

LIMPIEZA, ESTABILIZACIÓN, Y ARBORIZACIÓN DE LAS LADERAS DEL ARROYO DEL BARRIO BAJO VALLE EN LA CIUDAD DE BARRANQUILLA

Andrés Mauricio Hernández Yabrudy

Provas destinadas à obtenção do grau de Mestre em Gestão Autárquica

Maio de 2016



Instituto Superior de Educação e Ciências

INSTITUTO SUPERIOR DE EDUCAÇÃO E CIÊNCIAS

Escola de Gestão

Provas para obtenção do grau de Mestre em Gestão Autárquica

**LIMPIEZA, ESTABILIZACIÓN, Y ARBORIZACIÓN DE LAS LADERAS DEL ARROYO
DEL BARRIO BAJO VALLE EN LA CIUDAD DE BARRANQUILLA**

Autor: **Andrés Mauricio Hernández Yabrudy**

Orientadora: **Professora Doutora Ana Paula Oliveira**

Maio de 2016

Agradecimientos

A la Doctora Ana Paula Oliveira, mi asesora en el desarrollo de este TFM, agradezco todo el apoyo brindado y la orientación prestada.

Al coordinador de máster en Gestão Autárquica, el doctor Paulo Louro, agradezco la oportunidad brindada y la orientación prestada a lo largo del proceso.

Agradezco al Instituto Superior de Educação e Ciências (ISEC) la oportunidad que me ha dado para aceptar mi inscripción como estudiante de grado de una institución de prestigio como esta.

También me gustaría agradecer a las diferentes entidades públicas, tales como la Alcaldía Distrital, Foro Hídrico y la Secretaria de Salud Distrital, en la ciudad de Barranquilla por brindarme toda la información necesaria para el desarrollo de este TFM.

Agradezco a mi esposa Juliana Moisés por su apoyo incondicional y su dedicación durante el desarrollo de este TFM. De ella es este triunfo y para ella es toda mi gratitud.

Resumen

Actualmente en Barranquilla (Colombia) existe un gran problema para las personas que viven en las laderas del arroyo del barrio Bajo Valle, ubicado en el suroccidente de Barranquilla. Las condiciones de insalubridad en que conviven los habitantes asentados en las orillas del arroyo del barrio Bajo Valle traen como consecuencias que la zona presente un perfil epidemiológico con altas tasas de mortalidad y morbilidad por patologías de enfermedades respiratorias, gastrointestinales e infecciones de la piel. Este proyecto de inversión social busca, por lo tanto, mejorar el nivel de la calidad de vida de estos habitantes. Teniendo en cuenta los graves problemas de que padece la gente del barrio Bajo Valle se lograron establecer diferentes alternativas de solución, como crear infraestructura para canalizar los arroyos, control de la deforestación y programas de mantenimiento preventivo a los cauces de los arroyos, entre otros.

Con la canalización del arroyo, el Distrito de Barranquilla obtendría un ahorro correspondiente a 835.205.719COP, o 225.731€, y una disminución de 137.856 casos de enfermedades para las personas habitantes en la zona de influencia del arroyo. Se calculó que el ahorro para la ciudad a lo largo de la ejecución de las obras y por los próximos cuatro años, será de 3.694.286.628COP, o 998.456€. Así, los beneficios económicos obtenidos al realizar el proyecto son de 195% y una relación beneficio-costos de 2,2. De igual manera, se hace necesaria la arborización de la zona con unas 1.400 especies para combatir la erosión existente y evitar derrumbes.

Los resultados económicos obtenidos reflejan de manera contundente el gran beneficio que se obtiene al ejecutar el proyecto de la canalización del arroyo, al disminuir las tasas de morbilidad y mortalidad en la zona. Esta disminución se traduce en un ahorro significativo en el presupuesto monetario de la ciudad para atender emergencias de salud y en la mejora considerable en la calidad de vida de estas personas.

Palabras-clave

Arroyo, Bajo Valle, Barranquilla, inversión social, enfermedades, tasa interna de retorno, beneficio-costos.

Abstract

Currently in Barranquilla (Colombia) there is a considerable problem for people living on the slopes of the arroyo in the Bajo Valle neighborhood, located southwest of Barranquilla. The unsanitary conditions in which the inhabitants settled on the banks of the arroyo of Bajo Valle live, has generated a significant epidemiological profile with high rates of mortality and morbidity due to respiratory, gastrointestinal and skin infection diseases. This social investment project seeks to improve the level of life quality of the affected population. Considering the serious problems faced by the people living in the neighborhood Bajo Valle we were able to establish various solutions, such as creating infrastructure to canalize the arroyo, control over the deforestation and preventive maintenance programs to the arroyo's stream, among others.

With the canalization of the arroyo, Barranquilla will have savings of 835.205.719COP, or 225.731€, and a decrease of 137.856 cases of diseases for people in the area of influence of the arroyo. It was estimated that the savings for the city along with the execution of the infrastructure work for the next four years, will be of 3,694.286.628COP, or 998.456€. Thus, the economic benefits obtained from carrying out the project result in a 195% and a cost-benefit ratio of 2.2. At the same time, it is necessary to implement tree planting programs on the area with approximately 1,400 species to prevent landslides.

The economic results evidence the benefit gained with the execution of this project and the reduction of morbidity and morbidity rates. It will also represent significant savings to the city's budget that may be invested to address health emergencies of different areas and in the improvement of life quality of the inhabitants.

Keywords

Arroyo, Bajo Valle, Barranquilla, social investment, diseases, internal rate of return, cost-benefit.

Índice General

<i>Agradecimientos</i>	<i>v</i>
<i>Resumen</i>	<i>vii</i>
<i>Abstract</i>	<i>ix</i>
<i>Índice General</i>	<i>xi</i>
<i>Índice de Figuras</i>	<i>xv</i>
<i>Índice de Tablas</i>	<i>xix</i>
<i>Siglas y Abreviaturas</i>	<i>xxi</i>
1. Introducción	1
1.1. Âmbito	1
1.2. Motivación	2
1.3. Problemática	3
1.4. Alcance	4
1.5. Objetivos	6
1.6. Justificación	6
1.7. Estructura	10
2. Ubicación del área de estudio	13
2.1. Marco regional	13
2.2. Geología y Geomorfología	15
2.3. Clima	16
2.4. Ecosistemas – Hidrología	17
2.5. Accesibilidad	18
2.6. Demografía	18
2.6.1. En Barranquilla	18

2.6.2. <i>En el barrio Bajo Valle</i>	22
2.7. Economía	24
3. Problemas de Barranquilla	27
3.1. Planteamiento del Problema	27
3.1.1. <i>Clima (lluvias, arroyos, derrumbes)</i>	27
3.1.2. <i>Deforestación (crecimiento urbano sin planificación y carencia de programas de reforestación)</i>	28
3.1.3. <i>Falta de infraestructura de estabilización de arroyos</i>	30
3.1.4. <i>Mala disposición de residuos sólidos, deficiente educación ambiental y un inadecuado sistema de recolección de basuras</i>	32
3.1.5. <i>Falta de mantenimiento de los cauces de los arroyos</i>	34
3.1.6. <i>Indebida evacuación de residuos sanitarios</i>	35
3.1.7. <i>Pérdidas de vidas humanas</i>	35
3.1.8. <i>Altas tasas de enfermedades</i>	37
3.1.9. <i>Congestión del Sistema Hospitalario</i>	39
3.2. Antecedentes	40
3.3. Bases teóricas	42
4. Alternativas de solución de la problemática	45
4.1. Control de deforestación	45
4.2. Crear infraestructura para la estabilización de arroyos	46
4.3. Lograr una adecuada disposición de residuos sólidos	48
4.4. Diseñar e implementar programas de mantenimiento preventivo de los cauces de los arroyos	48
4.5. Realizar inversiones en los sistemas de alcantarillados en las zonas marginales del suroccidente de Barranquilla	49
4.6. Análisis de las alternativas propuestas	50
4.7. Costo del bien y servicio prestado	52

4.8.	Aspectos relevantes a las soluciones del problema	54
4.9.	Descripción entidad ejecutora del proyecto	55
4.10.	Beneficios esperados con la ejecución del proyecto	58
5.	<i>Descripción técnica de la canalización del arroyo</i>	<i>61</i>
5.1.	Introducción	61
5.2.	Diagnóstico situación actual, desde el punto de vista técnico	62
5.3.	Descripción de la solución de ingeniería propuesta.....	64
5.3.1.	<i>Ingeniería para la estabilización del arroyo</i>	<i>64</i>
5.3.2.	<i>Estudios hidrológicos e hidráulicos desarrollados</i>	<i>65</i>
5.3.3.	<i>Caracterización física de la cuenca</i>	<i>65</i>
5.3.4.	<i>Determinación del caudal de diseño</i>	<i>66</i>
5.3.5.	<i>Diseño del perfil y sección transversal del canal.....</i>	<i>67</i>
5.3.6.	<i>Ingeniería para la arborización del área de influencia</i>	<i>69</i>
6.	<i>Evaluación económica de la canalización del arroyo</i>	<i>73</i>
6.1.	Introducción	73
6.2.	Indicadores de evaluación económica.....	74
7.	<i>Conclusiones y consideraciones.....</i>	<i>81</i>
7.1.	Conclusiones.....	81
7.2.	Consideraciones generales	83
7.3.	Perspectivas de desarrollo futuro.....	85
8.	<i>Referencias Bibliográficas</i>	<i>87</i>

Índice de Figuras

Figura 1: <i>Árbol de problemas en el barrio Bajo Valle.</i>	4
Figura 2: <i>Árbol de alternativas para mejorar el nivel de calidad de vida de los habitantes del barrio Bajo Valle.</i>	5
Figura 3: (A) <i>Ubicación Colombia en Suramérica;</i> (B) <i>Ubicación Barranquilla – Colombia;</i> (C) <i>Mapa de Barranquilla, escudo y bandera. Fuente: Adaptado de Google Maps y http://www.uninorte.edu.co/web/conectados-con-el-mundo/sobre-colombia-y-barranquilla.</i>	14
Figura 4: (A) <i>Localidades de Barranquilla;</i> (B) <i>Localidad Suroccidente de Barranquilla. Fuente: http://radareconomicointernacional.blogspot.com.co/2011/05/me-quejo-y-lipaya-los-barrios-mas.html y http://rcientificas.uninorte.edu.co/revistas/memorias/images/n18/n18a09-2.jpg.</i>	15
Figura 5: <i>Porcentaje de lluvia en Barranquilla durante el año 2015. Fuente: http://bart.ideam.gov.co/images/precipitaciones/dec2015/pdecadal30.gif.</i>	16
Figura 6: <i>Distribución de la población de Barranquilla por edades en 2015. Fuente: DANE (2004).</i>	19
Figura 7: <i>Distribución de la población de Barranquilla por nivel educativo en 2015. Fuente: Censo DANE (2004).</i>	20
Figura 8: <i>Porcentaje de viviendas por servicio público en Barranquilla en 2015. Fuente: Censo DANE (2004).</i>	22
Figura 9: <i>Distribución de la población del barrio Bajo Valle por edades en 2015. Fuente: DANE (2004).</i>	23
Figura 10: <i>Porcentaje de viviendas por servicio público en el barrio Bajo Valle en 2015. Fuente: DANE (2015).</i>	24
Figura 11: (A) <i>Fenómeno de arroyo en Barranquilla.;</i> (B) <i>Contaminación cauce de arroyos. Fuente: http://www.arroyosdebarranquilla.co/notii-arroyos/galerias/145-heraldo-03 y http://www.emisoraatlantico.com.co/local/17174-arroyos-en-barranquilla,-atestados-de-basuras.html</i>	28
Figura 12: <i>Crecimiento urbano en Barranquilla nos años 1985 a 2004. Fuente: SGC (1997)</i>	29

Figura 13: Zona de erosión en laderas del arroyo Don Juan. Fuente: http://www.barranquilla.gov.co/forohidrico/problematika.html	30
Figura 14: Cuencas hídricas en Barranquilla. Fuente: Planes bases del plan de ordenamiento territorial del distrito especial, industrial y portuario de Barranquilla (2008)	31
Figura 15: Canalización precaria de un arroyo. Fuente: http://www.eluniversal.com.co/regional/encuentran-cuerpos-de-un-hombre-y-una-mujer-en-arroyo-de-barranquilla-170128	31
Figura 16: (A) Basura en arroyos de Barranquilla.; (B) Limpieza de arroyos.; (C) Basuras encontradas en arroyos. Fuente: http://www.emisoraatlantico.com.co/local/17174-arroyos-en-barranquilla,-atestados-de-basuras.html , http://diarioadn.co/barranquilla/mi-ciudad/arroyos-siguen-siendo-botaderos-de-basuras-1.71105 y http://diarioadn.co/barranquilla/mi-ciudad/arroyos-de-barranquilla-desbordados-1.107537	32
Figura 17: Escombros en caños del arroyos de Barranquilla. Fuente: http://www.elspectador.com/noticias/nacional/arenosa-huele-cano-articulo-422891	34
Figura 18: Tasas de mortalidad, natalidad y crecimiento natural en Barranquilla. Fuente: Secretaría de Salud Pública Distrital de Barranquilla (2013)	36
Figura 19: Localización del arroyo en el barrio Bajo Valle. Fuente: Plan de Desarrollo (2012)	47
Figura 20: Levantamiento topográfico. Fuente: Plan de Desarrollo 2012–2015 (2012) y Foro Hídrico (2012).....	63
Figura 21: Perfil longitudinal actual del eje del arroyo. Fuente: Plan de Desarrollo 2012–2015 (2012) y Foro Hídrico (2012).....	63
Figura 22: Secciones del arroyo de 560 m y 720 m. Fuente: Plan de Desarrollo 2012–2015 (2012) y Foro Hídrico (2012).....	64
Figura 23: Curvas IDF (Intensidad – Duración – Frecuencia) para Barranquilla. Fuente: Estación meteorológica del Aeropuerto Internacional Ernesto Cortissoz de Barranquilla (2014)	66
Figura 24: Sección canal para la canalización del arroyo. Fuente: Diseño propio.....	68
Figura 25: Perfil longitudinal propuesto para el eje del canal.....	69

Figura 26: <i>Sección del canal con la arborización.</i>	71
Figura 27: <i>Valor Presente Neto Económico (VPNE) de un proyecto. Fuente: Departamento Nacional de Planeación (2012).</i>	75
Figura 28: <i>Explicación gráfica de indicadores económicos empleados para la evaluación del proyecto.</i>	79

Índice de Tablas

Tabla 1: Aspectos generales de la ciudad de Barranquilla. Fuente: Alcaldía de Barranquilla (2016).....	13
Tabla 2: Número de viviendas por estrato socioeconómico en Barranquilla en 2015. Fuente: DANE (2004).....	21
Tabla 3: Casos de enfermedades nos años 2012 y 2013 en Barranquilla. Fuente: Secretaría de Salud Pública Distrital de Barranquilla (2013)	38
Tabla 4: Tasa de morbilidad ajustada en Barranquilla 2004–2007. Fuente: Fundación La Paz (2008)	39
Tabla 5: Presupuesto del Distrito para canalización de arroyos en 2016. Valores en pesos Colombianos (COP) y Euros (€). Fuente: Alcaldía de Barranquilla (2015).....	52
Tabla 6: Presupuesto Estimado de las Obras. Valores en pesos Colombianos (COP) y Euros (€).....	54
Tabla 7: Plan de Acción Foro Hídrico en 2016–2019. Fuente: http://www.barranquilla.gov.co/forohidrico/plandeaccion.html	57
Tabla 8: Presupuesto de Inversión de Distrito de Barranquilla para 2016. Valores en pesos Colombianos (COP) y Euros (€). Fuente: http://www.barranquilla.gov.co/	58
Tabla 9: Gasto per cápita en salud en lo Distrito de Barranquilla. Valores en pesos Colombianos (COP) y Euros (€). Fuente: Secretaría de Salud Distrital (2010).....	59
Tabla 10: Beneficios de las obras en la reducción de casos de enfermedades. Valores en pesos Colombianos (COP) y Euros (€). Fuente: Secretaría de Salud Distrital (2015) y cálculos propios.....	60
Tabla 11: Morfología de la cuenca. Fuente: IGAC (2012)	65
Tabla 12: Caudal de diseño (Q) obtenido para diferentes períodos de retorno (Tr) aplicando el método racional.....	67
Tabla 13: Proyecciones de gastos anuales por consulta externa sin canalización. Valores en pesos Colombianos (COP) y Euros (€). Fuente: Secretaria de Salud Distrital (2015) ..	76
Tabla 14: Cálculo del VPNE de los gastos de consulta sin proyecto. Valores en pesos Colombianos (COP) y Euros (€). Fuente: Cálculo propios.....	76

Tabla 15: *Proyecciones de gastos anuales por consulta externa con la canalización. Valores en pesos Colombianos (COP) y Euros (€). Fuente: Cálculo propios..... 77*

Tabla 16: *Proyecciones de gastos anuales de mantenimiento de la canalización del arroyo. Valores en pesos Colombianos (COP) y Euros (€). Fuente: Cálculo propios..... 77*

Tabla 17: *Proyecciones de gastos anuales por consulta externa más el mantenimiento de las obras. Valores en pesos Colombianos (COP) y Euros (€). Fuente: Cálculo propios.... 78*

Tabla 18: *Cálculo del VPNE y TIRE de los gastos de consulta con proyecto, y relación beneficio-costos. Valores en pesos Colombianos (COP) y Euros (€). Fuente: Cálculo propios..... 78*

Siglas y Abreviaturas

A – Área de drenaje de la cuenca
Ad – Área de sección transversal
C – Coeficiente de escorrentía superficial
CIS – Centro Integral del Sur
DAMAB – Departamento Administrativo del Medio Ambiente
DANE – Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DNP – Departamento Nacional de Planeación
i – Intensidad de la lluvia
IDF – Intensidad-Duración-Frecuencia
IVI – Índice de Valor de Importancia
JICA – Agencia de Cooperación Internacional de la Misión Japonesa
K – Tasa social de descuento
n – Factor de rugosidad de Manning
ONGs – Organizaciones No Gubernamentales
PNUMA – Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PTE – Pendiente del Canal
Q – Caudales de diseño
RBCE – Relación Beneficio-Costo Económico
R.P.C – Relación de Precios Cuenta
SGC – Servicio Geológico Colombiano
TIRE – Tasa Interna de Retorno Económica
Tr – Período de retorno
Vd – Velocidad máxima de diseño
VPNE – Valor Presente Neto Económico
USSCS – Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos

1. Introducción

1.1. Âmbito

Un proyecto puede definirse como una planificación de actividades que se deben emprender durante un tiempo limitado y que apuntan a lograr un resultado único esperado para la solución de una necesidad o problema. El proyecto finaliza cuando se obtiene el resultado deseado, desaparece la necesidad inicial, o se agotan los recursos disponibles.

En síntesis, el objetivo esencial de todo proyecto es cambiar una situación actual por una situación deseada. En la situación actual subyace un problema, cuya solución deberá ser lograda mediante la ejecución del proyecto que se propone, para avanzar así a la situación futura esperada. Esto implica que para concebir adecuadamente un proyecto, es necesario, como punto de partida, desentrañar y definir con la mayor claridad posible el problema que debe ser resuelto y tomar la decisión de invertir o no en dicha solución, es decir, se debe formular y evaluar el proyecto de inversión que corresponda.

Es sabido que todo proyecto de inversión genera efectos, gastos o impactos de naturaleza diversa, directos, indirectos, externos e intangibles. Estos últimos rebasan con mucho las posibilidades de su medición monetaria y sin embargo no considerarlos resulta pernicioso por lo que representan en los estados de ánimo y definitiva satisfacción de la población beneficiaria o perjudicada.

