



Estudio de factibilidad para el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales con efluente del canal principal de aguas lluvias No 37 ubicado en la parroquia Tarqui del cantón Guayaquil.

Feasibility study for the design of a wastewater treatment plant with effluent from the main rainwater canal No. 37 located in the Tarqui parish of Guayaquil canton.

Ing. Janeth Katherine Zalamea Cedeño, MSc.¹ & Jefferson Segundo Palacios Flores²

Recibido: 04/01/2020 – Revisado: 26/02/2020 -- Aceptado: 11/05/2020

Resumen

Alrededor de 80 - 85% de la contaminación global es producto de las actividades humanas; la contaminación que soportan los canales abiertos de aguas lluvias en el norte de Guayaquil, en el cual se recogen los efluentes provenientes de 558 hectáreas y un cauce de 8,64 Km que se inicia en la parte alta del sector conocido como Flor de Bastión, para finalmente descargar en el río Daule. Se evidencia el pésimo estado en los que se encuentran los canales, insalubridad, mal olor, proliferación de insectos; pérdida de biodiversidad y azolvamiento, siendo el mayor afectado el cuerpo receptor y esto pone en duda con respecto a la capacidad que tiene este cuerpo de aguas de auto depurarse a través del tiempo. Para la evaluación del efluente, se realizó una muestra puntual al final del canal trapezoidal abierto revestido de hormigón denominado "Canal No 37" seguido de la caracterización de la misma en cuanto a parámetros físicos y químicos, no cumple con los límites máximos permisibles para descarga a un cuerpo de agua dulce, considerando como solución correctiva la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales.

Palabras claves:

Canal principal, contaminación, efluente, Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), Cuerpo receptor.

Abstract

About 80 - 85% of the global pollution is a product of human activities; the pollution that the open rainwater canals in the north of Guayaquil, which collect effluents from 558 hectares and a channel of 8.64 km that starts in the upper part of the sector known as Flor de Bastión, to finally discharge into the Daule River. The channels are in a very poor state, with unhealthy conditions, bad odors, insect proliferation, loss of biodiversity, and siltation, the most affected being the receiving body, which casts doubt on the capacity of this body of water to purify itself over time. To evaluate the effluent, a sample was taken at the end of the concrete-lined open trapezoidal canal called "Canal No. 37", followed by its characterization in terms of physical and chemical parameters; it does not comply with the maximum permissible limits for discharge into a freshwater body, and the implementation of a wastewater treatment plant is considered a corrective solution.

Keywords:

Main canal, pollution, effluent, Wastewater treatment plant (WWTP), Receiving body.

1. Introducción

La disposición de los residuos líquidos de las actividades humanas hacia cursos de agua no es un problema moderno. Lo que ha cambiado es la magnitud de los vertidos, la ocupación del espacio y los usos del recurso. Esto ha generado, por un lado, incompatibilidades para el uso humano y, por el otro, destrucción de hábitats. De entre los diferentes problemas, el caso límite es el agotamiento de la

capacidad del curso superficial receptor para absorber el vertido, y el caso más dramático es la contaminación de los recursos de agua subterránea, que no se ven. [1].

Si el objetivo es el desarrollo sustentable, la respuesta técnica es una combinación de tratamientos para extraer sólidos suspendidos y disminuir niveles de contaminantes no tóxicos, y la correcta disposición del vertido en el curso

¹ Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química, janeth.zalameac@ug.edu.ec

² Investigador Independiente; j.c.21@hotmail.com



de agua. En el caso de fuentes puntuales, debe controlarse la calidad de los vertidos, de modo que éste resulte compatible con los otros usos y minimice los efectos negativos sobre los hábitats sensibles. Esto no significa el tratamiento completo del líquido residual, sino el necesario y suficiente para complementar la dilución luego del vertido [2].

El agua es un elemento de la naturaleza, integrante de los ecosistemas naturales, fundamental para el sostenimiento y la reproducción de la vida en el planeta ya que constituye un factor indispensable para el desarrollo de los procesos biológicos que la hacen posible. Todos la necesitamos, y no solo para beber. Nuestros ríos y lagos, nuestras aguas costeras, marítimas y subterráneas, constituyen recursos valiosos que es preciso proteger. [3].

