330 Minvivienda.



PERIODO DE RETORNO		COEFICIENTE DE INTENSIDAD		
CARACTERISTICAS DEL AREA DE DRENAJE	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	C1	X0	C2
Tramos iniciales en zonas residenciales con áreas tributarias menores de 2 Ha	3	2107.635	41.659	0.931
Tramos iniciales en zonas comerciales o industriales, con áreas tributarias menores de 2 Ha	5	3194.61	47.083	0.975
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias entre 2 Y 10 Ha	5	3194.61	47.083	0.975
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias mayores a 10 Ha	10	4917.012	52.633	1.019
Canales abiertos que drenan áreas menores a 1000 Ha	50	9995.557	61.462	1.089
Canales abiertos en zonas planas y que drenan áreas mayores a 1000 Ha	100	12613.116	64.241	1.11
Canales abiertos en zonas montañosas (Alta velocidad) o a media ladera, que drenan áreas mayores a 1000 Ha	100	12613.116	64.241	1.11

Tabla 5 Periodo de retorno según coeficientes IFD

4.2. TIPO DE COBERTURA

Se debe realizar un análisis detallado de las coberturas de las áreas de estudio, tanto para la situación al inicio como al final del periodo de diseño.

COEFICIENTE DE IMPERMEABILIDAD	
TIPO DE COBERTURA	COEFICIENTE
Residencial multifamiliar, con bloques contiguos y zonas duras entre estos	0.75
Vías adoquinadas	0.85
Residencial, con casas contiguas, predominio de zonas duras	0.75
Residencial unifamiliar, con casas contiguas y predominio de jardines	0.60
Residencial, con casas rodeadas de jardines o multifamiliares apreciablemente separados	0.45

Laderas sin vegetación	0.60
Parques recreacionales	0.30
Zonas comerciales o industriales	0.90
Pavimentos asfálticos y superficies de concretos	0.90
Cubiertas	0.90

Tabla 6. Coeficientes de escorrentía según tipo de cobertura

4.3. TIEMPO DE CONCENTRACION.

Se debe considerar el tiempo de entrada y el tiempo de recorrido en el sistema. el tiempo de entrada se debe calcular de acuerdo a las características del área de drenaje. se debe realizar una simulación para tiempos de concentración mínimos entre 3 y 10 minutos.

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN
Tiempo de concentración (min)
4.04247
4.82790
5.16377
2.38069
3.02320
4.97121
3.45107
2.76261
3.34656
5.93090
2.55331
5.74261

Tabla 7. Ejemplo de tiempos de concentración calculados en la aplicación

4.4. DIÁMETRO MÍNIMO

En las redes de recolección y evacuación de aguas pluviales, El diámetro real mínimo permitido en redes de sistemas es 260 mm (10 plg) con el fin de evitar obstrucciones de los conductos por objetos relativamente grandes introducidos al sistema.



DIAMETRO	CAUDAL (MAXIMO)
ϕ (pulg)	Qo (l/s)
10	62.039
20	183.011
20	183.289
20	211.178
12	348.955
12	621.991

Tabla 8. Diámetro mínimo

4.5. ESFUERZO CORTANTE

En tuberías de alcantarillado se debe garantizar que los sedimentos que ingresen al sistema puedan moverse por acción del flujo hacia aguas abajo de las tuberías. Para esto, se debe garantizar un esfuerzo cortante mínimo, el cual depende del tipo de sistema de alcantarillado objeto del diseño. Ahora no pueden ser menor a 2.0 Pa.

F. TRACTIVA
T (Pa)
2.00
1.58
28.87
29.67
45.81

Tabla 9. Esfuerzo cortante mínimo

4.6. VELOCIDAD MAXIMA

La velocidad tiene como valor máximo para tuberías a flujo libre de 5 m/s; puesto que seguimos los parámetros del reglamento.

VELOCIDAD MINIMA
V (m/s)
1.5997
3.9425
3.3959
3.4431
4.2782

Tabla 10. Velocidad máxima

5. Conclusiones

- La actualización se convierte en una ayuda indispensable para los estudiantes de Ingeniería Civil, puesto que a partir de ella pueden generar nuevos diseños.
- Se evidencia la necesidad de racionalizar el uso del agua en los diseños de obra actuales y futuros.
- La importancia del análisis poblacional, es un indicador de la necesidad de los diseños para el bienestar de la comunidad.
- Los buenos diseños de alcantarillado pluvial generaran cambios significativos para la no contaminación de las reservas de agua.
- El uso del recurso hídrico, para un propósito como abastecimiento público de agua potable, riego, industria y otros, lo primero que se debe definir es la calidad o caracterización del agua requerida, y la fuente de agua disponible deben ajustarse a los requerimientos de uso.
- La actualización se ocupó de planificar y proyectar el diseño hidráulico, entendiéndose que son estas las que cumplirá la función de captar, conducir, regular y proteger las aguas de acuerdo a las características, que hayan sido establecidas atendiendo a los lineamientos y criterios de las normal hidráulicas y sanitarias.

6. Recomendaciones

- Se socialicen las actualizaciones, para generar un buen manejo del software en el ambiente académico.
- Se tengan claro los conceptos y las normas vigentes para analizar los resultados de las hojas programadas y entender el diseño arrojado.
- Los software podrán ser actualizados, cada vez que el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (ras) lo crea pertinente.

7. Referencias bibliográficas

[1] ANONIMO. (S.F). *Alcantarillado Pluvial*. Recuperado el 06 de junio de 2017, de http://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_3_alcantarillado_pluvial.pdf

[2] GUZMAN MARTINEZ JUAN PABLO, A. (2017). desarrollo de software para diseño de alcantarillados en el marco de los lineamientos establecidos por el ras – 2000. Ibagué.

[3] GUTIÉRREZ MONCALEANO ANA MARÍA – NASAYÓ ARIAS DANIELA. (2017). desarrollo de software para estimación del caudal de diseño de acueductos y proyecciones de población en el marco del ras - 2000. Ibagué.

[4] López Cualla, R. A. (2004). Elementos de diseño para acueductos y alcantarillado.

[5] Peña, L. E., Betancourt, H., & Montoya, A. H. (2014). Uso Eficiente del agua en el campus de la Universidad de Ibagué (p. 106). Retrieved from <https://ediciones.unibague.edu.co/index.php/galeria-bibliografica/416/view/70/libro-resultado-de-investigacion/80/uso-eficiente-del-agua-en-el-campus-de-la-universidad-de-ibague>

[6] RAMIREZ CORTES DIANA KATHERINE - PUYO BEDOYA MARIA ALEJANDRA. (2017). desarrollo de software para diseño de alcantarillados pluvial en el marco de los lineamientos establecidos por el ras-2000. Ibagué.

[7] Ramírez Salinas, J. M. (2011). Retos a futuro en el sector de acueducto y alcantarillado en Colombia, 31. Retrieved from <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/3/42733/Lcw379e.pdf>

[8] Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable Y Saneamiento Básico. (2017). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable Y Saneamiento Básico*. Bogotá D.C.