Por lo tanto, formular y evaluar un proyecto de inversión no es más que preparar una propuesta de acción técnico económica para resolver una necesidad utilizando un conjunto de recursos disponibles, los cuales pueden ser, recursos humanos, materiales y tecnológicos entre otros. El proyecto de inversión es un documento por escrito formado por una serie de estudios (mercados, técnicos, económicos, financieros, ambientales, jurídicos) que permiten al emprendedor que tiene la idea y a las instituciones que lo apoyan saber si la idea es viable, se puede realizar y dará ganancias. Responde a una decisión sobre uso de recursos con algún o algunos de los objetivos, de incrementar, mantener o mejorar la producción de bienes o la prestación de servicios.

Además de lo anterior se debe tener claro que existe una clasificación teórica de proyectos, dentro de los cuales se encuentran los proyectos de inversión privada, los

proyectos de inversión pública y los proyectos de inversión social. Es sobre éste último tipo de proyectos dentro de los cuales se enmarca el que se desarrolla en el presente documento, específicamente en el área del medio ambiente ya que dentro de esta clasificación existen, entre otros, proyectos sociales que tienen que ver con vivienda, salud, educación, cultura, mujer, familia, deporte, recreación, turismo, entre otros.

Con el propósito de contextualizar el trabajo, se parte de la definición dada por el profesor de Planeación Estratégica, Raúl Ovando Jurado (2002), quien define que “...*Un proyecto de inversión social es la expresión concreta del proceso de planificación que inicia con la detección y priorización de necesidades de la población que se desea atender, confrontándolas con los recursos disponibles para definir las políticas, los objetivos y las acciones de desarrollo, para solventar, o por lo menos atenuar, los problemas detectados*”.

El presente documento contiene un trabajo de formulación y evaluación de un proyecto de inversión social que pretende incrementar el nivel de calidad de vida de los habitantes de una comunidad en la ciudad de Barranquilla (Colombia) que viven en unas condiciones de insalubridad que generan enfermedades y afectan a toda la población allí presente.

El proyecto está formulado de acuerdo con los fundamentos metodológicos para su identificación, elaboración, puesta en marcha y evaluación final, con lo que se aseguran los mejores resultados posibles para su gestión.

1.2. Motivación

Al observar las precarias condiciones en las que habita la población situada en la zona de influencia del arroyo en el barrio Bajo Valle, me he motivado en gran medida a desarrollar este trabajo de fin de máster (TFM) con el objetivo principal de mejorar la calidad de vida de estas personas en diferentes aspectos tales como: vivienda, servicios sanitarios, educación ambiental, salud, y condiciones medioambientales. El problema de los arroyos es muy complejo en mi ciudad, Barranquilla (Colombia), debido a que existen en toda la ciudad, abarcando sectores residenciales, industriales, comerciales y educativos. Éstos ocasionan pérdidas económicas y de vidas humanas.

Por otro lado, esta zona de influencia del arroyo en el barrio Bajo Valle, al ser una zona de alta pobreza en la ciudad, sumado a que estas personas están en el olvido de las entidades estatales y distritales, ha generado que vivan en extrema pobreza y precarias

condiciones. Estas condiciones han empeorado por las diferentes consecuencias que trae el arroyo a esta zona cada vez que llueve en nuestra ciudad. Por esta razón he sentido motivación de desarrollar este TFM para contribuir con el desarrollo de esta zona de la ciudad de Barranquilla.

1.3. Problemática

Actualmente en Barranquilla existe un gran problema para las personas que viven en las laderas del arroyo del barrio Baje Valle. Las condiciones de insalubridad en que conviven los habitantes asentados en las orillas del arroyo del barrio Bajo Valle ubicado en el Suroccidente de Barranquilla, traen como consecuencias que la zona presente un perfil epidemiológico con altas tasas de morbilidad por patologías de enfermedades respiratorias, gastrointestinales e infecciones de la piel y tejido subcutáneo. Este proyecto de inversión social busca resolver este gran problema, ocasionado por las siguientes causas:

- Clima: lluvias, arroyos y derrumbes;
- Deforestación: crecimiento urbano sin planificación y carencia de programas de reforestación;
- Falta de infraestructura de estabilización de arroyos;
- Mala disposición de residuos sólidos: deficiente educación ambiental y un inadecuado sistema de recolección de basuras y residuos;
- Falta de mantenimiento de los cauces de los arroyos;
- Indebida evacuación de residuos sanitarios: deficiente sistema de alcantarillado;
- Pérdidas de vidas humanas;
- Altas tasas de enfermedades;
- Congestión del Sistema Hospitalario.

En la figura 1 se establece el árbol de problemas que ocasionan el bajo nivel de calidad de vida de los habitantes asentados en la zona de influencia del arroyo.

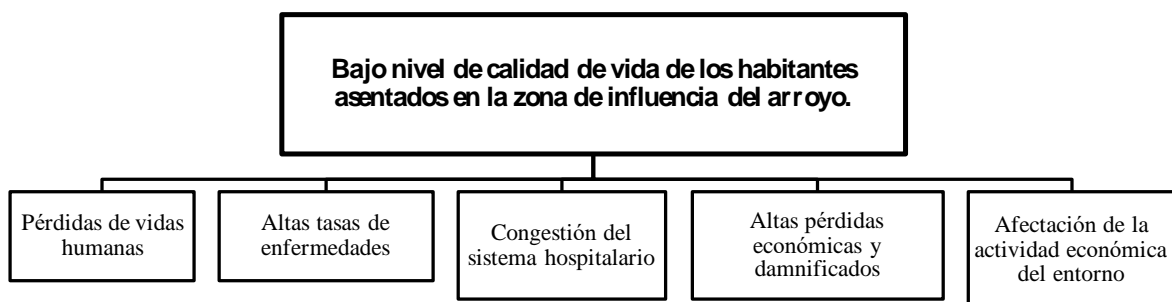


Figura 1: Árbol de problemas en el barrio Bajo Valle.

El problema de los habitantes de la ciudad de Barranquilla que tienen sus viviendas asentadas en los cauces y laderas de los arroyos pluviales son una realidad calamitosa que puede ocasionar fenómenos más de carácter social que de tipo natural que se repite permanentemente en el año y se acentúa con la llegada del invierno. Es una realidad a la que no se puede dársele la espalda para darle a la situación un tratamiento de emergencia. Este problema es más complejo y requiere soluciones imaginativas de carácter holístico donde prime el criterio transdisciplinario para abordar el problema.

Este TFM es, por lo tanto, un desarrollo de un proyecto de inversión social. En este tipo de proyectos el Estado reemplaza la oferta, debido a que es el único responsable de ofrecer soluciones para atender la demanda insatisfecha, conformada por la población calculada en los estudios. Por este motivo el Estado debe trabajar por el bienestar social y el vivir dignamente como derechos ciudadanos del Estado Social de Derecho que es Colombia. De no darse solución al problema detectado se corre el riesgo de acentuar sus incidencias negativas sobre el conjunto de las familias directamente acentuadas y sobre la ciudad en general, con el consiguiente incremento en los costos económicos, sociales y ambientales para la sociedad.

1.4. Alcance

La problemática encontrada puede tratarse a partir del desarrollo de las siguientes actividades generales:

- El diseño y construcción de obras civiles para lograr la estabilización del cauce y las laderas del arroyo;

- El mantenimiento de su cauce con la limpieza y recolección de residuos sólidos;
- La arborización del área de influencia; y
- El desarrollo de programas de capacitación ambiental a sus habitantes.

En la figura 2 se establece el árbol de alternativas que existen para mejorar el nivel de calidad de vida de los habitantes asentados en la zona de influencia de arroyo.

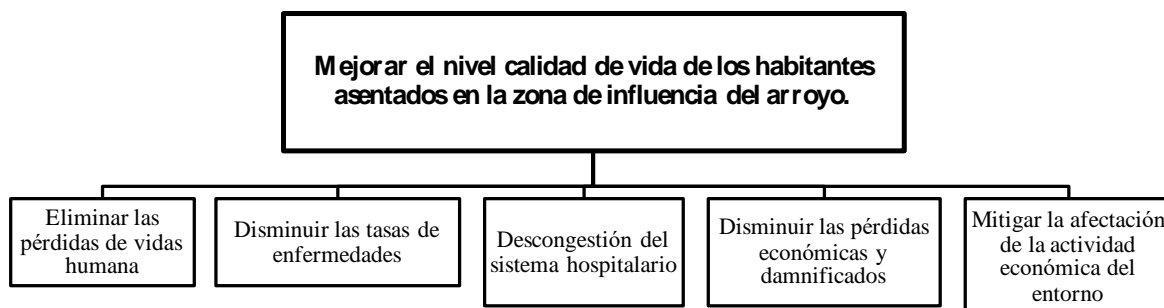


Figura 2: Árbol de alternativas para mejorar el nivel de calidad de vida de los habitantes del barrio Bajo Valle.

Las actividades de mantenimiento del cauce del arroyo, la limpieza y recolección de residuos sólidos, la arborización del área de influencia y la educación ambiental, son necesarias para disminuir la tasa de morbilidad de los habitantes asentados en esta zona. Esta zona se encuentra delimitada por las carreras 16B, 17 y 18, y la calle 71B del suroccidente de la ciudad de Barranquilla (ver Figura 4B).

El proyecto consiste básicamente en el desarrollo de las siguientes actividades:

1. Delimitar la zona de influencia dentro de las direcciones de ubicación geográfica;
2. Definir las cotas del lecho del arroyo;
3. Realizar limpieza manual con el aporte de mano de obra de la comunidad;
4. Diseñar e instalar estructuras de disipación de energía a lo largo del recorrido del arroyo;
5. Corte y conformación de taludes en la longitud del arroyo;
6. Revestir en concreto ciclópeo el cauce del arroyo;
7. Definición y adquisición de tipo de arborización a sembrar;
8. Siembra de árboles;
9. Limpieza del área;

10. Capacitación ambiental a la comunidad.

Puesto que este es un proyecto de inversión social que debe ser desarrollado por el Estado, de acuerdo a sus responsabilidades constitucionales, se pudo tener acceso al Presupuesto de Inversiones del Distrito de Barranquilla para la vigencia 2016 y se evidenció que efectivamente se incluyen unos valores para trabajos de canalización, limpieza y mantenimiento de arroyos, lo que asegura que el proyecto propuesto puede contar con la viabilidad por parte de la autoridad local.

1.5. Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es mejorar el nivel de la calidad de vida de los habitantes asentados en la zona de influencia del arroyo del barrio Bajo Valle en la ciudad de Barranquilla (Colombia). En la consecución de este objetivo se establecieron los siguientes objetivos específicos:

1. Eliminar la pérdida de vidas humanas;
2. Disminuir la tasa de enfermedades;
3. Descongestionar el Sistema Hospitalario de la ciudad;
4. Mejorar las condiciones de insalubridad en las que conviven los habitantes asentados en las orillas del arroyo.

1.6. Justificación

El propósito general con la ejecución del proyecto es contribuir al mejoramiento del nivel de calidad de vida de los habitantes asentados en la zona de influencia del arroyo del barrio Bajo Valle. Este se puede llevar a cabo a partir de mejorar los indicadores de calidad de vida de tipo cualitativo, contribuyendo a mejorar las condiciones de la ciudad a partir de un talento humano motivado y con escenarios de vida digna.

Se identifican cinco aspectos que justifican el desarrollo del proyecto en mención, para así eliminar el problema planteado anteriormente, las cuales son descritas a continuación. Si llegase a materializarse el proyecto, se lograría en el largo plazo, mejorar el nivel de calidad de vida de los habitantes del sector afectado, es decir se solucionaría la gran problemática descrita anteriormente.

1º Aspecto: Deforestación de los márgenes laterales de los arroyos

Es tanta la preocupación que esta causa genera, que en los últimos años el Distrito de Barranquilla, a través del Fondo de Restauración, Obras e Inversiones Hídricas Distritales (Foro Hídrico), ha entrado a diseñar, formular, ejecutar y mantener planes y proyectos acordes a la alternativa de solución. Proyectos que buscan solucionar la problemática de los arroyos del Distrito de Barranquilla, cuyos cauces son lechos de aguas residuales y desechos sólidos, que agravan el sistema hídrico de los canales de aguas lluvias.

Se plantean programas de reforestación y empradización de los márgenes laterales de los arroyos, con un doble propósito, el primero busca mejorar la calidad del medio ambiente y el segundo contribuye a la conservación del suelo, el agua y la salud pública. Este se lleva a cabo a través del incremento de las zonas verdes que a su vez estabilizan el suelo y disminuyen las condiciones de erosión y abandono de las rondas de los arroyos.

Se establece como norte en el proyecto, las actividades correspondientes a la arborización de manera sostenible con especies ornamentales, frutales y empradizar la ronda del arroyo con el fin de mejorar la calidad de vida de los moradores aledaños.

Alternamente y con el propósito de mejorar la calidad de los recursos hídricos existentes, se programaran actividades con la comunidad que habita en las inmediaciones del arroyo, con programas de mantenimiento, cuidado y crecimiento de los árboles y prados sembrados.

Con lo anterior, el Distrito de Barranquilla se pone a tono con la reforestación en la canalización de los arroyos, la cual se acoge a los lineamientos del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), integrando esfuerzos de personas y entidades de todo el mundo incentivando la plantación de árboles autóctonos que estén en consonancia con el medio y el entorno.

De igual manera se requiere que el desarrollo a futuro del Distrito se haga con base en las necesidades y a través de un modelo de planeación estratégica que arroje la formulación de un Plan de Desarrollo acorde con las necesidades y teniendo en cuenta el crecimiento demográfico y de infraestructura que tendrá la ciudad. Solo así se empezaran a corregir los problemas que aquejan hoy en día a toda la población de Barranquilla.

2º Aspecto: Carencia de infraestructura para la estabilización de arroyos

Para la estabilización de las laderas adenañas al cauce del arroyo, se plantea la siembra del pasto vetiver como una alternativa de solución con miras a disminuir significativamente el alto riesgo de inestabilidad del suelo y el alto riesgo de deslizamiento. Además de la filtración de aguas, que van socavando internamente la estructura del terreno en las laderas debido a la baja compactación del terreno.

Recomendaciones internacionales y de expertos en el tema sugieren, para zonas bastante inestables, sembrar las barreras hasta con distancia de cerca de 0,80 m.

También se requiere hacer inversiones en la adecuación de zonas adenañas, andenes en concreto, cobertura en pasto, soluciones que son fundamentales para el normal funcionamiento y estabilización de toda la obra de canalización.

3º Aspecto: Carencia de una adecuada disposición de residuos sólidos

Uno de los trabajos que también deben adelantarse para la solución del problema, es el desarrollo de proyectos que mejoren el manejo de los sedimentos producidos por el arroyo a lo largo de su cauce. Esto se puede lograr con una eficiente limpieza y periodos de mantenimientos más cortos, aprovechando las épocas de verano para que en el invierno el problema sea más manejable. Adicionalmente, se puede desarrollar la implementación de programas de capacitación ambiental en el manejo de estos residuos, lo que al final se verá representado en un aumento en la cultura ciudadana.

Es evidente la disposición de residuos sólidos de carácter urbano por parte de la comunidad, es necesario implementar un proceso de sensibilización con la comunidad. Cerca de 50 botaderos en la ciudad reciben la mayor parte de los escombros que se generan en Barranquilla, los cuales ascienden a 180 toneladas.

El manejo del mayor volumen de residuos domiciliarios lo tiene el grupo empresarial Triple AAA, a través de Aseo Técnico, con las labores de recolección, transporte, barridos manuales, barridos mecánicos y disposición final. En la zona norte de Barranquilla se dan dos barridos mecánicos con frecuencias inter diaria y bisemanal respectivamente.

En gran parte la zona suroccidental no existe barrido de calles, la gran mayoría son destapadas y las pavimentadas existentes están en mal estado, motivo por el cual se hace

pertinente los programas de educación ambiental y cultura ciudadana que se han mencionado anteriormente.

4° Aspecto: Ausencia de programas de mantenimiento preventivo de los cauces de los arroyos

Deben diseñarse y emprenderse programas de mantenimiento preventivo como la limpieza de los cauces de los arroyos con ayuda de la comunidad. El propósito es el mejoramiento de las condiciones de cada sector con este tipo de campañas en los arroyos que atraviesan cada zona. Además se pueden incluir brigadas de salud para niños y adultos, y otros servicios que demandan los diferentes barrios del sector.

Se deben emprender además programas de siembra de árboles y limpieza del entorno y de los lugares públicos cercanos al sector para mejorar las condiciones de seguridad. Para mejorar la convivencia entre niños y adultos, se debe impulsar la cultura de la tolerancia, el respeto, la solidaridad y la solución pacífica de conflictos. También impulsar labores educativas y ambientales, mediante charlas, visitas casa a casa y entrega de cartillas, para llamar la atención de los vecinos sobre la necesidad de no arrojar basuras a los arroyos y de mantener limpio el sector donde residen. Esto es un factor importante para mantener la salubridad pública y para prevenir la aparición de enfermedades que afectan a la población, especialmente a los niños, buscando mejorar la calidad de vida de los habitantes del sector y de todos los barranquilleros.

5° Aspecto: Pésimos sistemas de alcantarillados en las zonas marginales del suroccidente de Barranquilla

Deben emprenderse proyectos de inversión que contemplen obras o instalaciones que conformen los sistemas de alcantarillado, con el propósito de evacuar las aguas residuales domésticas y las pluviales de manera correcta al sistema. Esto busca evitar su disposición en los lechos de los arroyos, sino que vayan directamente a lagunas de oxidación donde se propicia el desarrollo controlado de procesos físicos, químicos y biológicos que permiten reducir a niveles convenientes, el contenido de materia orgánica de las aguas residuales domésticas.

Todas estas intervenciones en los cinco aspectos mencionados, incidirán para mejorar las condiciones de salubridad en que conviven los habitantes asentados en las orillas del arroyo del barrio Bajo Valle ubicado en el suroccidente de Barranquilla. Esto justifica claramente el proyecto de inversión social para ayudar en los siguientes aspectos:

1. Se disminuirán las pérdidas de vidas humanas;
2. Se disminuyen las altas tasas de enfermedades;
3. Se descongestiona el sistema hospitalario.

1.7. Estructura

Esta tesis está organizada en siete capítulos, incluyendo la introducción y las conclusiones. A continuación se presenta un breve resumen de cada capítulo.

Capítulo 2, Ubicación del área de estudio: este capítulo describe a la ciudad de Barranquilla y a la zona de influencia del arroyo del barrio Bajo Valle ubicado en el suroccidente de la ciudad. Esta zona es sobre la cual se centra el desarrollo de este TFM. Se describen los aspectos más relevantes, tales como marco regional, geología, geomorfología, clima, ecosistemas, hidrología, accesibilidad, demografía y economía.

Capítulo 3, Problemas de Barranquilla: este capítulo contiene los problemas relevantes que se presentan en la zona de influencia del arroyo, los cuales motivaron el desarrollo de este TFM. Dentro del capítulo se describe el planteamiento del problema, antecedentes y bases teóricas.

Capítulo 4, Alternativas de solución de la problemática: este capítulo describe las diferentes alternativas planteadas en el TFM para la solución definitiva de los problemas descritos en el capítulo 3. Dentro de estas alternativas se detallan las siguientes: control de deforestación, crear infraestructura para la estabilización de arroyos, lograr una adecuada disposición de residuos sólidos, diseñar e implementar programas de mantenimiento preventivo de los cauces de los arroyos y realizar inversiones en los sistemas de alcantarillados en las zonas marginales del suroccidente de Barranquilla. Posteriormente se realiza un análisis de las alternativas propuestas, el costo asociado y los beneficios esperados con el desarrollo del TFM.

Capítulo 5, Descripción técnica del desarrollo de la canalización del arroyo: este capítulo contiene los detalles técnicos necesarios para el desarrollo de la obra propuesta en

el TFM. Contiene los siguientes aspectos: diagnóstico situación actual, desde el punto de vista técnico y la descripción de la solución de ingeniería propuesta.

Capítulo 6, Evaluación económica de la canalización del arroyo: este capítulo describe la evaluación financiera y económica del TFM donde se analizan en detalle los resultados obtenidos con el fin de concluir si se cumplen o no los objetivos propuestos con la solución planteada y por ende la conveniencia de la ejecución de la misma.