La contaminación ambiental no es algo del siglo XX, siempre ha existido, pues es parte fundamental de la naturaleza. Sin embargo, en los últimos años se ha convertido en un serio problema. Hasta hace pocas décadas no se consideraba un problema ya que apenas se ha logrado demostrar fehacientemente lo serio del asunto, motivo de los efectos negativos que esta sobre el ambiente y la salud. La contaminación es uno de los problemas medioambientales más importantes para nuestro mundo y se origina cuando se produce un desequilibrio en el ambiente causado por la adición de cualquier sustancia, en tal cantidad que se producen efectos nocivos para los seres humanos, los animales, las plantas o los materiales expuestos a dosis que superan los niveles aceptables en la naturaleza. [4].

El 59% del consumo total de agua en los países desarrollados se destina a uso industrial, el 30% a consumo agrícola y un 11% a gasto doméstico, según se constata en el primer informe de Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos del mundo, Agua para todos, agua para la vida. En 2025, el consumo de agua destinada a uso industrial alcanzará los 1.170 km³ / año, cifra que en 1995 se situaba en 752 km³ / año. El sector productor no sólo es el que más gasta, también es el que más contamina. Más de un 80% de los desechos peligrosos del mundo se producen en los países industrializados, mientras que en las naciones en vías de desarrollo un 70% de los residuos que se generan en las fábricas se vierten al agua sin ningún tipo de tratamiento previo, contaminando así los recursos hídricos disponibles. [5]

Estos datos aportan una idea de la importancia que tiene el tratamiento y la reutilización de aguas residuales en el sector industrial en el mundo, y más aún en países que saldan su balance de recursos hídricos con números rojos. Es el caso de España, la nación europea con mayor déficit hídrico [6].

“El agua, junto con el aire, la tierra y la energía, constituyen los cuatro principales recursos naturales básicos para la existencia y desarrollo del hombre.” Desde los inicios, la humanidad ha utilizado el recurso agua para lograr niveles de desarrollo que han facilitado la vida de los hombres de gran manera. Inicialmente el agua fue usada por el hombre para satisfacer las necesidades personales y a su vez agrícolas. Con el tiempo, se inició el desarrollo del agua como medio de transporte, facilitando la comunicación entre países y así el desarrollo económico. El agua también fue utilizada como receptor de los residuos líquidos producidos por los humanos, impulsando máquinas que permitieron limpiar y arrastrar todo tipo de residuo producido por el desarrollo de la humanidad [7].

El agua es una de las sustancias químicas más abundantes en la naturaleza, y esta ocupa el mayor volumen de la tierra, y está representada en distintos tipos de cuerpos de aguas. De la cantidad total de agua en el planeta, el 97,43% se encuentra en cuerpos de agua salada, cerca del 1,725% es agua congelada en los glaciales y otros hielos polares y el 0,768% es agua dulce de lagos, ríos y agua subterránea. [6]. Es común clasificar a las aguas residuales en dos tipos: industriales y municipales. En muchos casos las aguas residuales industriales requieren tratamiento antes de ser descargadas en el sistema de alcantarillado municipal; como las características de estas aguas residuales cambian de una a otra industria, los procesos de tratamiento son también muy variables. No obstante, muchos de los procesos empleados para tratar aguas residuales municipales se emplean también con las industriales. Existen aguas residuales industriales que tienen características compatibles con las municipales, por lo que se descargan directamente en los sistemas públicos de alcantarillado. [7].

El agua residual municipal fresca y aerobia tiene olor a queroseno y color gris. El agua residual con más tiempo de haber sido generada es séptica y pestífera; su olor característico es a sulfhídrico, similar al de los huevos podridos. El agua residual séptica es de color negro. La temperatura del agua residual es mayor que la del agua



potable, varía entre 10 y 20°C; esto se debe a que se añade calor al agua en los sistemas de plomería de las edificaciones. [3].