2. Ubicación del área de estudio

2.1. Marco regional

El área de estudio de este TFM es la zona de influencia del arroyo del barrio Bajo Valle ubicado en el suroccidente de Barranquilla. Los principales aspectos de la ciudad de Barranquilla están descritos en la Tabla 1. Barranquilla es una ciudad que está ubicada en el norte de Colombia (Figura 3) sobre la ribera occidental del río Magdalena, a pocos kilómetros de su desembocadura en el mar Caribe.

Tabla 1: Aspectos generales de la ciudad de Barranquilla. Fuente:

http://www.barranquilla.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=30&Itemid=121 (2016)

País:	Colombia	Altitud:	4 m.s.n.m.
Departamento:	Atlántico	Superficie:	158 km ²
Región:	Caribe	Fundación:	Año 1629
Latitud:	10°59'16'' N	Alcalde:	Alejandro Char Chaljub
Longitud:	074°47'20''O	Sitio web:	www.barranquilla.gov.co

Barranquilla es una ciudad que se caracteriza por tener puerto aéreo, marítimo, fluvial y de comunicaciones. Alberga a más de un millón de habitantes, de acuerdo a las proyecciones del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) realizadas con el censo poblacional en el año 2004, cuyo rasgo común es la espontaneidad y la alegría de las gentes del caribe colombiano. Sus habitantes se dedican al trabajo en cuatro sectores productivos: la industria, los servicios, el comercio y el transporte. Sobresale entre ellos la actividad industrial manufacturera y metalmecánica, la producción de alimentos y bebidas, las confecciones y las sustancias químicas.



Figura 3: (A) Ubicación Colombia en Suramérica; (B) Ubicación Barranquilla – Colombia; (C) Mapa de Barranquilla, escudo y bandera. Fuente: Adaptado de Google Maps y <http://www.uninorte.edu.co/web/conectados-con-el-mundo/sobre-colombia-y-barranquilla>

Barranquilla cuenta con una adecuada infraestructura de servicios públicos, múltiples ventajas arancelarias, una moderna zona franca y eficientes parques industriales, convirtiéndola en un lugar estratégico para el desarrollo del comercio internacional.

La ciudad de Barranquilla tiene 188 barrios los cuales se encuentran organizados en cinco localidades denominadas: Localidad Suroccidente, Localidad Suroriente, Localidad Norte-Centro Histórico, Localidad Metropolitana y Localidad Riomar (Figura 4A). El barrio Baje Valle, área de estudio de este TFM, se encuentra ubicado en la Localidad Suroccidente de la ciudad (Figura 4B).

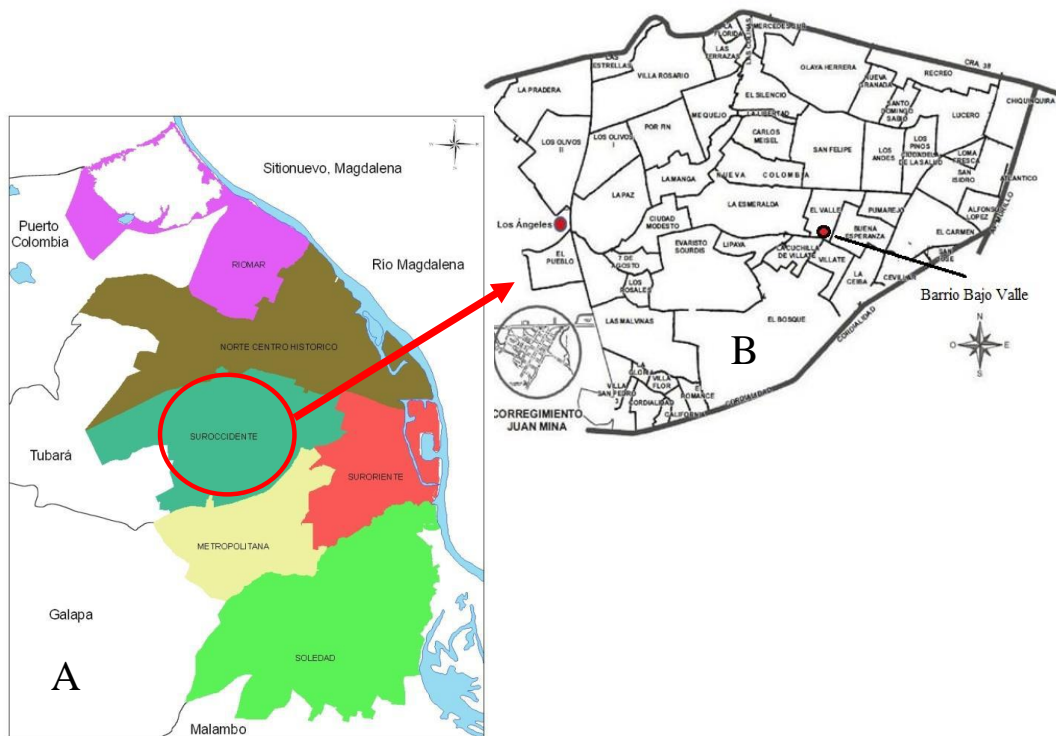


Figura 4: (A) Localidades de Barranquilla; (B) Localidad Suroccidente de Barranquilla. Fuente: <http://radareconomicointernacional.blogspot.com.co/2011/05/me-quejo-y-lipaya-los-barrios-mas.html> y <http://rcientificas.uninorte.edu.co/revistas/memorias/images/n18/n18a09-2.jpg>

2.2. Geología y Geomorfología

La zona suroccidental de la ciudad presenta problemas asociados con procesos erosivos, pues se encuentra sobre suelos de colina y relieve fuertemente quebrados, de cimas irregulares y pendientes fuertes y largas. En general son suelos superficiales, excesivamente drenados y poco evolucionados, características edafotécnicas que la clasifican como una zona de alta susceptibilidad a la erosión, al romperse el ecosistema natural y no existir medidas técnicas necesarias de mitigación (Alcaldía de Barranquilla, 2015a). Unos 25 barrios en la zona se encuentran sujetos a éste tipo de problema, agravado por la inexistencia de un apropiado sistema de alcantarillado. La disposición de las aguas servidas por sépticas o vertimientos directos al terreno natural aumenta el factor de riesgo por erosión, dentro de los que se encuentran los barrios Me Quejo, Carlos Meisel, Cuchilla de Villate, La Manga, Bajo Valle, entre otros.

También se presentan, en esta misma zona, problemas relacionados con la ocupación de terrenos adyacentes a los cauces de los arroyos que la cruzan, los cuales son utilizados como depósitos de basuras, de aguas servidas o desechos, ocasionando, en períodos de lluvia, represamientos de agua. Como consecuencia de esta situación, se producen desbordamientos, inundaciones y problemas de salud, especialmente en la población infantil, incrementando los índices de mortalidad.

2.3. Clima

Barranquilla es una ciudad que tiene un clima tropical cálido seco y presenta anomalías y diferencias como consecuencia del sistema meteorológico local y de la ubicación geoastronómica. Los datos climáticos se toman de la estación meteorológica del Aeropuerto Internacional Ernesto Cortissoz.

Barranquilla tiene una temperatura media de 28°C, en el que las temperaturas máximas superan siempre los 33,3°C, mientras las mínimas están por encima de los 21,4°C hasta los 22,6°C. La humedad es muy constante, por lo tanto, la media anual varía entre el 77% y el 82%; en forma general se aprecia que la humedad relativa no baja del 72% ni supera el 87% a lo largo del año (Estación Aeropuerto Ernesto Cortissoz de Barranquilla, 2015).

La zona presenta un régimen bimodal, presentando una época de lluvia y una época seca (Figura 5).

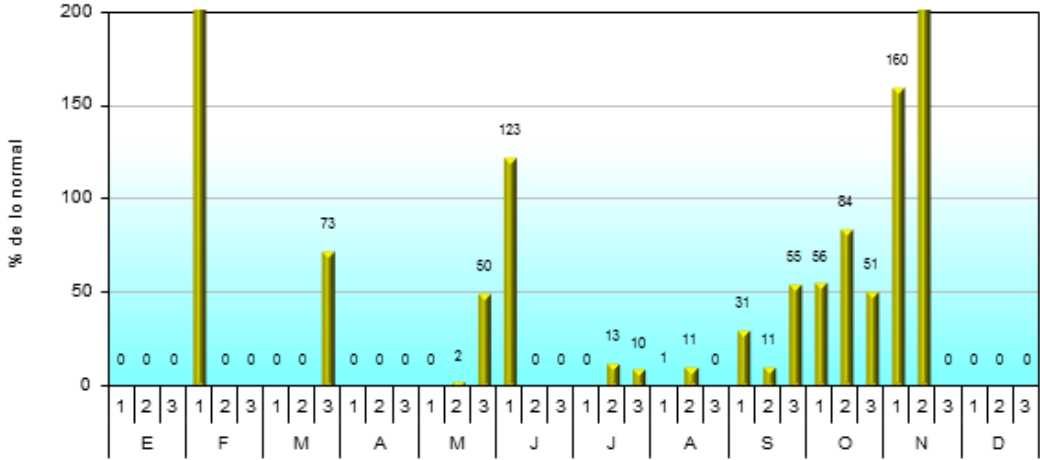


Figura 5: Porcentaje de lluvia en Barranquilla durante el año 2015. Fuente: <http://bart.ideam.gov.co/images/precipitaciones/dec2015/pdecadal30.gif>

La época de lluvia presenta un periodo muy definido que va del mes de Mayo al de Noviembre. Durante este período cae 82% de la precipitación anual (precipitación media anual de 830 mm). La época seca ocurre entre los meses de Diciembre y Abril, con promedios entre 1 y 22 mm/mes, siendo los meses más críticos Enero y Febrero, y una corta (veranillo de San Juan) durante los meses de Junio y Julio. El promedio de lluvias en la parte oriental de la ciudad es ligeramente menor que en el occidente y suroccidente (Estación aeropuerto Ernesto Cortissoz de Barranquilla, 2015).

2.4. Ecosistemas – Hidrología

El Departamento Administrativo del Medio Ambiente en su último estudio de hidrología realizado para el Plan de Gestión Ambiental del Distrito de Barranquilla (DADIMA, 1997), establece que el sistema hidrológico del Distrito de Barranquilla *“hace parte de la cuenca baja del río Magdalena el cual recoge las aguas a través de caños como La Ahuyama, Arriba, Los Tramosos y Las Compañías; así como numerosos arroyos los cuales se encuentran en su gran mayoría en la parte urbana y son: Platanal, El Salado, Don Juan, Carreras 8 - 15 y 19, Rebolo, Hospital, La Paz, Bolívar, Carrera 51, Carrera 53, Felicidad, Carrera 65, Coltabaco, Carrera 58, Carrera 71, Country, Siape, Calle 92, Santo Domingo, Del Bosque, El Salado 2, estos últimos tributan por intermedio de las ciénagas de la margen izquierda”*.

Aparte de estas consideraciones, el área del Distrito presenta una importante vertiente hacia el occidente de la ciudad, en el área rural, cuyos principales cuerpos de agua están constituido por los arroyos Grande y Bajo Valle, presentando corrientes de aguas sólo en períodos lluviosos.

El sistema de caños en la zona central de la ciudad presenta severos procesos de deterioro ambiental motivados por años de abandono, tratamientos urbanos inadecuados, vertimientos de residuos sólidos, escasa recirculación del agua, entre otros.

El sistema hidrográfico del occidente de la ciudad presenta dos componentes: el correspondiente al sector suroccidental, severamente afectado por la ocupación indiscriminada del territorio por numerosos pobladores que conformaron barrios originados por procesos de invasión y el correspondiente a la zona rural del Distrito, el cual debe ser objeto de un cuidadoso tratamiento en la escala metropolitana pues varios de los arroyos

allí ubicados presentan coberturas supramunicipales, como en el caso del Arroyo Grande, cuyo curso atraviesa los municipios de Galapa, el Distrito de Barranquilla y Puerto Colombia.

2.5. Accesibilidad

A la ciudad de Barranquilla se puede llegar por vía aérea, terrestre, fluvial y marítima. Barranquilla cuenta con el aeropuerto Internacional Ernesto Cortissoz, ubicado en el municipio de Soledad a tan sólo 7 km, aproximadamente 30 minutos del centro de Barranquilla. Es posible acceder por tierra, a través de la Troncal del Caribe y Occidente, una infraestructura vial excelente que permite la comunicación con todo el país.

Medios de transporte por vía fluvial no son muy frecuentados para llegar a Barranquilla, dado que, se encarga de comunicar solamente a todos los pueblos ribereños del bajo Magdalena, por medio de pequeñas embarcaciones con motores fuera de borda. Todavía a vía marítima de acceso a la ciudad, es más utilizada como medio de desarrollo industrial y comercial de la Región Caribe.

La localidad suroccidente (zona donde se encuentra ubicado el barrio Bajo Valle) se encuentra ubicada dentro de los siguientes límites: al Norte con la Carrera 38, al Sur Oriente con la acera Oeste de la avenida la cordialidad, al este con la acera Oeste de la calle murillo y al Sur Occidente con los límites del Municipio de Galapa, incluyendo zonas de expansión urbana y rural y el corregimiento de Juan Mina. El arroyo en el barrio Baje Valle se encuentra ubicado en las carreras 16B, 17 y 18 y la calle 71B en esta localidad. A esta zona de la ciudad únicamente se puede llegar por vía terrestre, ya sea por medio de transporte público, privado o a pie.

2.6. Demografía

2.6.1. *En Barranquilla*

La información demográfica de Barranquilla fue extraída de un estudio de población realizado en el año 2004 por las autoridades nacionales y proyectada según el indicador de la tasa de crecimiento del DANE.

De acuerdo con el censo realizado por el DANE (2004), Barranquilla tenía una población total de 1.134.200 habitantes. La población actual en el año 2015 de acuerdo a la tasa de crecimiento establecida por el DANE (tasa de crecimiento promedio de 1,087% anual) en sus proyecciones demográficas es de 1.276.018 habitantes, de los cuales el 48% son hombres y el 52% son mujeres. Barranquilla es la ciudad con mayor número de habitantes en la Costa Caribe Colombiana y la cuarta del país, por detrás de Bogotá, Medellín y Cali.

Del total de esta población para el año 2015, el mayor número de habitantes de la ciudad se encuentra entre 18 a 60 años (30%; Figura 6), haciéndola una ciudad con una buena cantidad de habitantes económicamente activos.

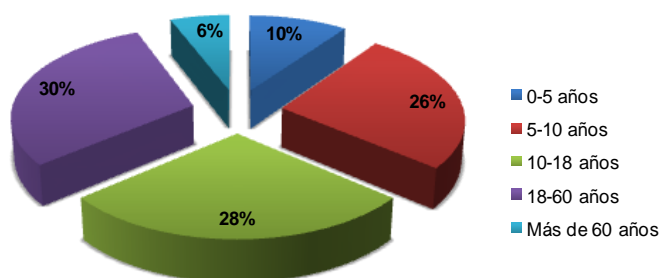


Figura 6: Distribución de la población de Barranquilla por edades en 2015. Fuente: DANE (2004)

En Barranquilla, en el año 2004, existían 340.260 habitantes económicamente activos, mientras que en la actualidad existen 382.806 (DANE, 2004). Esta población se encuentra discriminada en comerciantes (24%), empleados (50%), desempleados (15%) y estudiantes (11%) (DANE, 2004). La ciudad es una de las que más bajo índice de desempleo tiene en el país actualmente debido a la inversión extranjera que se ha venido llevando a cabo en los últimos 10 años. El gobierno Colombiano ha venido desarrollando políticas para fomentar la vinculación de los estudiantes recién egresados de las universidades a las diferentes empresas, ofreciéndole a éstas diferentes beneficios tributarios, comerciales y financieros.

Barranquilla es una ciudad con una pequeña diversidad étnica (indígenas, rom, raizal, negro - mulato, afrocolombiano y afrodescendiente), representando estos habitantes el 13,4% del total. Actualmente existen en la ciudad, 1.276 habitantes indígenas, 2.552 rom, 2.552

palenqueros y 164.606 negros (DANE, 2004). Cabe recordar que Colombia fue conquistada por los españoles, creando así esta mezcla de razas entre los habitantes de la ciudad.

La ciudad de Barranquilla, al ser la cuarta más grande del país, tiene un buen nivel de educación entre sus habitantes. En la actualidad existen 1.199.458 habitantes con algún nivel de educación, el cual va desde pre-escolar hasta superior – postgrado (DANE, 2004) (Figura 7). Este número de habitantes, representa el 94% de la población total, dejando un porcentaje de 6% con ningún nivel de educación. Cabe resaltar que una cantidad importante de habitantes (259.032) acceden a la educación superior (Universidades), ocasionando esto que la ciudad tenga profesionales altamente preparados para el mundo globalizado de hoy en día en temas laborales, de emprendimiento para generar empleo y de inversión extranjera.

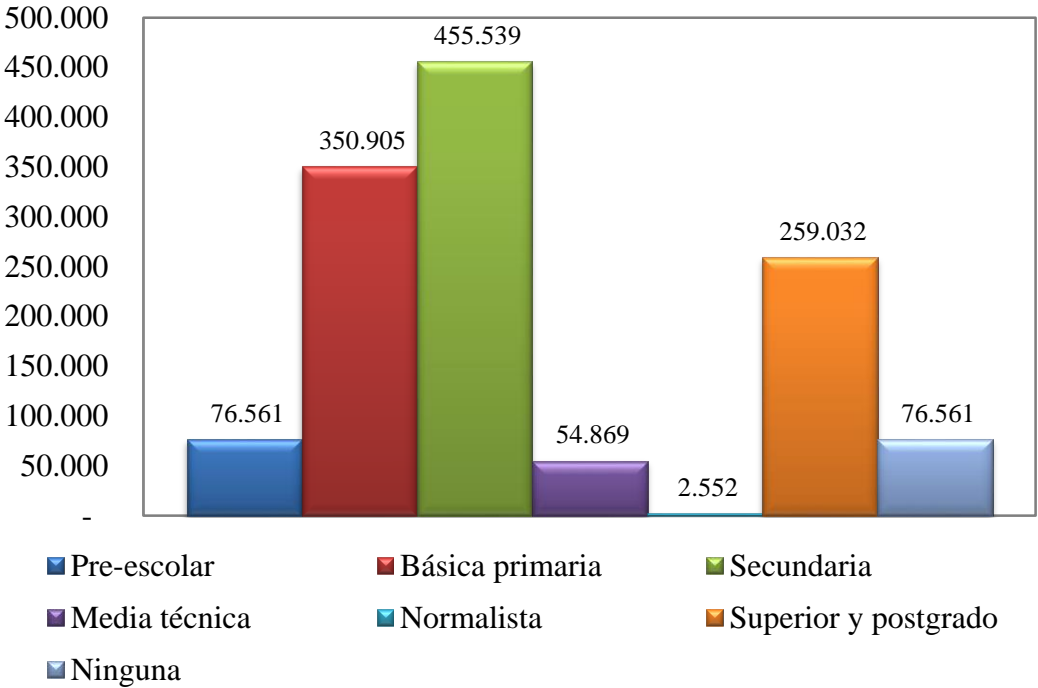


Figura 7: Distribución de la población de Barranquilla por nivel educativo en 2015. Fuente: DANE (2004)

La estratificación socioeconómica es una clasificación en estratos de los inmuebles residenciales que deben recibir servicios públicos. Se realiza principalmente para cobrar de manera diferencial por estratos los servicios públicos domiciliarios permitiendo asignar subsidios y cobrar contribuciones en esta área. De esta manera, quienes tienen más

capacidad económica pagan más por los servicios públicos y contribuyen para que los estratos bajos puedan pagar sus facturas. En Colombia los estratos socioeconómicos son 1, 2, 3, 4, 5 y 6, donde el No. 1 es el más bajo y el No. 6 es el más alto. Esta clasificación en estratos también divide la ciudad en las zonas donde viven las personas dependiendo del nivel de ingresos que tengan. En la Tabla 2 se puede observar la cantidad de viviendas en la ciudad de Barranquilla dependiendo el estrato donde se encuentren ubicadas.

Tabla 2: Número de viviendas por estrato socioeconómico en Barranquilla en 2015. Fuente: DANE (2004)

Estrato socioeconómico	Número de Viviendas	Porcentaje
1	61.555	24,35%
2	73.656	29,14%
3	53.613	21,21%
4	29.533	11,68%
5	16.977	6,72%
6	17.118	6,77%
Sin estrato	308	0,12%
Total	252.760	100%

Claramente se puede observar de la Tabla 2 que en la ciudad de Barranquilla existen una clara mayoría de viviendas de familias de escasos recursos económicos, las cuales se encuentran ubicadas en los estratos 1 y 2. Estas viviendas representan el 53,49%, es decir más de la mitad de las viviendas (DANE, 2004). Las viviendas sin estrato son las catalogadas como estrato 0 o de invasión, las cuales son viviendas asentadas en terrenos no propios de manera arbitraria o en forma de invasión.

Este indicador es de gran ayuda para saber la desigualdad económica que existe no solo en Barranquilla sino en todo el país. Por esta razón, la mayor parte de las obras propuestas en los planes de desarrollo de la ciudad, están enfocados a estos estratos socioeconómicos. El estrato 3 y 4 se pueden clasificar como viviendas de ingresos económicos medio y los estratos 5 y 6 son viviendas con ingresos económicos altos.

En Colombia existen 5 servicios públicos; energía eléctrica, alcantarillado, acueducto, gas natural y teléfono. Estos servicios públicos son prestados por empresas privadas, públicas y mixtas. La figura 8 muestra el porcentaje de viviendas en la ciudad que tienen acceso a estos servicios.

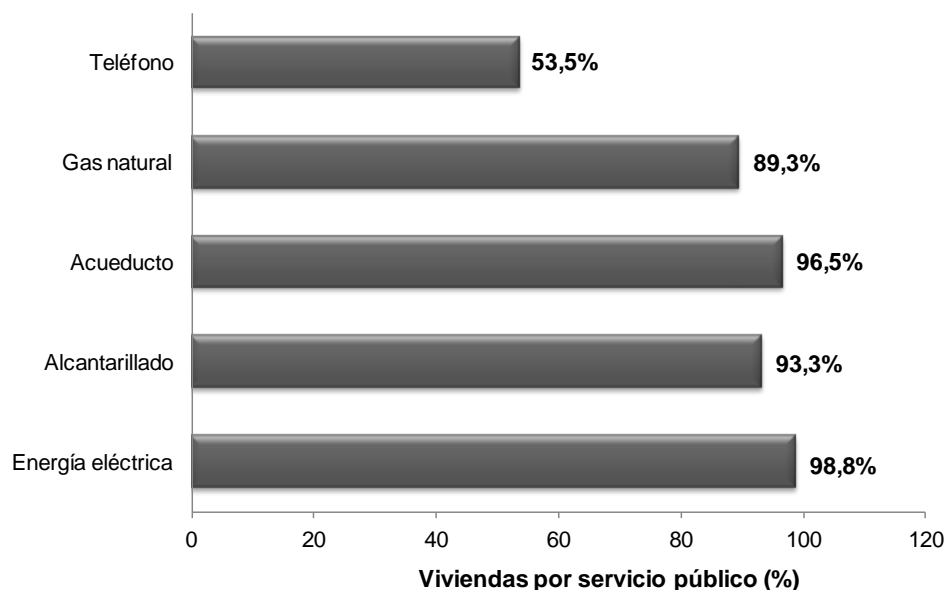


Figura 8: Porcentaje de viviendas por servicio público en Barranquilla en 2015. Fuente: Censo DANE (2004)

El servicio que menor cobertura presenta es el servicio de teléfono. Isto porque las personas prefieren tener una línea de telefonía celular y no una línea de teléfono fijo, ocasionando esto la poca demanda de este servicio en la ciudad. Los otros servicios tienen una alta cobertura la cual se encuentra en promedio en el 93%, siendo un buen número de viviendas con acceso a ellos. El porcentaje restante para llegar al 100% en los servicios de energía eléctrica, alcantarillado, acueducto y gas natural es el relacionado con las viviendas que se encuentran ubicadas en el estrato 0, en el cual no existe cobertura alguna de servicios públicos.

2.6.2. En el barrio Bajo Valle

En el año 2004, el barrio Bajo Valle tenía una población total de 3.850 habitantes ubicados en la zona de influencia del arroyo (DANE, 2004). La población actual en el año 2015, de acuerdo a la proyección demográfica establecida por el DANE (2004), es de 4.331 habitantes, de los cuales 49% son hombres y 51% son mujeres. Del total de esta población, el 15% se encuentra de 0 a 5 años, el 31% de 5 a 10 años, el 23% de 10 a 18 años, el 25% de 18 a 60 años y el 6% de más de 60 años (Figura 9).

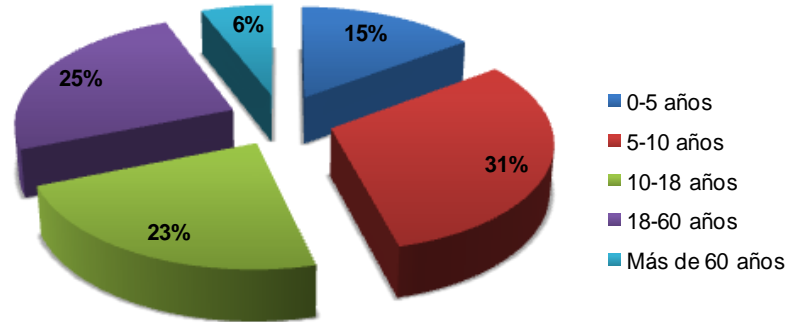


Figura 9: Distribución de la población del barrio Bajo Valle por edades en 2015. Fuente: DANE (2004)

En la zona de influencia del arroyo en el año 2004, de acuerdo al DANE (2004), existían 903 habitantes económicamente activos, mientras que en la actualidad existen 1.016, dividida en comerciantes (27%), empleados (23%), desempleados (39%) y estudiantes (11%).

De acuerdo a su pertenencia étnica, actualmente existen en esta zona de la ciudad 22 habitantes indígenas, 22 rom, 11 raizal, 217 palenqueros y 3.465 negros (mulatos, afrocolombianos y afrodescendientes) (DANE, 2004).

La zona de influencia del arroyo es completamente de personas de escasos recursos al pertenecer todas las viviendas a los estratos 1 (45%) y 2 (55%). Esta zona es muy pobre a nivel económico y los habitantes tienen pocas oportunidades laborales y de desarrollo. Por esta razón estas zonas son de alta prioridad en el desarrollo de proyectos que busquen la mejoría de sus condiciones y brindarles acceso a una mayor cantidad de oportunidades de crecer personal y económicamente.

Respecto a la cobertura de servicios públicos en esta zona, podemos observar en la figura 10 que aunque existen todos los servicios, el único con una buena cobertura es la energía eléctrica (85%), mientras que los demás servicios de alcantarillado, acueducto y gas natural tienen una cobertura promedio de 41,67%, siendo esta cobertura muy baja para ser servicios públicos de primera necesidad.

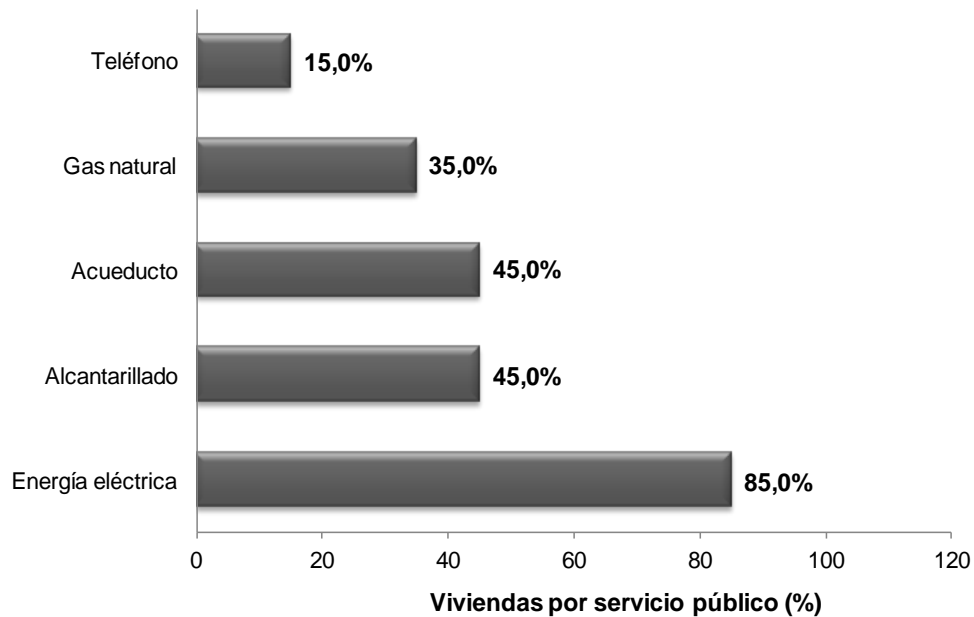


Figura 10: Porcentaje de viviendas por servicio público en el barrio Bajo Valle en 2015. Fuente: DANE (2015)

Estos indicadores ayudan a reafirmar la pobreza de esta zona de en la ciudad y las necesidades que tienen sus habitantes.

2.7. Economía

La economía en Barranquilla se desarrolla principalmente en los sectores industria, comercio y servicios. De acuerdo al DANE (2005), el 12% de los establecimientos en Barranquilla se dedican a la industria, 45,2% al comercio, 41,3% a servicios y 1,4% a otra actividad. Los sectores que mayor concentran empleo en la ciudad son el comercio, restaurantes, hoteles y servicios comunales, con una proporción mayor al nacional. La industria manufacturera tiene una proporción menor a la nacional.

El sector de la construcción experimenta desde hace algunos años una reactivación importante en Barranquilla, siendo inclusive sobresaliente a nivel nacional. La mayor proporción de los metros cuadrados construidos en los dos últimos años corresponden a proyectos de vivienda en todos los estratos. El resto corresponde principalmente a la construcción de almacenes de grandes superficies tales como Éxito, Carrefour y Centros Comerciales.

La inflación en Barranquilla, al igual que en el ámbito nacional, ha seguido una tendencia decreciente en los últimos veinte años, manteniendo registros de un sólo dígito durante la última década. Durante los años 2010-2014, la inflación de la ciudad se mantuvo dentro del rango meta de mediano plazo del Banco de la República (2-4%); a excepción del año 2011 cuando la cifra de inflación no estuvo dentro del rango esperado y alcanzó un 4,58% (Cámara de Comercio de Barranquilla, 2015).

En la última década, la tasa de desempleo promedio anual en el Área Metropolitana de Barranquilla ha registrado una tendencia descendente, al igual que a nivel nacional. Entre los años 2008-2014 el Área Metropolitana de Barranquilla tuvo una tasa de desempleo promedio anual de 9,4%, cifra menor que la nacional (11,1%) y que la registrada en su conjunto en las 13 áreas metropolitanas del país (11,8%) (Cámara de Comercio de Barranquilla, 2015). Esta tendencia ha logrado que la ciudad permanezca con el registro de la menor tasa de desempleo del país desde 2010 a la actualidad. Desde el 2001 al 2013 la tasa de desempleo descendió 7,6% hasta llegar a registros de un dígito en el 2010, y se posicionó en un 7,88% en el 2014 (Cámara de Comercio de Barranquilla, 2015).

Durante el año 2013 los sectores que más absorbieron mano de obra fueron Comercio, Restaurantes y Hoteles (32,4%), Servicios Comunales y Personales (22,4%), Industria y Transporte (35,6%), que en conjunto concentraron al 26,17% de la población ocupada. Al compararse los datos del año 2013 con los resultados del año 2012 se destacan los aumentos en la ocupación del sector de Suministro de Electricidad Gas y Agua (32%), Actividades Inmobiliarias (15%) y Construcción (4%) (Cámara de Comercio de Barranquilla, 2015).

Las actividades de intermediación financiera reportaron un balance positivo durante 2013, especialmente por el lado de las captaciones, las cuales presentaron un notable avance, impulsadas, principalmente, por los depósitos de ahorro y los depósitos en cuenta corriente.

El ritmo de crecimiento de la economía de Barranquilla y del departamento del Atlántico durante el 2014 fue favorable, a juzgar por el desempeño registrado por algunos de los principales indicadores utilizados para esta medición como son las sociedades constituidas, registro mercantil, gas natural, mercado laboral, pasajeros movilizados, construcción, importaciones y créditos garantizados a los empresarios (DANE, 2015).

En efecto, en términos del número de sociedades constituidas que alcanzó en 2014 la cifra de 4.840 empresas, experimentó un crecimiento del 17,2%, frente al año 2013. Dentro de los sectores con mayor participación sobresalen servicios (48%), comercio (22,4%), construcción (15,8%) y la industria (10,7%) (DANE, 2015).

3. Problemas de Barranquilla

3.1. Planteamiento del Problema

En la ciudad de Barranquilla existe una gran problemática causada por los arroyos en los días de intensas lluvias en la ciudad. Estos arroyos ocasionan pérdidas de vidas humanas, caos en la movilidad en la ciudad, condiciones de insalubridad por la cantidad de basuras que arrastran en sus cauces, enfermedades y muertes causadas por estas condiciones.

La problemática se incrementa en las zonas del sur de la ciudad de Barranquilla, sobre todo en la zona del suroccidente, más concretamente en las laderas del arroyo del barrio Bajo Valle. El presente proyecto está encaminado en plantear soluciones para esta problemática presente en la ciudad.

3.1.1. Clima (lluvias, arroyos, derrumbes)

Barranquilla es una ciudad que tiene un clima tropical cálido seco y presenta anomalías y diferencias como consecuencia del sistema meteorológico local y de la ubicación geoastronómica: temperatura media de 28°C y una precipitación media anual de 830 mm. (Estación Aeropuerto Ernesto Cortissoz de Barranquilla; ver subcapítulo 2.3).

Durante el período de precipitaciones de mayor intensidad, el sistema vial de la ciudad transforma sus componentes (calles) en canales de drenaje, por los cuales se evacúan las aguas lluvias, cuyos efectos restrictivos sobre la circulación vehicular son particularmente notorios (Figura 11A). Este fenómeno se conoce como arroyo.

Durante estos cortos pero intensos periodos de lluvia, las actividades urbanas se paralizan totalmente.

Adicionalmente, el depósito de basuras urbanas son los arroyos (Figura 11B) para que estas sean arrastradas por la corriente, dando lugar a taponamientos del sistema de alcantarillado, lo cual incrementa el volumen de agua y ocasiona inundaciones en determinados sectores. Luego de bajar el nivel de las aguas, estas se esparcen sobre las vías por efecto de la pérdida de la capacidad de arrastre de las aguas, propiciando suciedad y deterioro ambiental de la ciudad.



Figura 11: (A) Fenómeno de arroyo en Barranquilla.; (B) Contaminación cauce de arroyos. Fuente:
<http://www.arroyosdebarranquilla.co/notii-arroyos/galerias/145-heraldo-03> y
<http://www.emisoraatlantico.com.co/local/17174-arroyos-en-barranquilla,-atestados-de-basuras.html>

El panorama anterior se agrava si se mira el hecho que varios de los cauces de los arroyos naturales de la zona han sido completamente cubiertos con escombros y tierra, con el fin de acondicionar el terreno para la construcción de viviendas, sin que se haya construido un sistema de drenaje sustitutivo. Por lo anterior, las lluvias en la zona, sumado a los factores de acumulación de basuras, la falta de estabilización de arroyos que producen estancamientos de agua, generan un medio ambiente que no es adecuado para los pobladores de la zona, llevándolos a habitar en un ambiente de alta insalubridad.

3.1.2. Deforestación (crecimiento urbano sin planificación y carencia de programas de reforestación)

Según un estudio realizado en el año 1997 por el Servicio Geológico Colombiano (SGC, 1997), el crecimiento urbano acelerado de la ciudad sin planificación y la deforestación asociada a este fenómeno condujeron a que la problemática de los arroyos se acentuara sobre las cuencas y laderas de los arroyos. Este crecimiento se puede evidenciar en el figura 12.

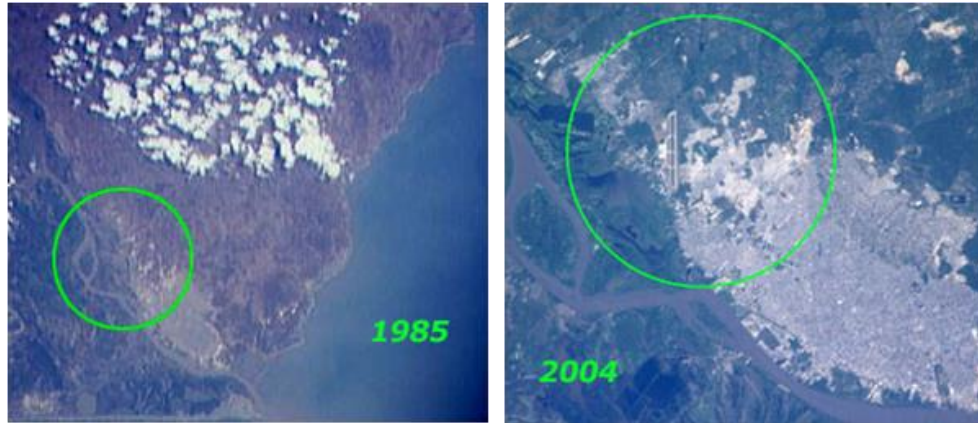


Figura 12: Crecimiento urbano en Barranquilla nos años 1985 a 2004. Fuente: SGC (1997)

Es así como a partir de 1956 el crecimiento urbano se hizo evidente con el efecto de las migraciones derivadas de los problemas políticos y la situación de violencia imperante en algunas regiones del interior del país, presentándose entonces un altísimo desarrollo poblacional en la ciudad. Esto sucedió hasta tal punto que a finales de la década de los sesenta, era ya una realidad una malla urbana caracterizada por un crecimiento demasiado acelerado y desordenado hacia la zona suroccidental, apreciándose la ausencia de una buena función planificadora.

La ciudad se desarrolló hacia la parte suroccidental, habitada por un número poblacional de bajo poder adquisitivo, vulnerable a un gran número de riesgos de naturaleza física y de carácter social, tales como los problemas asociados a la deforestación de microcuencas y a la falta de programas de reforestación adecuados. Esto ocasionó que el área donde se ubica el barrio Bajo Valle se convirtiera en una zona erosionable, con pendientes pronunciadas, con agrietamientos superficiales y profundos. El arroyo Don Juan es un ejemplo de estas zonas erosionables (Figura 13).

Esta deforestación atentó contra el medio ambiente y el entorno paisajístico de la zona en cuestión, ocasionando que sus habitantes se sintieran viviendo en un lugar no adecuado y que les representaba un bajo nivel de vida, pobreza y miseria. Seguido a esto, se generó una falta de cultura ciudadana para cuidar el entorno y muy poco les importaba si el lugar estaba lleno de basuras o de aguas negras.



Figura 13: Zona de erosión en laderas del arroyo Don Juan. Fuente: <http://www.barranquilla.gov.co/forohidrico/problematika.html>

Estos factores a la larga son los que más inciden en las patologías y el alto índice de morbilidad por enfermedades encontradas en toda la población.

3.1.3. Falta de infraestructura de estabilización de arroyos

La red de arroyos de Barranquilla, pertenecientes a la cuenca occidental, zona suroccidental, tiene un área aproximadamente de 2.105 ha, incluida el área de expansión del sur de Barranquilla. Esta zona drena en forma natural hacia el arroyo el León y a través de éste finalmente entrega sus aguas al sistema lagunar costero (Figura 14).