La ciudad de Santiago de Guayaquil, cabecera del Cantón Guayaquil, capital de la provincia del Guayas, en la República del Ecuador, país situado en la región noroccidental de América del Sur, está ubicado en la descarga de la cuenca del río Guayas hacia el Océano Pacífico por el este, y por el oeste está rodeado por el Estero Salado. Es una ciudad costera con fácil acceso al Océano Pacífico por medio del Golfo del mismo nombre. Se encuentra ubicada en la latitud 2°19' sur y longitud 79°53' oeste a una altura promedio de 4 metros sobre el nivel del mar y presenta una topografía básicamente plana. Sin embargo, existen zonas con lomas de poca pendiente en Urdesa, Alborada, Sauces y sectores al norte de la urbe [8]. Guayaquil se destaca entre las ciudades ecuatorianas por su elevado uso de tránsito masivo, y por su densidad total y la diversidad de su población. El puerto de la ciudad es uno de los más importantes de la costa del Pacífico oriental. El 70 % de las exportaciones privadas del país sale por sus instalaciones, ingresando el 83 % de las importaciones. Además, por su posición de centro comercial, tradicionalmente se conoce a la ciudad como la «capital económica» del país, debido al número de empresas, fábricas y locales comerciales que existen en toda la ciudad.

La ciudad de Guayaquil es la ciudad más poblada del país, habitan en ella un 15,8% de la población total de Ecuador según el CENSO INEC 2010. Por ser el centro comercial más importante del país, es uno de los principales centros de atracción de población. La expansión poblacional se ha dado de forma espontánea sin mucha planificación a lo largo de la historia. Desde la década del '60, la población recién llegada a la ciudad se ha instalado principalmente en ocupaciones informales de tierras, sin infraestructura, por lo tanto, con precarias condiciones sanitarias y de seguridad. Es muy importante el avance urbano en asentamientos populares hacia el Oeste de la ciudad, habiendo superado ya el límite físico impuesto por el canal CEDEGE y el límite de Urbano Ordenanza publicada en el R. O. 828 del 9 de diciembre de 1991 [9].

Debido a la proximidad con el Océano, la dirección del flujo en los dos cuerpos receptores varía en función de las mareas. El Golfo de Guayaquil contiene una mezcla de aguas de origen marino y dulce, y constituye un rico

ecosistema ambiental, de gran importancia económica y turística para el Ecuador. Guayaquil es una de las ciudades más importantes del Ecuador como principal polo de desarrollo social y económico, en las últimas décadas ha experimentado un gran crecimiento urbano, esta situación origina que la ciudad enfrente complicaciones tales como; contaminación de los desechos urbanos, colapso de drenajes pluviales, contaminación del aire urbano, producción y consumo de energía entre otros [8].

El sistema de alcantarillado sanitario de la ciudad de Guayaquil consiste en 3.926 km de colectores y 61 estaciones de bombeo de aguas residuales, que brindan cobertura superior al 90% del área de servicio. La ciudad cuenta con sistemas separados de alcantarillado sanitario y drenaje pluvial. Las redes de alcantarillado sanitario están concebidas para descargar a los ríos Daule-Guayas, mientras que el drenaje pluvial está diseñado para descargar al Estero Salado. En Guayaquil se genera aproximadamente 280.000 m³/día (3,24 m³/s) de aguas residuales durante la época seca, y 350.000 m³/día (4,05 m³/s) en la época lluviosa. [8]

2. Materiales y métodos

Tomando en cuenta los distintos tipos de diseño de campo, se debe acotar que este estudio presenta un diseño de tipo o diseño experimental. “Un experimento consiste en someter el objeto de estudio a la influencia de ciertas variables, en condiciones controladas y conocidas por el investigador, para observar los resultados que cada variable produce en el objeto” [10]

Los ensayos realizados durante el proceso investigativo están definidos en análisis físicos, organolépticos y en muestra de agua residual basado en los métodos estandarizados con reconocimiento nacional e internacional.

Las muestras se tomaron bajo la norma NTE INEN 2176 que establece guías sobre las técnicas de muestreo usadas para obtener los datos necesarios en los análisis de control de calidad, de las aguas naturales, aguas contaminadas y aguas residuales para su caracterización, los análisis de se llevaron a cabo en el laboratorio de Ingeniería Química de la Universidad de Guayaquil, cumpliendo con los requisitos exigidos para la certificación por el Ministerio del Ambiente y las normas que rigen los estudios hechos para la elaboración de esta investigación. Ver

2.1 Cálculo del caudal

Para calcular el caudal (m/s) de agua que converge en la cuenca baja (m³/s), se utilizará el método de flotador, en momento de buen tiempo (estación de verano), con poco viento y cauce tranquilo.