Esta zona está compuesta por aproximadamente 53 barrios, con una población estimada en 350.000 habitantes y con una red de arroyos entre los cuales se encuentran el arroyo Don Juan, Santo Domingo, Bajo Valle y otros. Estos presentan en general las siguientes características:

- Uso urbano residencial intensivo;
- Proceso de ocupación de las cuencas con ausencia de planificación;
- Vertimiento de desechos sólidos;
- Intervención en los cauces que generan represamiento y consecuentemente inundaciones.

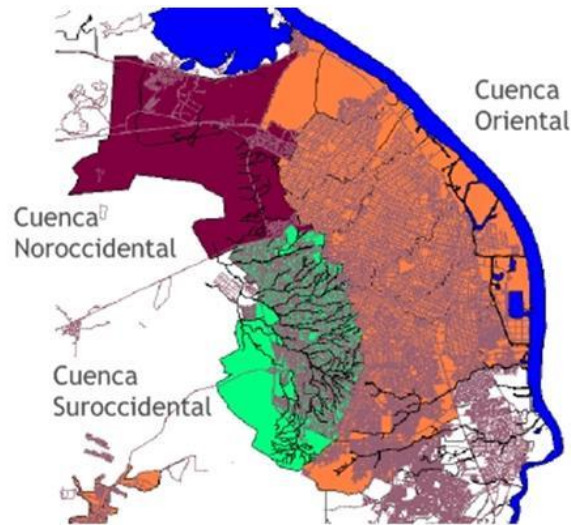


Figura 14: Cuencas hídricas en Barranquilla. Fuente: Planes bases del plan de ordenamiento territorial del distrito especial, industrial y portuario de Barranquilla (2008)

La problemática general y principalmente geotécnica de la zona suroccidental no ha tenido hasta la fecha la atención adecuada, en relación a la magnitud de la inversión que se requiere y los escasos recursos asignados para la ejecución de obras hidráulicas (canales, filtros, desagües, entre otros).

La ejecución de trabajos de estabilización de márgenes y recuperación de riberas mediante trabajos de excavación y relleno, complementadas con la adecuación de zonas aledañas, andenes en concreto, cobertura en pasto, son fundamentales para el normal funcionamiento y estabilización de toda la obra de canalización (Figura 15).



Figura 15: Canalización precaria de un arroyo. Fuente: <http://www.eluniversal.com.co/regional/encuentran-cuerpos-de-un-hombre-y-una-mujer-en-arroyo-de-barranquilla-170128>

Esta situación también atenta contra el medio ambiente y el entorno paisajístico de la zona, representando un sentimiento de bajo nivel de vida e insensibilidad por el cuidado de la zona.

3.1.4. Mala disposición de residuos sólidos, deficiente educación ambiental y un inadecuado sistema de recolección de basuras

La mala disposición de residuos sólidos en los arroyos (Figura 16A, B y C) es otra de las principales causas que generan el problema, debido a que esto trae consigo focos de contaminación, enfermedades respiratorias y dermatológicas frecuentes.



Figura 16: (A) Basura en arroyos de Barranquilla.; (B) Limpieza de arroyos.; (C) Basuras encontradas en arroyos. Fuente: <http://www.emisoraatlantico.com.co/local/17174-arroyos-en-barranquilla,-atestados-de-basuras.html>, <http://diarioadn.co/barranquilla/mi-ciudad/arroyos-siguen-siendo-botaderos-de-basuras-1.71105> y <http://diarioadn.co/barranquilla/mi-ciudad/arroyos-de-barranquilla-desbordados-1.107537>

Para la recogida de la basura, la Triple AAA, empresa que presta este servicio en la ciudad, la dividió en tres sectores: norte, sur y suroccidente. En cada uno dispuso 39 rutas y las distribuyó para que recojan la basura día por medio, en la puerta de cada casa, con

horarios que van entre las 7 de la noche y las 4 de la madrugada (caso norte), y entre las 6 de la mañana y las 3 de la tarde (en las otras dos zonas) (<http://www.aaa.com.co>).

Los carretilleros y los dueños de zorras (carromuleros) son los que más arrojan desechos en la ciudad, convirtiendo la ciudad en diversos botaderos. En el sur de la ciudad hay identificados 63 de esos botaderos y otros 136 en el resto de la ciudad. La Triple AAA los limpia una y otra vez, pero la idea es que no haya necesidad de hacerlo (<http://www.aaa.com.co>).

Lo anterior hace parte de la problemática ambiental que esto genera, adicional a los siguientes aspectos:

1) Vertimientos: la disposición incontrolada de residuos líquidos domésticos o urbanos, producidos por la comunidad y vertidos directamente al cauce del arroyo. Vertimientos superficiales y por tubería, residuos sólidos, sedimentación, descargas al suelo y contaminación visual;

2) Descargas al suelo: las descargas al suelo, generan la contaminación de éste, por la presencia de materiales contaminantes, alterando el ambiente natural de suelo;

3) Residuos sólidos: la contaminación por generación y la mala disposición de los residuos sólidos, relacionada con: Aumento creciente de los residuos sólidos, Desconocimiento de la magnitud del problema, Falta educación y cultura ambiental, Molestias por contaminación visual, y Riesgos sanitarios.

El volumen de residuos sólidos domiciliarios que se producen en la ciudad es de aproximadamente 965 ton/día (<http://www.aaa.com.co>). Se pronostica que la ciudad para el año 2016 tendrá una producción 1028 ton/día, superando en un 18,33% a la producción del año 1997 (<http://www.aaa.com.co>).

La ciudad de Barranquilla genera un promedio de 500 ton/día de desechos sólidos orgánicos que representan el 51,81% del total de toneladas promedio. Le siguen en su orden los residuos sólidos de papel y cartón (20,83%), plástico (14,07%) y vidrio (13,27%) (<http://www.aaa.com.co>). Por lo tanto, si no se hace una buena planeación se termina convirtiendo en una de las causas más importantes del bajo nivel de calidad de vida de los habitantes en zonas subnormales como las del barrio Bajo Valle.

Según lo manifestado en el Informe de Gestión Ambiental del Distrito de Barranquilla (2010) realizado por la Contraloría Distrital, es preocupante la manifestación de falta de

pertenencia en el habitante del Distrito, en cuanto a la conservación de flora, fauna, disposición de basuras, disposición de desechos sobre los arroyos en épocas de lluvias y recursos naturales; sobre todo en los estratos uno (1), dos (2) y tres (3) (según la estratificación económica explicada en el subcapítulo 2.6; Tabla 2).

Es manifiesta la necesidad de una campaña masiva y agresiva de educación ambiental en escuelas, colegios, universidades, agremiaciones y comunas para despertar un sentido de pertenencia en la ciudadanía en general. Se hace necesario implementar procesos estratégicos de educación ambiental permanente, para superar el bajo nivel de cultura ambiental urbana.

3.1.5. Falta de mantenimiento de los cauces de los arroyos

El mantenimiento de un cauce requiere un manejo adecuado, no sólo en cuanto a la acumulación de sedimentos, plantas que crecen en las orillas del cauce y disposición de basuras y residuos líquidos, sino también en la forma como se extrae el material y en la forma como se conservan los taludes y márgenes. Adicionalmente se debe hacer una correcta limpieza de los canales y coberturas.

En nuestro medio son mucho los desechos y escombros que se arrojan a los cauces de los arroyos, los cuales suelen ser peligrosos ya que pueden ocasionar represamientos y desbordamientos de las corrientes de agua (Figura 17).



Figura 17: Escombros en caños del arroyos de Barranquilla. Fuente: <http://www.elespectador.com/noticias/nacional/arenosa-huele-cano-articulo-422891>

Como se mencionó en el punto anterior, la falta de mantenimiento de los cauces de los arroyos ocasiona que estos se conviertan en botaderos a cielo abierto, ayudado por la falta de una cultura ciudadana y los bajos niveles de educación ambiental de la población.

3.1.6. Indebida evacuación de residuos sanitarios

En materia de este servicio público, es evidente que su cobertura aumentó en el momento en que se instalaron y se pusieron en servicio las redes de la zona suroccidental, llegando a una cobertura superior al 90%.

Existe un porcentaje pequeño que no está conectado a las redes, es decir no tienen las acometidas domiciliarias y son los que utilizan sistemas alternativos como pozas sépticas y en otros casos el arrojo de los excrementos lo hacen en lotes baldíos o arroyos cercanos, generando un gran impacto sobre la salud pública.

En conclusión, todas las causas vistas, de primer y segundo orden, nos llevan a identificar el problema que se resolverá a partir del proyecto de inversión social que se plantea y que tiene que ver con darle solución a las condiciones de insalubridad en que conviven los habitantes asentados en las orillas del arroyo Bajo Valle ubicado en el suroccidente de Barranquilla, que traen como consecuencias que la zona presente un perfil epidemiológico con altas tasas de morbilidad por patologías de enfermedades respiratorias, gastrointestinales, infecciones de la piel y tejido subcutáneo.

A continuación se describen los efectos que ocasiona el problema mencionado, con el objetivo de dimensionar la necesidad de darle solución a esta situación de los habitantes del barrio Baje Valle en la ciudad.

3.1.7. Pérdidas de vidas humanas

Como se ha venido planteando, en la actualidad la ciudad de Barranquilla ha crecido sin un modelo de planificación acertado que fue jalando un crecimiento radial en el mismo sentido de la calle 45 o avenida Murillo, surgiendo así barrios paralelos al arroyo Don Juan de cauce medio.

Con la aparición de esta zona de alto riesgo, comenzaron los problemas de la creación de una zona densamente poblada, en donde se viola toda norma de urbanismo, donde las

casas de las urbanizaciones pierden todo su valor debido a la aparición de las villas o barrios subnormales (antiguos tugurios): La Central, Villa Adela, Villa Katanga, Gran Abastos, La Paz, Bajo Valle, etc., según datos obtenidos en la Red de Solidaridad de Aeropuertos del Caribe (2015). Estas villas o barrios han sido construidos en las orillas de corrientes superficiales afluentes del arroyo Don Juan como es el caso de la zona de influencia de la que se trata en el presente trabajo.

En el momento en que llegan las lluvias, aparecen noticias en los diarios en las que se muestran los enfermos por epidemias respiratorias, gastrointestinales, de piel, etc. Estos hechos indican la importancia de tomar acciones y desarrollar proyectos de inversión como el que se plantea en este trabajo.

La muerte de personas por enfermedades infectocontagiosas y los daños causados a las personas que viven en los cauces de los arroyos en Barranquilla, constituyen una falla del servicio que hoy día resulta inadmisibles, y en virtud de ello la Administración Distrital debe dar una pronta solución. Se evidencia una deficiente prestación del servicio de salud que pone en peligro la integridad de las personas que transitan por la ciudad (Figura 18).

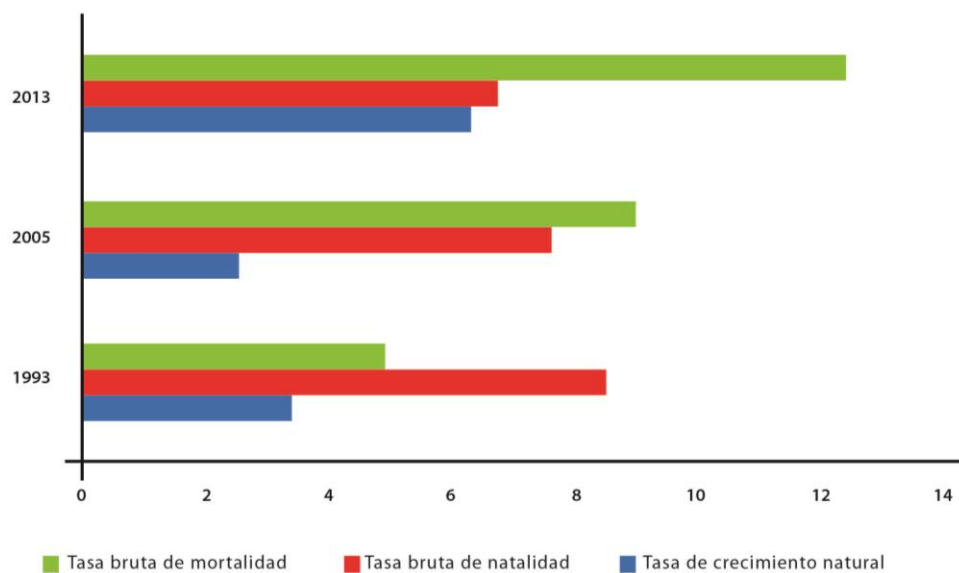


Figura 18: Tasas de mortalidad, natalidad y crecimiento natural en Barranquilla. Fuente: Secretaría de Salud Pública Distrital de Barranquilla (2013)

De la figura 18 podemos establecer que desde el año 1993 hasta el año 2013 la tasa bruta de natalidad se ha mantenido constante entre un 7% y un 8%, la tasa de crecimiento

natural ha cambiado considerablemente al pasar de un 3,5% el en año 1993 a un 6,5% en el 2013 y es preocupante establecer que la tasa bruta de mortalidad ha aumentado de un 5% en el año 1993 a un 12% en el año 2013. El aumento de la mortalidad de manera tan grande, es motivo de preocupación para la ciudad y es motivación suficiente para tomar las medidas necesarias y disminuir este indicador.

3.1.8. Altas tasas de enfermedades

La problemática ambiental generada por el arrojado indiscriminado de residuos sólidos y líquidos en los cauces de los arroyos se refleja en la salud pública de la ciudad. Los represamientos de aguas dan lugar a la aparición de focos de incubación de organismos productores de enfermedades infecciosas (dermatitis, diarreas, dengues, hepatitis etc.) y la producción de malos olores provenientes de la putrefacción de las aguas generan enfermedades respiratorias.

De igual manera, la mala disposición de desechos sólidos y orgánicos por parte de la comunidad, genera la proliferación de animales característicos de estos residuos (ratas, ratones, cucarachas, moscas, etc.).

En lo que respecta a la morbilidad en el Distrito de Barranquilla, se encuentra que en el año 2015 se presentaron un total de 132.721 casos que fueron atendidos por consulta externa en el Sistema Hospitalario y de Salud de la ciudad, de los cuales, las patologías de enfermedades de tipo respiratorio, de piel y gastrointestinales fueron de 40.672 casos, los cuales representan el 30,64% del total de la tasa de morbilidad Distrital (Secretaría de Salud Pública Distrital de Barranquilla, 2015). Estas enfermedades son el producto de la contaminación presente en el Distrito.

Del total de casos registrados por consulta externa registrados en la ciudad de Barranquilla, 11.945 (correspondientes al 9,06%) provinieron de los habitantes de la zona del barrio Bajo Valle, los cuales fueron atendidos en el Sistema de Salud de la localidad del suroccidente, conformado por el Hospital de la Manga y el Centro Integral del Sur (Secretaría de Salud Pública Distrital de Barranquilla, 2015).

De estos 11.945 casos, 54,04%, son de las patologías mencionadas (patologías de enfermedades de tipo respiratorio, de piel y gastrointestinales) (Secretaría de Salud Pública Distrital de Barranquilla, 2015).

Se puede entonces concluir, que el sector poblacional que se analiza presenta una tasa de morbilidad que está muy por encima de la tasa de morbilidad de la ciudad de Barranquilla.

Los casos de leptospirosis en los años 2012 y 2013 demuestran la problemática que hemos venido enunciando. Esta enfermedad, ocasionada por la cantidad de ratas concentradas por las basuras estancadas en el arroyo del barrio Bajo Valle, arrojó resultados alarmantes (Tabla 3) en los años 2012 y 2013.

Tabla 3: Casos de enfermedades nos años 2012 y 2013 en Barranquilla. Fuente: Secretaría de Salud Pública Distrital de Barranquilla (2013)

Enfermedades	2012	2013
Agresiones por animales potencialmente transmisores de rabia	160	576
Leptospirosis	31	58
Encefalitis equinas	0	0
Rabia	0	0
Accidente ofídico	2	4
Total General	193	638

A continuación, en la Tabla 4 se presenta la tasa de morbilidad ajustada del Distrito de Barranquilla durante los años 2004 y 2007, en la cual se puede observar claramente la incidencia de enfermedades respiratorias, enfermedades por vías urinarias, enfermedad diarreica aguda y dermatológica, producto del deterioro ambiental mencionado.

Tabla 4: Tasa de morbilidad ajustada en Barranquilla 2004–2007. Fuente: Fundación La Paz (2008)

No.	Diagnóstico	Casos	%
1	Infecciones respiratorias agudas	29.946	22,56%
2	Infecciones de las vías urinarias	20.79	15,66%
3	Enfermedad diarreica aguda	17.573	13,24%
4	Infección de la piel y del tejido subcutáneo	10.768	8,11%
5	Poliparasitosis	8.624	6,5%
6	Hipertensión arterial	7.667	5,78%
7	Enfermedad articular y muscular	6.424	4,84%
8	Vaginitis, vulvitis y vulvovaginitis	5.409	4,08%
9	Asma	4.812	3,63%
10	Anemia	4.566	3,44%
11	Otras	16.142	12,16%
	Total	132.721	100%

En resumen y debido a las características biológicas de la población, así como las del deterioro del medio ambiente presentes en algunos sectores del Distrito de Barranquilla, podemos concluir que las enfermedades infecto-contagiosas que más se presentan como causas de morbilidad son enfermedades respiratorias agudas.

3.1.9. Congestión del Sistema Hospitalario

El sector Suroccidente de Barranquilla, cuenta en la comuna dos, con el Hospital de la Manga (Nivel 1) y en la comuna uno con el Centro Integral del Sur (CIS) ubicado en el barrio Santa María. El primero se encuentra en regular estado y el segundo se encuentra dotado de equipos básicos de atención.

Los puestos de salud están diseminados en los distintos barrios y coordinados por Distrisalud; aunque cumplen básicamente la función de prestar los primeros auxilios, el servicio de medicina ambulatoria es deficitario para el sector.

Este último, viene siendo subutilizado, pues presta servicio sólo durante 8 horas diarias. Se puede concluir que la cobertura en salud en esta zona es crítica. El número de casos de consulta es tan alto, que termina congestionando el precario sistema de salud de la ciudad.

Todos estos efectos nos llevan a identificar el gran objetivo que logra alcanzar este proyecto, debido a la existencia de un gran problema: el bajo nivel de calidad de vida de los habitantes asentados en la zona de influencia del arroyo del barrio Bajo Valle.

3.2. Antecedentes

Los arroyos de Barranquilla han existido desde siempre, y a través de la historia se han vinculado con el desarrollo urbanístico de la ciudad. De acuerdo con la tradición recogida por Malabeth, Vergara y Baena (1946), se da por sentado que para la época del nacimiento de la ciudad, las barrancas en las que se estableció Barranquilla, estaban separadas por arroyos poderosos que bajaban las aguas de la sierra del noroeste y las de los altos areniscos del viejo camino del municipio de Soledad, hacia una gran ciénaga espaciosa, comunicada con el río.

Los arroyos también han tenido que ver con la movilidad de sus habitantes, la comunicación con las poblaciones vecinas y especialmente, con la creación de algunos caños. Sin embargo, ante la imposibilidad de darle paso a soluciones integrales de este fenómeno, en la ciudad se comenzaron a ejecutar trabajos puntuales en los arroyos más peligrosos.

Al continuar con el proceso de desarrollo, las urbanizaciones e invasiones crecieron aceleradamente, incrementándose así la impermeabilización debido a la deforestación salvaje. Esto ocasionó la disminución de la absorción de la superficie con la construcción de viviendas y vías en concreto, se modificaron aún más los cauces naturales y se estableció un sistema de drenaje superficial por las calles de la ciudad.

En 1987, se realizó un estudio de drenaje urbano de Barranquilla, a cargo de la Agencia de Cooperación Internacional de la Misión Japonesa (JICA), lo cual estableció que la solución integral y definitiva, no era otra, que la construcción de un alcantarillado pluvial. El resultado ya era conocido: la solución integral es costosísima.

La solución planteada por la JICA (1987), se basaba en adelantar la canalización de los arroyos que se desarrollan por las vías de la ciudad, en tanto que para los arroyos de la zona suroccidental, el plan contempló otras medidas encaminadas a controlar las inundaciones.

La JICA (1987) hizo algunas recomendaciones tendientes a atenuar los efectos de los arroyos. Entre las recomendaciones, que por cierto, no han sido desarrolladas con suficiencia, están la de instalar cunetas a ambos lados de la vía, canalizar las vías colectoras principales (*box-culverts*), combinación de los dos casos anteriores, e instalación de drenaje en futuros planes de mejoramiento.

También se planteó la posibilidad de construir reservorios de agua, para disminuir los volúmenes de escorrentía y facilitar el tránsito de los vehículos y peatones. Los reservorios podrían construirse en lugares cercanos a parques, a fin de extraer esta agua mediante tuberías subterráneas para riego de los mismos (JICA, 1987).

Sin embargo, la realidad hoy, es que no se ha implementado ninguna solución a esta problemática que tiene unos grandes efectos sobre la calidad de vida de los barranquilleros ubicados al suroccidente.

Es así como se encuentra que en los barrios marginales del suroccidente de la ciudad se han construido cajas de registros que recogen de manera ineficiente las aguas producidas por las lluvias, originando que estas aguas inunden las viviendas de los moradores del sector, se genere inestabilidad del terreno, erosión y represamientos de aguas, foco de incubación de organismos productores de enfermedades infecciosas (dermatitis, diarreas, dengues, etc.), producción de malos olores provenientes de la putrefacción de las aguas, generadores de enfermedades respiratorias.

El arroyo, además de recoger la escorrentía superficial generada por la lluvia, recoge las aguas negras, los residuos sólidos y los desechos de las urbanizaciones apostadas alrededor de sus riberas, creando problemas ambientales serios y de alto impacto sobre el paisaje, la flora y la fauna del lugar.

La carencia de un sistema completo de alcantarillado que incluya la recolección, transporte y tratamiento de basuras, es responsable de que se presenten situaciones sanitarias críticas en varios sectores cercanos al arroyo.

Esta problemática es ocasionada por la falta de alcantarillado pluvial, la deficiencia de áreas permeables que han venido incrementándose por el crecimiento urbano, las lluvias

intensas, la falta de cultura ciudadana, una topografía peculiar que identifica claramente a los arroyos, y la falta de interés de las autoridades distritales para desarrollar proyectos de inversión que la eliminen de una vez por todas.

En visitas a la zona suroccidental de la ciudad, específicamente en el arroyo ubicado en el área de influencia que se trata en el trabajo, barrio Bajo Valle, se pueden evidenciar las condiciones de deterioro medio ambiental que genera la necesidad de plantear una solución a los problemas mencionados, que conlleve a mitigar las condiciones de insalubridad en el que viven actualmente los habitantes del sector y mejorar la calidad de vida de los mismos.

3.3. Bases teóricas

Indudablemente, en los proyectos de inversión social, el Estado reemplaza la oferta, debido a que es el único responsable de ofrecer estas soluciones para atender la demanda insatisfecha, conformada por la población calculada en el estudio de la demanda. Esto lleva a inferir que por eso la Constitución Política de 1991 se contempla el bienestar social y el vivir dignamente como derechos ciudadanos enmarcados en nuestra Constitución Política y uno de los deberes del Estado Social de Derecho en que vivimos.

De no darse solución al problema detectado, se corre el riesgo de acentuar sus incidencias negativas sobre el conjunto de las familias directamente acentuadas y sobre la ciudad en general, con el consiguiente incremento en los costos económicos, sociales y ambientales para la sociedad.

Encontramos que el Alcalde actual ha definido de la siguiente forma la misión y la visión de la ciudad de Barranquilla para el periodo 2012-2015 (<http://www.barranquilla.gov.co/acerca-de-la-entidad>): *“Misión del Distrito el ser el ente territorial garante del acceso a los servicios públicos en condiciones de equidad, de la seguridad humana, responsable de la ejecución de obras para el desarrollo, que facilita la inversión privada para la generación de crecimiento económico y empleo, mediante un proceso participativo de sus ciudadanos. La Visión es que Barranquilla es un ente territorial fortalecido institucionalmente, liderado por funcionarios y servidores públicos comprometidos, con procesos eficientes, realizando una gestión transparente y un manejo financiero responsable, que haya logrado una transformación y un mejoramiento de la*

calidad de vida, distribución del ingreso y su nivel competitividad, a través de un desarrollo ordenado y ambientalmente sostenible de su territorio.”.

Dentro de su Plan de Desarrollo para el periodo 2012-2015 (Plan de Desarrollo Alcaldía de Barranquilla, 2012) se encuentra el artículo 7 (Estrategia: Barranquilla Incluyente), el cual dice lo siguiente: *“Atender de manera especial, con el concurso de la Nación, la población en condiciones de pobreza, vulnerabilidad y exclusión, representada por adulto mayor, mujer, población desplazada, damnificados, víctimas de violencia, reintegrados, discapacitados, grupos étnicos, comunidad LGTBI, habitantes de la calle y población en extrema pobreza identificada por la RED UNIDOS, quienes serán objeto de atención especial, con acciones de diferenciación positiva para su inclusión y la garantía de sus derechos. La Secretaría de Gestión Social articulará las estrategias que se desarrollan a nivel nacional con las demás secretarías. Barranquilla con una población aproximada de un millón doscientos mil (1.200.000) habitantes bajo la administración ejercida en los años 2008 a 2011, adoptó la Política Barranquilla para la gente, con un componente social definido. Se desarrolló por parte de las distintas secretarías del Sector Social un trabajo sostenido en la ejecución de proyectos que atendieron a gran parte de la población (Adultos Mayores, Mujer y otros grupos vulnerables) en situación de vulnerabilidad.”*

Dentro del Plan de Desarrollo 2012-2015 para la ciudad de Barranquilla (Plan de Desarrollo Alcaldía de Barranquilla 2012) se encuentran los siguientes temas relacionados con el proyecto de inversión social:

1. Artículo 18: “Estrategia Barranquilla Conectada.”
 - a. Artículo 18.3: “Programa: Solución Escalonada para los Arroyos.”
2. Artículo 23: “Estrategia Barranquilla Ciudad Ambientalmente Sostenible.”
 - a. Artículo 23.4: “Programa: Protección y Recuperación del Recurso Hídrico y Gestión Integral de Micro-cuencas de los Arroyos y de cuerpos Lenticos.”
 - i. “Proyecto: Recuperación y Activación de Rondas de Arroyos, Cuerpos de Agua y Entornos Urbanos.”
 - ii. “Proyecto: Monitoreo y Seguimiento a Cuerpos de Agua.”
3. Artículo 24: “Estrategia: Barranquilla, menos vulnerable frente a Riesgos de Desastres y preparada para el Cambio Climático.”

- a. Artículo 24.2: “Programa: Conocimiento del Riesgo. Barranquilla Conoce sus Riesgos frente a Fenómenos Naturales o Antrópicos.”
 - i. “Proyecto: Gestión del Riesgo por Deslizamiento en la Ladera Occidental de Barranquilla.”
 - ii. “Proyecto: Gestión del Riesgo de Manejo de Arroyos.”
- b. Artículo 24.2: “Programa: Gestión reactiva y correctiva ante el Riesgo. Barranquilla eficaz en la Atención de Emergencias por Desastres.”
 - i. “Proyecto: Protectoras de las Laderas, Arroyos y Caños.”

4. Alternativas de solución de la problemática

Nuestro propósito general es contribuir al mejoramiento del nivel de calidad de vida de los habitantes asentados en la zona de influencia del arroyo del barrio Bajo Valle, a partir de mejorar los indicadores de calidad de vida de tipo cualitativo, contribuyendo a mejorar las condiciones de la ciudad a partir de un recurso humano motivado y con escenarios de vida digna.

Nos concierne ahora analizar cómo una intervención en las causas de nuestro problema afecta a nuestra población objetivo, en relación con los involucrados y como cada una de las propuestas, si llegasen a materializarse, lograrían en el largo plazo, mejorar el nivel de la calidad de vida de los habitantes del sector afectado, el cual es el objetivo principal.

4.1. Control de deforestación

Es tanta la preocupación que esta causa genera, que en los últimos años, el Distrito de Barranquilla, a través Fondo de Restauración, Obras e Inversiones Hídricas Distritales – FORO HIDRICO – ha entrado a diseñar, formular, ejecutar y mantener planes y proyectos acordes a la alternativa de solución, de la problemática de los arroyos del Distrito de Barranquilla, cuyos cauces son lechos de aguas residuales y desechos sólidos, que agravan el sistema hídrico de los canales de aguas lluvias.

Se plantean programas de reforestación y emperadización de las márgenes laterales de los arroyos, con un doble propósito, el primero busca mejorar la calidad del medio ambiente y el segundo contribuye a la conservación del suelo, el agua y la salud pública, a través del incremento de las zonas verdes que a su vez estabilizan el suelo y disminuyen las condiciones de erosión y abandono de las rondas de los arroyos.

Se establece como norte en el proyecto las actividades correspondientes a la arborización de manera sostenible con especies autóctonas ornamentales y frutales, y emperadizar la ronda del arroyo con el fin de mejorar la calidad de vida de los moradores aledaños cumpliendo con el objetivo de estabilizar las laderas.

Alternamente, y con el propósito de mejorar la calidad de los recursos hídricos existentes, se programaran actividades con la comunidad que habita las inmediaciones del

arroyo, con programas de mantenimiento, cuidado y crecimiento de los árboles y prados sembrados.

Con lo anterior, el Distrito de Barranquilla se pone a tono con la reforestación en la canalización de los arroyos, la cual se acoge a los lineamientos del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente integrando esfuerzos de personas y entidades de todo el mundo incentivando la plantación de árboles autóctonos que estén en consonancia con el medio y el entorno.

De igual manera se requiere que el desarrollo a futuro del Distrito se haga con base en las necesidades y a través de un modelo de planeación estratégica que arroje la formulación de un Plan de Desarrollo acorde con las necesidades y teniendo en cuenta el crecimiento demográfico y de infraestructura que tendrá la ciudad. Solo así se empezaran a corregir los problemas que aquejan hoy en día a toda la población de Barranquilla.

Se desarrollarán las actividades de siembra de árboles y capa vegetal a lo largo y a cada orilla del arroyo intervenido para un total de 1400 m lineales. Con lo anterior se pretende mitigar los efectos que causa la deforestación a la que ha estado sometida la zona cuando se presentan épocas de lluvias, con el propósito de crear una zona permeable que reduzca sus efectos.

4.2. Crear infraestructura para la estabilización de arroyos

Para la estabilización de las laderas adenañas al cauce del arroyo se plantea, la siembra del Pasto Vetiver como una alternativa de solución con miras a disminuir significativamente el alto riesgo de inestabilidad del suelo y el alto riesgo de deslizamiento. Además de la filtración de aguas que van socavando internamente la estructura, del terreno en las laderas, por la baja compactación del terreno. Recomendaciones internacionales y de expertos en el tema sugieren, para zonas bastante inestables, sembrar las barreras hasta con distancia de 0,8 m (Foro Hídrico, 2013).

También se requiere hacer inversiones en la adecuación de zonas adenañas, andenes en concreto, cobertura en pasto, etc., que son fundamentales para el normal funcionamiento y estabilización de toda la obra de canalización.

Este elemento del bien o servicio que se requiere consiste en el diseño y ejecución de obras civiles para 750 m lineales del arroyo del barrio Bajo Valle, el cual es la longitud

aproximada de confluencia de las carreras 16B, 17 y 18 y la calle 71B del suroccidente de la ciudad en el que habita la población que ha atenderse (Figura 19).

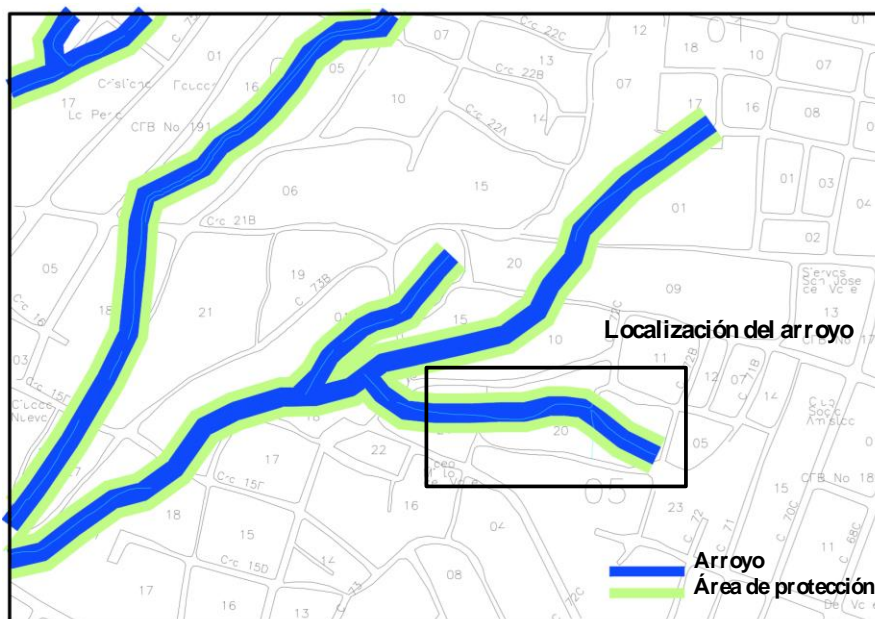


Figura 19: Localización del arroyo en el barrio Bajo Valle. Fuente: Plan de Desarrollo (2012)

Las obras implican actividades tales como: 1) la localización y replanteo de la infraestructura; 2) el desmonte y descapote manual de la zona de trabajo; 3) el dragado manual, excavaciones y rellenos necesarios para lograr las pendientes necesarias que eviten el estancamientos de aguas negras en épocas de verano y provenientes de las casas sin servicios de alcantarillado adecuado; 4) construcción de estructuras civiles revestidas con concreto ciclópeo y en rocas con los correspondientes disipadores de energía para controlar las corrientes del arroyo en épocas de lluvia; 5) colocación de tuberías de drenaje desde las casas sin servicios de alcantarillado que desemboquen en el cauce del arroyo de forma adecuada.

El diseño de las obras son adelantadas por firmas de Ingeniería Civil que garantiza un análisis y planteamiento de soluciones adecuadas para lograr la solución de la problemática, sobre todo en el tema de obtener las pendientes adecuadas para que no se estanquen las aguas lluvia y las aguas servidas por la comunidad al arroyo y la construcción de disipadores de energía para disminuir la velocidad que trae el arroyo en épocas de invierno.

4.3. Lograr una adecuada disposición de residuos sólidos

Uno de los trabajos que también deben adelantarse para la solución del problema es el desarrollo de proyectos que mejoren el manejo de los sedimentos producidos por el arroyo a lo largo de su cauce, esto se puede lograr con una eficiente limpieza y periodos de mantenimientos más corto, aprovechando las épocas de verano para que en el invierno el problema sea más manejable y con la implementación de programas de capacitación ambiental en el manejo de estos residuos, lo que al final se verá representado en un aumento en la cultura ciudadana. Es evidente la disposición de residuos sólidos de carácter urbano por parte de la comunidad, es necesario implementar un proceso de sensibilización con la comunidad.

Cerca de cincuenta botaderos en la ciudad reciben la mayor parte de los escombros que se generan en Barranquilla, una estimación dice que son 180 toneladas de escombros las que se producen y que actualmente las recoge AAA (<http://www.aaa.com.co>).

El manejo del mayor volumen de residuos domiciliarios lo tiene el grupo empresarial AAA, a través de ASEO TÉCNICO, con las labores de recolección, transporte, barridos manuales, mecánicos y disposición final. En la zona norte de Barranquilla se dan dos barridos mecánicos con frecuencias inter diaria y bisemanal respectivamente. En gran parte la zona suroccidental no existe barrido de calles, la gran mayoría son destapadas y las pavimentadas existentes están en mal estado, motivo por el cual se hace pertinente los programas de educación ambiental y cultura ciudadana que hemos mencionado anteriormente.

4.4. Diseñar e implementar programas de mantenimiento preventivo de los cauces de los arroyos

Deben diseñarse y emprenderse programas de mantenimiento preventivo como la limpieza de los cauces de los arroyos con ayuda de la comunidad, siendo el propósito el mejoramiento de las condiciones de cada sector. Con este tipo de campañas en los arroyos que atraviesan cada zona, además se pueden incluir brigadas de salud para niños y adultos, y otros servicios que demandan los diferentes barrios del sector.

Se deben emprender además programas de siembra de árboles y limpieza del entorno y de los lugares públicos cercanos al sector para mejorar las condiciones de seguridad, convivencia, impulsando entre niños y adultos la cultura de la tolerancia, el respeto, la solidaridad y la solución pacífica de conflictos. También impulsar labores educativas y ambientales, mediante charlas, visitas casa a casa y entrega de cartillas, para llamar la atención de los vecinos sobre la necesidad de no arrojar basuras a los arroyos y de mantener limpio el sector donde residen, como un factor importante para mantener la salubridad pública y para prevenir la aparición de enfermedades que afectan a la población, especialmente a los niños, buscando mejorar la calidad de vida de los habitantes del sector y de todos los barranquilleros.

Esta alternativa de solución consiste en emprender la limpieza manual y recolección de basuras y desechos sólidos que se encuentran en la zona de influencia los cuales son arrojados por los habitantes de la zona por costumbre y porque existen deficiencias en la recolección de las mismas por parte de la empresa Triple AAA en Barranquilla.

Los pobladores, al igual que muchos sectores en la ciudad, tienen la costumbre de arrojar y depositar los desechos sólidos y líquidos (aguas servidas de las letrinas de los baños) a los cauces del arroyo a la espera de que lleguen las épocas de lluvias y los mismos sean arrastrados por las corrientes de aguas que se forman.

Se exige al ejecutor la utilización de mano de obra de la zona para las obras civiles con el propósito de que ellas queden capacitadas y entrenadas para el mantenimiento permanente del proyecto en los próximos 10 años.

4.5. Realizar inversiones en los sistemas de alcantarillados en las zonas marginales del suroccidente de Barranquilla

Deben emprenderse proyectos de inversión que contemplen obras o instalaciones que conformen los sistemas de alcantarillado, con el propósito de evacuar las aguas residuales domésticas y las pluviales de manera correcta al sistema y evitar su disposición en los lechos de los arroyos sino que vayan directamente a lagunas de oxidación donde se propicia el desarrollo controlado de procesos físicos, químicos y biológicos que permiten reducir a niveles convenientes, el contenido de materia orgánica de las aguas residuales domésticas

para de esta forma disminuir su contaminación antes de su vertimiento a un medio natural, en este caso, al río Magdalena.

4.6. Análisis de las alternativas propuestas

Todas estas intervenciones propuestas, incidirán para mejorar las condiciones de salubridad en que conviven los habitantes asentados en las orillas del arroyo del barrio Bajo Valle ubicado en el suroccidente de Barranquilla, e incidirán en lo siguiente:

- Se disminuirán las pérdidas de vidas humanas;
- Se disminuyen las altas tasas de enfermedades;
- Se descongestiona el sistema hospitalario.

De manera particular, se mejora el nivel de calidad de vida de los habitantes asentados en la zona de influencia del arroyo del barrio Bajo Valle, específicamente el que confluye en las carreras 16B, 17 y 18 y la calle 71B del suroccidente de la ciudad de Barranquilla.

El problema encontrado puede tratarse a partir del desarrollo de las siguientes actividades generales:

- El diseño y construcción de obras civiles para lograr la estabilización del cauce y las laderas del arroyo;
- El mantenimiento de su cauce con la limpieza y recolección de residuos sólidos;
- La arborización del área de influencia; y,
- El desarrollo de programas de capacitación ambiental a sus habitantes.

Se unen alternativas de solución de los programas estabilización del cauce y las laderas de un arroyo. El mantenimiento de su cauce con la limpieza y recolección de residuos sólidos, la arborización del área de influencia y la educación ambiental, para realizar la limpieza, estabilización, arborización de las laderas del arroyo del barrio Bajo Valle y capacitación ambiental, específicamente el que confluye en las carreras 16B, 17 y 18 y la calle 71B del suroccidente de la ciudad de Barranquilla, para disminuir la tasa de morbilidad de los habitantes asentados en esta zona.