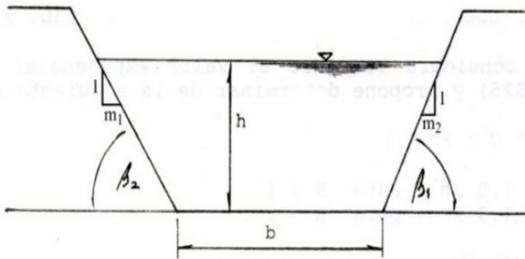


Fig. 1. Variables geométricas de un canal trapezoidal.

Fuente: Propia

Procedimiento

- Se buscó un tramo del canal recto, exento de plantas acuáticas, de modo que el flotador se mueva con facilidad y regularidad.
- Se midió con un flexómetro una distancia de 30 m., entre dos puntos.
- Se averiguó la profundidad media y el ancho del canal, siendo sus valores 1,4 y 9 m., respectivamente
- Para determinar la velocidad media del agua, se registró con un cronómetro el tiempo que tardó el flotador en recorrer 30 m.,

$$v = \frac{d(m)}{t(seg)} \quad (1)$$

$$v = \frac{30}{138} \quad (2)$$

$$v = 0,22 \text{ m/s} \quad (3)$$

- Para determinar el caudal, se multiplica la velocidad media del agua por el ancho y la profundidad del canal.

$$Q = v * \text{Ancho} * \text{profundidad del canal} \quad (4)$$

$$Q = 0,22 \frac{m}{s} * 1,8m * 7m \quad (5)$$

$$Q = 2,7 \frac{m^3}{s} \quad (6)$$

3. Análisis de Resultados

Con todos los datos procesados se efectuará un análisis e interpretación luego de lo cual se contrastarán dichos resultados que serán extrapolados al modelo de PTAR.

La caracterización de la procedencia de aguas residuales en un canal de aguas lluvias es una tarea compleja en este caso se pudo concluir que los caudales en el tiempo y lugar en que fue tomada la muestra descargaron directamente al río Daule con un alto grado de contaminación, las aguas, particularmente las aguas superficiales y sobre todo las aguas residuales, son susceptibles a cambios en diferente grado como resultado de las reacciones físicas, químicas o biológicas, denotando la necesidad de un análisis en los cauces que circulan por el canal de drenaje y que vuelcan directamente al río.

Tabla 1. Tabla comparativa de los resultados obtenidos del análisis vs los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetro	Expresado Como	Unidad	Resultado o Muestra Puntual	Límite Máximo o Permisible	Cumplimiento
Potencial de hidrógeno	pH	-	7.77	6 a 9	SI
Color	Color real	Unidad es de color	4680	-	NO
Turbidez	-	NTU	9920	-	NO
Tensoactivos	Sustancias activas al Azul de Metileno	mg/l	254	0,5	NO
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	17318	400	NO
Sólidos Suspendedos	-	mg/l	7100	250	NO
Aceites y grasas	Sustancias solubles en Hexano	mg/l	122	30	NO
Cromo hexavalente	Cr +6	mg/l			SI
Materia flotante	Visible	-	-	Ausencia	NO

Fuente: Propia

Como parte del proyecto de descontaminación de la subcuenca Orquídeas, luego de un análisis profundo de los resultados de la investigación, se pudo determinar el

modelo ideal de PTAR para el afluente del canal de drenaje, con un sistema de tratamiento primario constituido por un área de cribas, desarenador y tanque de sedimentación primario.

El lote vacío donde se desarrollaría el proyecto es propiedad del Municipio de Guayaquil, tiene una superficie de 2,8 ha, colinda al norte con terrenos privados de la urbanización “Las Orquídeas”, al Este, con las lagunas de estabilización de Mucho Lote, al sur con la Calle 24ª NE, y al oeste con la Unidad Educativa “Dolores Cacuango”.