Se necesita realizar el desarrollo de las siguientes actividades:

- Delimitar la zona de influencia dentro de las direcciones de ubicación geográfica;
- Definir las cotas del lecho del arroyo;
- Realizar limpieza manual con el aporte de mano de obra de la comunidad;

- Diseñar e instalar estructuras de disipación de energía a lo largo del recorrido del arroyo;
- Corte y conformación de taludes en la longitud del arroyo;
- Revestir en concreto ciclópeo el cauce del arroyo;
- Definición y adquisición de tipo de arborización a sembrar;
- Siembra de árboles;
- Limpieza del área;
- Capacitación ambiental a la comunidad.

Se pretende la capacitación de 150 personas líderes de la zona en sensibilización y temas de cuidado ambiental para la prevención y cuidado del área y evitar las enfermedades frecuentes que se presentan, así como la concientización de los pobladores en la problemática y su participación permanente en comunidad para crear la cultura que se requiere en la zona.

La capacitación se hará a través de mesas de trabajo, visitas al sector, folletos informativos y cursos de capacitación en el manejo y disposición correcta de residuos sólidos y líquidos.

Puesto que este es un trabajo de inversión social que debe ser desarrollado por el Estado, de acuerdo a sus responsabilidades constitucionales, se pudo tener acceso al Presupuesto de Inversiones del Distrito de Barranquilla para la vigencia 2016 y se evidenció que efectivamente se incluyen unas partidas para trabajos de canalización, limpieza y mantenimiento de arroyos, lo que asegura que el proyecto propuesto puede contar con la viabilidad por parte de la autoridad local (Tabla 5).

Tabla 5: Presupuesto del Distrito para canalización de arroyos en 2016. Valores en pesos Colombianos (COP) y Euros (€)¹. Fuente: Alcaldía de Barranquilla (2015)

Concepto	Total (COP)	Total (€)
Canalización, limpieza y mantenimiento de arroyos	12.344.700.270	3.336.405
Limpieza, dragado y mantenimiento de arroyos y caños	2.700.640.931	729.903
Canalización de arroyos y vías canales - Convenio Interadministrativo Distrito - Foro Hídrico	2.600.000.001	702.703
Canalización de arroyos y vías canales - Convenio Interadministrativo Distrito - Foro Hídrico	4.344.059.338	1.174.070
Canalización de arroyos y vías canales - Convenio Interadministrativo Distrito - Foro Hídrico	2.700.000.000	729.730
Saneamiento de la cuenca oriental de Barranquilla	7.750.000.000	2.094.595
Obras para el saneamiento de la cuenca oriental de Barranquilla	3.750.000.000	1.013.514
Obras para el saneamiento de la cuenca oriental de Barranquilla	4.000.000.000	1.081.081

4.7. Costo del bien y servicio prestado

La asignación de los recursos de la economía es uno de los retos más singulares que se le presenta al administrador de los bienes del Estado, en este caso el Alcalde Distrital. No solamente para optimizar el uso de los insumos y alcanzar metas de crecimiento, sino especialmente, para el logro de objetivos de bienestar económico y social de las comunidades.

Para la cuantificación económica de este trabajo debimos establecerlo desde el punto de vista del entorno económico, los costos y beneficios del proyecto, asignando a cada uno de los rubros que lo compone un valor que refleje su costo de oportunidad.

Lo anterior, debido a que en una economía ideal en que las fuerzas del mercado funcionan libremente en presencia de la competencia nacional e internacional, se hubiesen podido utilizar los "precios de mercado" de todos los factores de producción para hacer el

¹ Tasa de Cambio 12 de Abril de 2016: 3.700COP/€. Fuente: <http://www.banrep.gov.co/es/tasas-cambio-mundo>

cálculo. Sin embargo, en el mundo real se presentan importantes obstáculos que impiden el libre juego de la oferta y la demanda, por ejemplo: las políticas proteccionistas exageradas, las restricciones a las importaciones, los tipos de cambio artificiales, los controles oficiales a los precios, las tasas de interés sobrevaluadas, la presión de los monopolios oficiales y privados sobre la oferta y los precios, las condiciones establecidas por los monopsonios en el mercadeo de los insumos, los salarios mínimos que exceden el costo real del trabajo debido al poder de los sindicatos, las cargas impositivas injustas, la poca movilidad de los factores de producción, la capacidad ociosa de los recursos, la injusta distribución de los ingresos, los subsidios que favorecen a determinados sectores, etc., por lo tanto los precios de mercado no señalan adecuadamente el costo de oportunidad de los insumos, bienes o servicios.

Dado estas circunstancias, fue necesario identificar unos valores diferentes a los del mercado, que permitieran medir en alguna forma los costos verdaderos de oportunidad de los recursos. Estos son los llamados “precios sombra” o “precios cuenta” o “precios económicos”. En consecuencia, fue necesario definir una razón entre los precios de mercado y los valores de consumo y, otra, para expresar el valor económico de oferta y el precio de mercado, utilizando la Relación de Precios Cuenta (R.P.C), la cual se define en los siguientes términos (Departamento Nacional de Planeación, 2012):

$$R.P.C.i = \frac{\text{Precio cuenta bien } i}{\text{Precio de mercado bien } i} \quad (\text{Eq. 1})$$

Se utilizan R.P.C. por ser una herramienta conveniente para convertir los flujos financieros de evaluación de proyectos de inversión privados en flujos económicos para evaluar proyectos de inversión social como el nuestro.

Los R.P.C. utilizados fueron extraídos de los indicadores que tiene el Departamento Nacional de Planeación (DNP) y aplicados a los costos del proyecto, los cuales nos arrojaron un valor total de 526.258.425 pesos Colombianos (COP), o 142.232 euros (€) (Tabla 6).

Tabla 6: Presupuesto Estimado de las Obras. Valores en pesos Colombianos (COP) y Euros (€)².

Descripción	Unidad	Valor Total (COP)	R.P.C.	Valor Total - Precio Cuenta	
				(COP) -	(€)
Localización y replanteo	ha	4.050.000	1,00	4.050.000	1.095
Desmante y descapote manual	m ²	20.048.000	0,60	12.028.800	3.251
Excavaciones	m ³	18.750.000	0,87	16.312.500	4.409
Relleno estructural	m ³	14.950.000	0,87	13.006.500	3.515
Manejo de materiales sobrantes	m ³	26.000.000	0,87	22.620.000	6.114
Relleno de material de préstamo	m ³	4.687.500	0,79	3.703.125	1.001
Disipador de energía en concreto	ud	6.000.000	0,79	4.740.000	1.281
Enroca	m ³	114.000.000	0,87	99.180.000	26.805
Tuberías de drenaje	ml	1.350.000	0,79	1.066.500	288
Geotextil	m ²	22.500.000	0,79	17.775.000	4.804
Siembra de árboles	ml	15.750.000	0,80	12.600.000	3.405
Capacitaciones	ud	15.000.000	1,00	15.000.000	4.054
Limpieza general	m ²	4.800.000	0,87	4.176.000	1.129
Mantenimiento en 10 años	glb	375.000.000	0,8	300.000.000	81.081
Total Costos		642.885.500		526.258.425	142.232

4.8. Aspectos relevantes a las soluciones del problema

El problema de los habitantes del Distrito de Barranquilla que tienen sus viviendas asentadas en los cauces y laderas de los arroyos pluviales son una realidad calamitosa que puede ocasionar fenómenos más de carácter social que de tipo natural que se repite permanentemente en el año y se acentúa con la llegada del invierno, realidad a la que no se puede dársele la espalda para darle a la situación un tratamiento de emergencia. El

² Tasa de Cambio 12 de Abril de 2016: 3.700COP/€. Fuente: <http://www.banrep.gov.co/es/tasas-cambio-mundo>

problema es más complejo y requiere soluciones imaginativas de carácter holístico donde prime el criterio transdisciplinario para abordar el problema.

Se debería convocar a las universidades de la ciudad y convocar a un concurso de méritos sobre el tema permitiendo alianzas estratégicas entre una o más universidades aprovechando su razón de ser, la investigación a partir de la creación previa de un lenguaje común al problema tratado.

El gobierno distrital y los gremios deberían financiar dicho concurso garantizando que este fuese una realidad y en él se comprometerían la sociedad civil, Organizaciones No Gubernamentales (ONGs) y entidades gubernamentales que sean garantes. Deberá además tener un carácter multidisciplinario o transdisciplinario de carácter muy serio.

Una de las perspectivas de solución más importante estaría encaminada hacia la educación ambiental, a partir de una cátedra libre donde se circunscriban las más sentidas reivindicaciones ambientales de la comunidad haciéndole ver que es parte de la solución al problema. Solo de esta manera Barranquilla tendrá habitantes en esa zona con alta calidad de vida y podrá entonces contar con recurso humano motivado que lleve a la ciudad a los puestos de vanguardia en cuanto a niveles de competitividad y posicionamiento nacional.

Contemplando todas estas consideraciones, podemos asegurar que las alternativas de solución planteadas hasta esta etapa tienen prefactibilidad y por lo tanto se seguirá con el desarrollo de la metodología adecuada para su formulación y evaluación y presentación ante las autoridades distritales de la ciudad de Barranquilla.

4.9. Descripción entidad ejecutora del proyecto

La entidad distrital encargada de la ejecución de este tipo de obras es El Fondo de Restauración, Obras e Inversiones Hídricas Distrital (Foro Hídrico). El Foro Hídrico tiene como objeto social diseñar, formular, ejecutar y mantener planes y proyectos acordes a la alternativa de solución, de la problemática de los arroyos del Distrito de Barranquilla, cuyos cauces son lechos de aguas residuales y desechos sólidos, que agravan el sistema hídrico de los canales de aguas lluvias.

Tiene como misión la recuperación del entorno de los arroyos del Distrito de Barranquilla como componente de los recursos hídricos de esta ciudad, a fin de establecer

la infraestructura estratégica necesaria para transformar los componentes del recurso y preservar las reservas hídricas del Distrito.

Como objetivos específicos contempla: 1) Dar a conocer a toda la comunidad sobre el sistema de los arroyos como un tema cultural, geográfico y de convivencia para en la ciudad; 2) Concentrar esfuerzos y recursos necesarios de toda índole en la recuperación y mejoramiento del entorno de la canalización de las aguas lluvias, de acuerdo a las proyecciones de crecimiento de la ciudad de Barranquilla; 3) Generar sentido de pertenencia en la ciudadanía en el cuidado y manejo de los arroyos de aguas lluvias evitando obstruir los cauces con basuras, grasas, aguas residuales y podas.

El Foro Hídrico es un establecimiento público sin ánimo de lucro del orden distrital, dotado de personería jurídica, autonomía administrativa y patrimonio independiente bajo el régimen jurídico establecido en el artículo 70 de la Ley 489 de 1998. El Foro Hídrico se regirá por las disposiciones contenidas en esta Ley y las normas que los modifiquen, aclaren o deroguen.

La entidad se encuentra facultada para realizar contratos, acuerdos y convenios, suscribir convenios para ofrecer y recibir cooperación técnica, participar en sociedades y asociaciones cuyo objeto sea afín con sus funciones, celebrar contratos de asociación con personas naturales o jurídicas nacionales o extranjeras, para dar cumplimiento a su objeto y las demás que le señale la ley.

El Patrimonio de la entidad está conformado por las siguientes rentas: las generadas por la Tasa Retributiva Ambiental y las Compensatorias contempladas en el artículo 42 de la Ley 99 de 1993, las correspondientes a la utilización de agua de que trata el artículo 43 de la misma Ley, el 70% de la sobretasa establecida en el literal a) y g) del artículo 22 de la Ley 128 de 1994 y todas las rentas que puedan ingresar a la entidad mediante aportes, convenios o contratos interadministrativos o privados que celebre por la prestación del servicio.

En la Tabla 7 podemos observar la parte pertinente que nos interesa con respecto al Plan de Acción del Foro Hídrico.

Tabla 7: Plan de Acción Foro Hídrico en 2016–2019. Fuente:
<http://www.barranquilla.gov.co/forohidrico/plandeaccion.html>

Descripción	Año			
	2016	2017	2018	2019
Elaboración de manuales didácticos de mejoramiento de condiciones de saneamiento básico		X		
Programa de Cooperación interadministrativo para el mejoramiento de las condiciones de saneamiento básico del sur occidente y centro de la ciudad		X		
Continuación del Programa de Canalización y Limpieza de Arroyos	X	X	X	X
Aplicación de recursos para la Canalización, estabilización y limpiezas del Arroyo Don Juan, El Afán, La Alboraya, Bajo Valle y El Salao II			X	X

Como se puede observar, dentro de sus planes tienen contemplado la aplicación de recursos para estabilización y limpieza de arroyos, motivo por el cual el TFM planteado tiene viabilidad.

De igual manera se encuentra el Decreto No. 1228 de diciembre 21 de 2015 mediante el cual se adopta el presupuesto de rentas y gastos del Distrito de Barranquilla, para la vigencia fiscal del 1° de enero al 31 de diciembre de 2016, con el cual se reafirma el presupuesto del distrito donde se encuentran recursos disponibles para la ejecución de las obras necesarias para la canalización de los arroyos en la ciudad (Tabla 8).

Tabla 8: Presupuesto de Inversión de Distrito de Barranquilla para 2016. Valores en pesos Colombianos (COP) y Euros (€)³. Fuente: Alcaldía de Barranquilla (2015d)

Sector	Ambiental	66.394.700.272COP	17.944.514€
Programa	Canalización, limpieza y mantenimiento de arroyos	12.344.700.271COP	3.336.405€
Sub-programa	Canalización y limpieza de arroyos	12.344.700.271COP	3.336.405€
Proyecto	Limpieza, dragado y mantenimiento de arroyos y caños	2.700.640.932COP	729.903€
Proyecto	Estabilización y canalización de arroyos y vías canales - Convenio Interadministrativo Distrito Foro Hídrico	9.644.059.339COP	2.606.503€

Las cifras anteriores nos indican que se tiene una partida de 12.344.700.271COP, o 3.336.405€, para destinar específicamente al tema de la estabilización de arroyos. Como 9.644.059.339COP, o 2.606.503€, serán ejecutados a través del Convenio Interadministrativo entre el Distrito y el Foro Hídrico (Tabla 8), las obras planteadas tienen los recursos disponibles para su ejecución.

4.10. Beneficios esperados con la ejecución del proyecto

Para la evaluación de los beneficios que se esperan para la comunidad partimos del valor que refleja el gasto per cápita en salud en el Distrito de Barranquilla (Tabla 9). De esta información se puede establecer que en el año 2015, el Sistema de Salud se gasta una suma estimada de 240.985COP, o 65€, por cada persona usuaria del Sistema de Salud.

³ Tasa de Cambio 12 de Abril de 2016: 3.700COP/€. Fuente: <http://www.banrep.gov.co/es/tasas-cambio-mundo>

Tabla 9: Gasto per cápita en salud en lo Distrito de Barranquilla. Valores en pesos Colombianos (COP) y Euros (€)⁴. Fuente: Secretaría de Salud Distrital (2010)

Año	Población	Gasto Promedio Anual en Salud (COP)	Gasto Promedio Anual en Salud (€)	Gasto Per Cápita en Salud (COP)	Gasto Per Cápita en Salud (€)
2010	1.209.171	190.934.013.050	51.603.787	157.905	43
2011	1.222.170	210.027.414.355	56.764.166	171.848	46
2012	1.235.308	231.030.155.791	62.440.583	187.022	51
2013	1.248.588	254.133.171.370	68.684.641	203.536	55
2014	1.262.010	279.546.488.507	75.553.105	221.509	60
2015	1.276.018	307.501.137.357	83.108.416	240.985	65
2016	1.290.182	338.251.251.093	91.419.257	262.173	71
2017	1.304.503	372.076.376.202	100.561.183	285.225	77
2018	1.318.983	409.284.013.822	110.617.301	310.303	84
2019	1.333.624	450.212.415.205	121.679.031	337.586	91
2020	1.348.427	495.233.656.725	133.846.934	367.268	99

Teniendo este valor de gasto per cápita, mostramos en la Tabla 10 una aproximación acerca de los beneficios o ahorros que se lograrían con la puesta en marcha de la canalización del arroyo, tomado como análisis un simple resultado aritmético del objetivo de disminución de personas enfermas en los primeros cinco años de la canalización, el costo de atención y las proyecciones según las tablas de enfermedades presentadas en el capítulo 3.

El beneficio por año correspondería a un ahorro para el Distrito de Barranquilla correspondiente a 835.205.719COP, o 225.731€ (Tabla 10), y una disminución de 137.856 casos de enfermedades para las personas habitantes en la zona de influencia del arroyo.

⁴ Tasa de Cambio 12 de Abril de 2016: 3.700COP/€. Fuente: <http://www.banrep.gov.co/es/tasas-cambio-mundo>

Tabla 10: Beneficios de las obras en la reducción de casos de enfermedades. Valores en pesos Colombianos (COP) y Euros (€)⁵. Fuente: Secretaría de Salud Distrital (2015) y cálculos propios

Descripción	Consulta Externa	Casos Respiratorios	Casos de Piel	Casos Gastrointestinales
No. personas proyectadas por enfermedades en 10 años	146.388	38.337	11.877	79.109
Objetivo disminución personas enfermas (50%)	73.194	19.169	5.938	39.554
Gasto per cápita por enfermedad (COP)	22.462	65.361	20.249	134.873
Gasto per cápita por enfermedad (€)	6	18	5	36
Ahorro por enfermedades después de las obras (COP)	1.644.089.595	1.252.890.853	120.246.868	5.334.829.873
Ahorro por enfermedades después de las obras (€)	444.349	338.619	32.499	1.441.846
Total en 10 años	8.352.057.189COP ~ 2.257.313€			
Total por año	835.205.719COP ~ 225.731€			

Desde el punto de vista del proyecto que se plantea, la ejecución de la obras, generarían grandes beneficios a la población que habita en la zona de influencia del arroyo y para el Distrito de Barranquilla.

⁵ Tasa de Cambio 12 de Abril de 2016: 3.700COP/€. Fuente: <http://www.banrep.gov.co/es/tasas-cambio-mundo>

5. Descripción técnica de la canalización del arroyo

5.1. Introducción

El estudio técnico es la fase orientada a buscar una función de producción que optimice la utilización de los recursos disponibles en la elaboración de un bien o en la prestación de un servicio en cada una de las alternativas de solución propuestas.

Con los estudios se podrá obtener la información de las necesidades de capital, maquinaria y equipo, mano de obra, materiales, insumos, etc., tanto para la puesta en marcha como para la posterior operación del proyecto. Del análisis de las características y especificaciones técnicas de los equipos podrá determinarse su disposición en planta, la que a su vez permitirá dimensionar las necesidades del espacio físico para su normal operación.

La transformación de insumos en productos mediante una técnica determinada de combinación de factores como mano de obra, equipo, insumos materiales, métodos y procedimientos, constituye el proceso de producción; en consecuencia, dependiendo de la forma como se haga esa transformación obtendremos distintos procesos. Dependiendo de las características propias del producto, de los insumos empleados y de las restricciones de mercado y financieras, se puede elegir entre varios tipos de proceso.

Una vez seleccionado el proceso adecuado se podrán deducir las necesidades de materiales, equipos, servicios y los requerimientos de personal; además, se podrá establecer la estructura de costos de operación propia, que aglutina mano de obra directa e indirecta, insumos principales y secundarios, costos de mantenimiento, y costos generales para la conservación en el tiempo del proyecto ejecutado.

Por otro lado, los estudios técnicos apuntan en nuestro caso, a determinar los alcances de la solución propuesta, descrita en lo posible, con el acompañamiento de estudios de ingeniería, diseños, gráficos, diagramas de flujo, estudios topográficos, hidrológicos, hidráulicos, estructurales, y todo aquello que permita un mejor conocimiento de la opción técnica seleccionada.