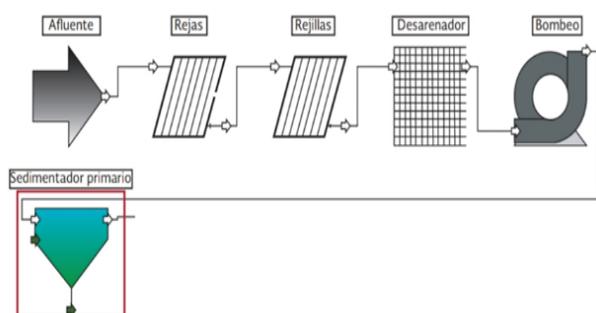


Fig. 2. Diagrama de flujo de procesos (las unidades de pretratamiento se ubican previo al bombeo)

Fuente: Propia

La mencionada PTAR incluirá instalaciones de pretratamiento, la operación de cribado o desbaste se emplea para remover el material grueso, generalmente basura flotante o en suspensión contenida en las aguas residuales crudas que pueden obstruir o dañar bombas, tuberías y equipos de la planta de tratamiento o interferir con la buena operación de los procesos, las rejas gruesas se utilizan para impedir que sólidos de gran tamaño como piedras, troncos, pedazos de madera, trapos, botellas de plástico y en general toda clase de basura voluminosa acarreada por el sistema de alcantarillado pluvial, las rejillas de limpieza son manuales y tienen una inclinación de 45 a 60 grados con respecto a la horizontal para facilitar la extracción de basura.

El desarenado consiste en separar la arena de otras materias presentes en el agua, en especial material orgánico, de tal manera que la arena retenida no arrastre otras materias, lo cual, generalmente es muy difícil. Los desarenadores longitudinales, la velocidad del flujo se diseña de 0,30 m/s aproximadamente para sedimentar partículas de arena típicas de aguas residuales municipales.

Su operación consiste en vigilar que el agua circule a baja velocidad (menor que 0,30 m/s), para dar oportunidad de que se sedimenten las partículas, y su mantenimiento consiste en retirar la arena del fondo, por lo menos una vez al día.

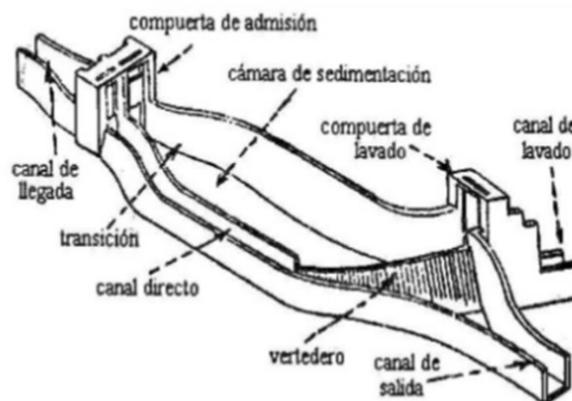


Fig. 3. Elementos básicos de un desarenador

Fuente: Propia

La sedimentación primaria, reduce la carga orgánica en los procesos de tratamiento de aguas mediante la eliminación de una gran cantidad de sólidos suspendidos, y materiales flotantes del afluente del agua residual.

Cuando se opera de manera eficiente la sedimentación primaria, típicamente puede remover hasta el 90 por ciento de los sólidos sedimentables, del 40 al 60 por ciento de los sólidos en suspensión y del 20 al 40 por ciento de la demanda bioquímica de oxígeno entrante al sedimentador, la sedimentación primaria ofrece un efluente más claro y una preparación de las aguas residuales más coherente para descarga a un cuerpo de agua dulce.

En base a estos criterios, la PTAR se diseña para cubrir las necesidades de un área de 588 hectáreas.

Tabla 2. Listado de caudales presentes en el estudio

Caudal diario	19008 m ³
Caudal medio	792 m ³ /h
Caudal máximo	9972 m ³ /h
Caudal punta	3600 m ³ /h
Sólidos suspendidos	7100
DBO5	356 ppm
Caudal diario	19008 m ³

Fuente: Propia

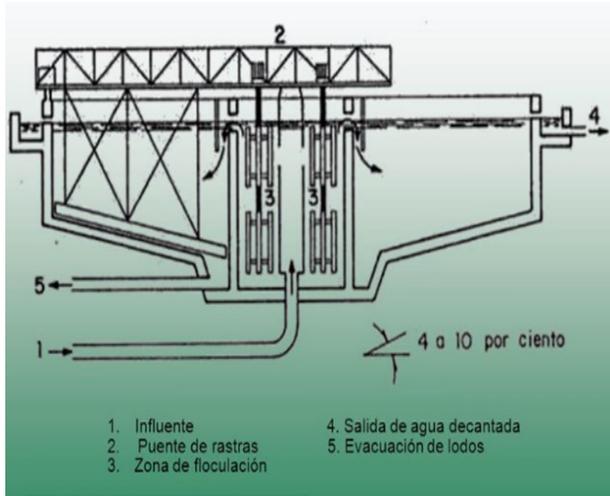


Fig. 4. Sedimentador circular primario

Fuente: Propia

4. Conclusiones

Se determinó el caudal y las características físico – química del agua residual del canal principal de AA.LL “Las Orquídeas”, teniendo un caudal promedio de 792 m³/h, para el cálculo de la velocidad se utilizó el método de flotador y se midió las secciones geométricas del canal abierto trapezoidal revestido de hormigón para poder determinar el área transversal por el cual fluye el fluido. Para la evaluación del efluente se tomó una muestra compuesta en superficie por dos días consecutivos cada ocho horas en las fechas 16 y 17 de noviembre del 2019 al final del canal abierto trapezoidal revestido de hormigón N° 37, bajo la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 2176:2013), con una botella de boca ancha se sumerge en el agua, se llena completamente y se tapa de tal forma que no exista aire sobre la muestra, para posteriormente trasladarla el día 18 de noviembre de 2019 al laboratorio. Con los datos procesados se determinó que el efluente que se tomó para la muestra no cumplía con los límites máximos de descarga a un cuerpo receptor.

Se estableció el diseño de un bypass sanitario, el cual está constituido por sistemas de tratamiento primario, este incluye un sistema de desbaste, desarenado, estación de bombeo y un sedimentador circular primario. Evitando el ingreso de contaminantes al Océano por medio del río Daule.

La grave amenaza que supone la presencia de sustancias tóxicas y persistentes para nuestro ecosistema como para la salud de las personas, en la escorrentía y vertidos analizados, requiere de medidas claras y urgentes para controlar y regular su uso

Existe una gran variedad de recursos disponibles para mitigar los efectos contaminantes, pero es necesario a su vez la concientización de la sociedad en materia de contaminación ambiental.

Se concluyó que para la instalación de una PTAR eficiente, se necesitan de obras complementarias como por ejemplo el revestimiento del tramo final del drenaje pluvial sistema D, estaciones de bombeo, contar con el 100% de las conexiones interdomiciliar en el sector de influencia, estructuras de control de marea, franja de servidumbre para mantenimientos periódicos, rediseñar el sistema de lagunaje de aguas cloacales Mucho Lote, e implementar sistemas urbanos de drenaje sostenible.

Referencias.

- [1] APHA, AWWA, WPCF, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater., Washintong, 1998.
- [2] J. Escobar, «La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar.,» CEPAL, Santiago de Chile, 2012.
- [3] E. & Metcalf, Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización., Madrid: McGraw-Hill, 1995.
- [4] Belzona Inc., Tratamientos de aguas residuales, Copenhagen, 2010.
- [5] E. C. Valdez, Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales, Mexico: Fundación ICA, A.C, 2003.
- [6] A. R. Fernandez-Alba y P. Letón, «Tratamientos avanzados de aguas residuales,» CITME, España, 2017.
- [7] J. Roa Márquez, Fundamentos básicos de los procesos ambientales para ingenieros., Caracas: Fondo Editorial Unet, 2001.



- [8] EMAPAG, DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO UNIVERSALIZACIÓN DEL ALCANTARILLADO SANITARIO Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SISTEMA SUR DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL - PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES “LAS ESCLUSAS” Y SUS COMPONENTES COMPLEMENTARIOS., Guayaquil, 2011.
- [9] Interagua, «AJUSTE Y REVISIÓN DEL PLAN MAESTRO AGUA POTABLE; ALCANTARILLADO SANITARIO y ALCANTARILLADO PLUVIAL,» Tomo II, Guayaquil, 2015.
- [10] C. Sabino, El proceso de investigación, Caracas, Venezuela: Panapo, 1992.