Todas las actividades que se desarrollan tanto en la ejecución como durante la operación del proyecto deben ser programadas, coordinadas, y controladas por un ente administrativo que garantice su objetivo. En consecuencia, la estructura organizativa que se

diseño para la gestión pertinente no solamente será importante en términos del logro de esas metas, sino que tendrá efectos en las inversiones y en los costos de operación. A continuación se presenta el estudio técnico que hemos venimos tratando.

5.2. Diagnóstico situación actual, desde el punto de vista técnico

La mala planificación de la ciudad y la pérdida de vegetación en la zona de influencia del arroyo, transformó el flujo superficial en algo enteramente diferente al que trazó la naturaleza. El incremento continuado de la escorrentía superficial y el incremento de su caudal modelan y transforman sus laderas.

El arroyo, además de recoger la escorrentía superficial generada por la lluvia, recoge las aguas negras, los residuos sólidos y los desechos de las urbanizaciones apostadas alrededor de sus riberas. Uno de los problemas ambientales más serios del arroyo, es sin duda, el manejo de los residuos sólidos, muchos de estos se vierten al arroyo y a sus riberas, se acumulan en vertederos clandestinos y producen un serio impacto sobre el paisaje, la flora y la fauna del lugar.

La carencia de un sistema completo de alcantarillado que incluya la recolección, transporte y tratamiento de basuras, es responsable de que se presenten situaciones sanitarias críticas en varios sectores cercanos al arroyo.

Algunos vecinos del arroyo manifiestan que han tenido que soportar durante varios años un foco de infección que les ha causado bronquitis, enfermedades de la piel y afecciones gastrointestinales de tipo viral.

En algunos tramos del arroyo se reproducen animales peligrosos tales como alacranes y culebras. Esta situación es desesperada para las familias, ya que atenta gravemente contra la numerosa población infantil.

En la figura 20 se presenta una sección del plano topográfico de la zona de influencia en donde se plantea el desarrollo de la canalización del arroyo.

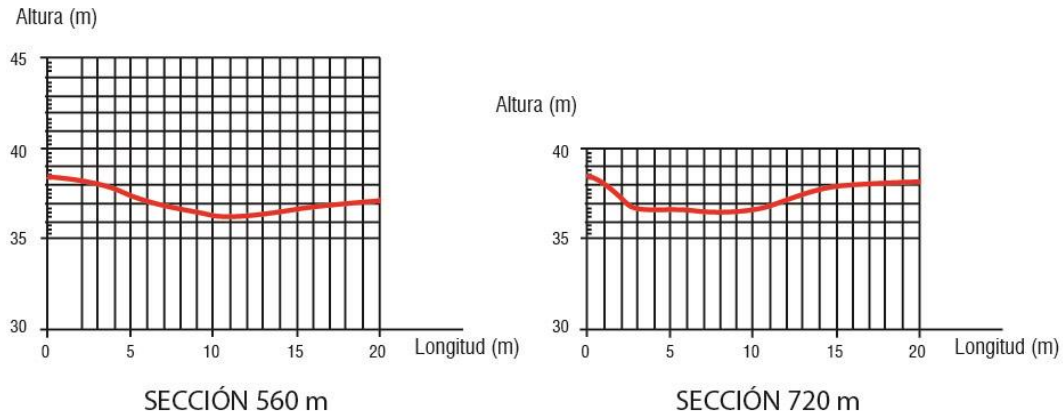


Figura 22: Secciones del arroyo de 560 m y 720 m. Fuente: Plan de Desarrollo 2012–2015 (2012) y Foro Hídrico (2012)

Esta información evidencia que la morfología del arroyo, las condiciones de educación ambiental y la mala infraestructura de servicios de alcantarillado y aseo, hacen necesario el desarrollo del proyecto planteado.

5.3. Descripción de la solución de ingeniería propuesta

La solución de ingeniería que se plantea implica adelantar las siguientes actividades generales: 1) el diseño y construcción de obras civiles para lograr la estabilización del cauce y las laderas del arroyo; 2) el mantenimiento de su cauce con la limpieza y recolección de residuos sólidos; 3) la arborización del área de influencia y 4) el desarrollo de programas de capacitación ambiental a sus habitantes. Desde el punto de vista de ingeniería solo se presenta lo correspondiente a los puntos 1) y 3).

5.3.1. Ingeniería para la estabilización del arroyo

Para efectos de definir el diseño y construcción de las obras para la estabilización del cauce del arroyo, las autoridades distritales contrataron el rediseño del trazado del canal de acuerdo a requerimientos de los lotes vecinos y el rediseño de la sección trapezoidal del canal, considerando otras formas y materiales del Canal, con el objeto de estabilizar y disminuir costos de construcción, así como darle solución a otros arroyos menores que cruzan el lote y darle el manejo de la escorrentía que drena hacia el perímetro del lote para evitar los deslizamientos frecuentes en la zona.

Para el desarrollo de los estudios de ingeniería se partió de los correspondientes estudios hidrológicos e hidráulicos, los estudios topográficos de la zona, los estudios de suelos y la determinación de las variables que se requerían para los cálculos correspondientes, estudios que logramos obtener en las oficinas de las autoridades Distritales, descritos en informes ejecutivos que fueron elaborados a finales del año 2014 por un grupo de ingenieros civiles, de la que se puede presentar a manera de modelo didáctico una solución técnica a la problemática, ajustada al trabajo académico que se viene desarrollando.

5.3.2. Estudios hidrológicos e hidráulicos desarrollados

Como se mencionó anteriormente, se utilizará el estudio realizado por las autoridades Distritales en el año 2014 con el propósito de desarrollar una caracterización física de la cuenca del arroyo y a través de su morfología desarrollar los cálculos pertinentes que nos permitan definir la sección de canal que se utilizara para el arroyo.

5.3.3. Caracterización física de la cuenca

La morfología de la cuenca fue elaborada con base en las Planchas N° 17-IV-A y 17-II-C del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), definieron la red de drenaje del arroyo y la divisoria de su cuenca, posteriormente calcularon los principales parámetros que caracterizan la morfología de la cuenca (Tabla 11).

Tabla 11: Morfología de la cuenca. Fuente: IGAC (2012)

Área drenaje	5,6 km ²
Longitud de la corriente principal	0,750 km
Cota máxima	95 m.s.n.m.
Cota mínima	60 m.s.n.m.
Diferencia de nivel	35 m
Pendiente de la corriente principal	0,0087 m/m
Velocidad de caudal máximo	2,36 m/s
Velocidad de caudal mínimo	0,32 m/s

Se determinó que la cuenca de drenaje tiene una buena capacidad de retención de agua lluvia por medio de la infiltración ayudada por la baja pendiente de la cuenca. De igual manera se estableció que el suelo en el cual se va a desarrollar el proyecto no tiene ningún tipo de restricción legal dentro de la normatividad que rige en el Distrito de Barranquilla y dentro de su potencial para el desarrollo se tienen previstas la promoción de acciones para su rehabilitación y renovación urbana a través del Plan Parcial que hace parte integral del Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito.

5.3.4. Determinación del caudal de diseño

Con base en el estudio de las intensidades de la lluvia de la Estación pluviográfica del Aeropuerto Internacional Ernesto Cortissoz, se determina la Curva de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) (Figura 23).

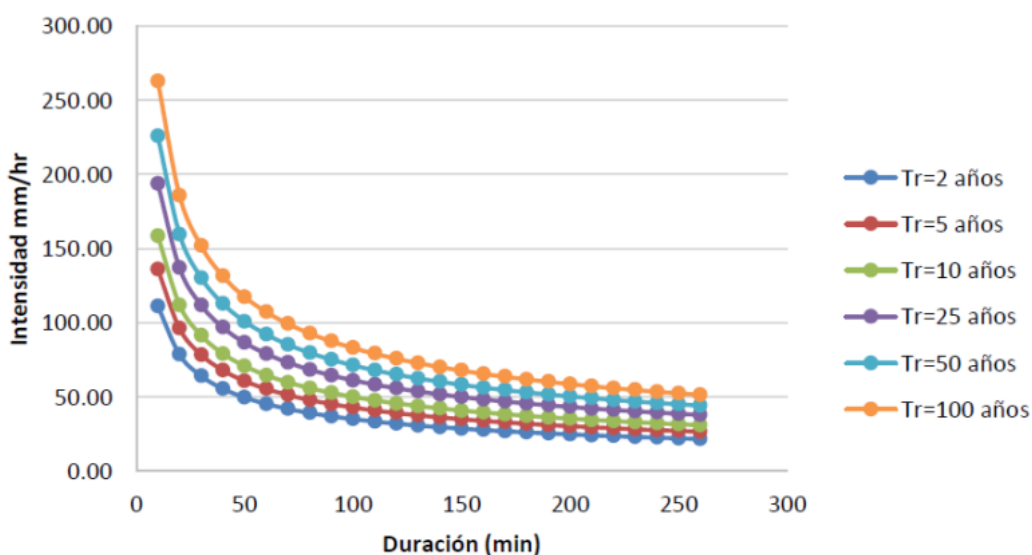


Figura 23: Curvas IDF (Intensidad – Duración – Frecuencia) para Barranquilla. Fuente: Estación meteorológica del Aeropuerto Internacional Ernesto Cortissoz de Barranquilla (2014)

Esta curva nos indica los valores de la intensidad de la lluvia para diferentes períodos de retorno (Tr) y duraciones de la lluvia, información que fue utilizada para el cálculo de los caudales de diseño (Q). Para el cálculo del Q se consideró el método empírico (método racional), que permite calcular el caudal de escurrimiento con la siguiente formulación:

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot i \cdot A \quad (\text{Eq. 2})$$

Donde Q es el caudal máximo de crecida (m^3/s), C el coeficiente de escorrentía superficial, i la intensidad de la lluvia (mm/h) y A la área de drenaje de la cuenca (km^2).

El coeficiente de escorrentía superficial (C), depende básicamente del tipo de suelo de la cuenca y de la pendiente de la misma. El valor recomendado por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (USSCS) para suelos semi-rurales compuesto por arbustos, algunas zonas duras y baja pendiente de la cuenca, es de 0,3.

El área de drenaje (A) de la cuenca, calculado según lo mostrado en el cuadro arriba (Tabla 11), es $5,6 \text{ km}^2$.

Empleando el método racional (Eq. 2) fue posible determinar el caudal de diseño para la canalización del arroyo, teniendo en cuenta diferentes periodos de retorno, diferentes intensidades de lluvia (valores tomados de la figura 23 con una duración de 30 minutos de las lluvias), el valor de coeficiente de escorrentía superficial de 0,3 recomendado por el USSCS, y el área de drenaje de $5,6 \text{ km}^2$ (Tabla 12).

Tabla 12: Caudal de diseño (Q) obtenido para diferentes períodos de retorno (Tr) aplicando el método racional.

Período de retorno (Tr, años)	Intensidad lluvia (i, mm/h)	Caudal de diseño (Q, m^3/s)
5	70	32,69
10	81	37,83
25	95	44,37
50	107	49,97
100	118	55,11

Para estructuras de drenaje a través de canalizaciones se recomienda diseñar para un período de retorno de 25 años, por lo cual el caudal de diseño necesario para el estudio es de utilizado para el estudio es de $44,37 \text{ m}^3/\text{s}$.

5.3.5. Diseño del perfil y sección transversal del canal

Para el trazado del canal los ingenieros tuvieron en cuenta la topografía del área, así como la morfología natural del canal actual:

- Caudal de Diseño: $Q = 44,37 \text{ m}^3/\text{s}$
- Área de sección transversal: $A_d = 35,2 \text{ m}^2$
- Velocidad máxima de Diseño: $V_d = 2,27 \text{ m/s}$
- Pendiente del Canal, se calculó respetando las cotas del fondo del arroyo natural a la entrada y la salida del lote: $PTE = 0,00388 \text{ m/m}$
- Material del Canal: según el caudal y la pendiente con que va a trabajar el canal, se esperan velocidades medias, por lo que el revestimiento del fondo debe ser de un material resistente a la erosión, por lo anterior se recomienda utilizar como material de construcción Concreto ciclópeo. Para este material se adopta un Factor de Rugosidad de Manning, $n = 0,013$ y taludes $Z = 1$.

De acuerdo con los análisis hidráulicos preliminares se analizaron varias formas de canal, escogiendo una sección trapezoidal, que desde el punto de vista hidráulico y de capacidad de transporte es la más conveniente y dan profundidades menores, aunque el espacio lateral sea mayor y será utilizado para construir unos canales de recolección de aguas servidas de las casas habitación que drenaran por tubería al lecho del arroyo y lograr su evacuación adecuada sin estancamientos. La sección escogida se muestra en la figura 24.

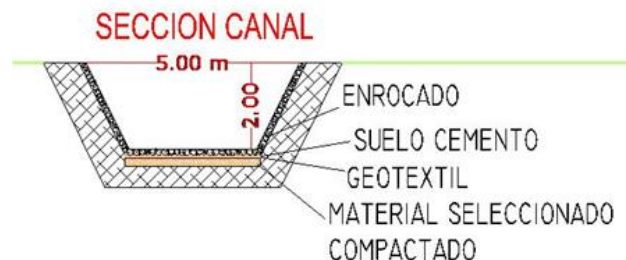


Figura 24: Sección canal para la canalización del arroyo.

Con base en esta sección escogida, la topografía del terreno y las necesidades del proyecto se hizo el trazado del cauce total del arroyo, incluido el diseño de los disipadores de energía (Figura 25).

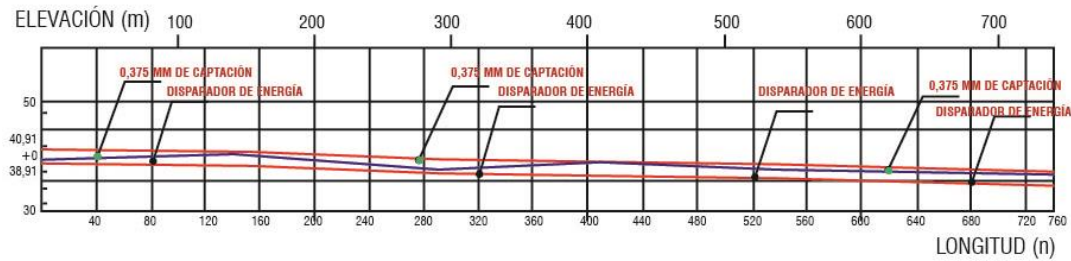


Figura 25: Perfil longitudinal propuesto para el eje del canal.

5.3.6. Ingeniería para la arborización del área de influencia

“Los árboles modifican el medioambiente que nos rodea, moderando el clima, mejorando la calidad del aire, reduciendo la escorrentía de las aguas pluviales y albergando un hábitat silvestre. Protege la climatología local del sol, la lluvia y el viento extremos. La energía procedente de sol es absorbida o bloqueada por las hojas de los árboles de hoja caduca durante el verano, y solo es filtrada por las ramas en invierno. Cuanto mayor sea la altura de un árbol, mayor será su efecto de enfriamiento. Cuando se plantan árboles en la ciudad, podemos moderar el efecto isla de calor provocado por los edificios y el pavimento” (Sociedad Internacional de Arboricultura, 2013).

Para efectos de definir el tema de la arborización se partió de un diagnóstico adelantado por el Departamento Administrativo del Medio Ambiente (DAMAB, 2014), en el que se determinan todos los aspectos que se deben tener en cuenta desde el punto de vista técnico para definir qué tipo de recursos florísticos se deben plantar en la zona de influencia del arroyo.

Según diagnóstico que adelantó el DAMAB (2014), se estableció que las especies arbóreas del Distrito de Barranquilla revelan una densidad total de 476,58 individuos (árboles) por hectáreas, mientras que la densidad entre zonas varió de 186,27 a 641,29 ind/ha, perteneciendo el valor el mínimo a la zona sur oriente y máximo a la zona norte.

Las especies que presentaron los mayores valores de densidad fueron *Tabebuia rosea* (Robles morados) (93,12 ind/ha), *Roystonea regia* (Palma Real) (78,26 ind/ha) y *Terminalia catappa* (Almendro) (61,92 ind/ha).

En lo que respecta a la dominancia de familias y especies, se encontró que 6 familias halladas en los corredores viales obtuvieron las mayores frecuencias de aparición, siendo

éstas, en su orden, Bignoniaceae, Arecaceae, Combretaceae, Moaceae Fabaceae y Anacardiaceae. Mientras que las que presentaron mayor número de especies fueron, respectivamente, Moraceae, Arecaceae, Euphorbiaceae, Mimosaceae, Apocynaceae y Cesalpiniaceae

La estimación de la dominancia, por medio del Índice de Valor de Importancia (IVI) muestra que las especies con mayor dominancia son: *Ficus benjamina*, con el IVI más alto (0,116), luego le siguen *Tabebuia rosea* (IVI = 0,115), *Terminalia cattapa* (IVI = 0,103), *Manguifera indica* (IVI = 0,093), *Glicricidia sepium* (IVI = 0,091), *Roystonea regia* (IVI = 0,084) y *Cocos nucifera* (Coco) (IVI = 0,075).

En referencia al índice de abundancia, el promedio de observación de árboles por zonas, fluctuó entre 76,5 y 359,8 individuos. El tamaño poblacional estimado para el distrito de Barranquilla fue de 57.959 ejemplares. Específicamente, por zonas, las poblaciones oscilaron en 2.138 a 29.693 individuos. La densidad absoluta estimada, en promedio, fue de 1.219,8 ind/ha, presentando su mayor valor en la zona norte con 1.555,05 ind/ha.

Se comprobó que la flora del Distrito de Barranquilla está compuesta por un número elevado de especies, sin embargo, la plantación de las especies forestales, se ha efectuado tradicionalmente en forma desordenada y sin tener en cuenta la Silvicultura Urbana. Desafortunadamente, se ha hecho axiomática la idea que la arborización es una actividad simple y carente de toda técnica especializada; donde lo importante es sembrar árboles, sea cual sea su especie y función que va a desempeñar, porte del árbol, comportamiento radicular, longevidad que pueda alcanzar, ataques de plagas y enfermedades endémicas, o a que pueda estar sometido, manejos culturales requeridos, y en general mantenimiento especial a todo lo largo de su vida.

Debido a lo anterior, es necesario tener en cuenta una serie de parámetros, que se hacen estrictamente necesarios para el éxito de una arborización técnica, como la que se plantea en el área de influencia del Bajo Valle, en el cauce del arroyo en cuestión.

La ejecución de establecimiento, desarrollo y mantenimiento de la arborización urbana, debe ser competencia únicamente de la autoridad ambiental competente, siguiendo las normas técnicas que se deben tener en cuenta para una siembra ordenada y sobre todo bajo la normatividad reglamentaria del Distrito.

La altura de los árboles a plantar, debe estar íntimamente relacionada con el sitio de siembra definitiva, con el fin de no causar traumatismos en el futuro, debido a un crecimiento excesivo del árbol, que cause problemas aéreos, subterráneos o destrucción en la estructura de las construcciones.

La escogencia de especies es uno de los factores más importantes al momento de proyectar una arborización urbana. Entre los principales parámetros que se deben tener en cuenta se tienen: fenología, diversidad, variedad, monocultivo, plagas, enfermedades y adaptación. El esquema de arborización definido para el proyecto se muestra a continuación en la figura 26.

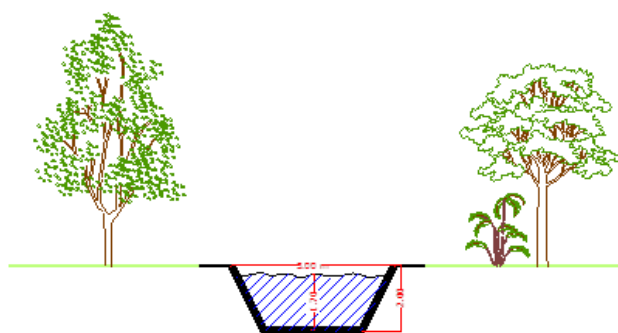


Figura 26: Sección del canal con la arborización.

En resumen, para la canalización se definió que estas labores de forestación se manejarían con las aéreas pertinentes de la autoridad ambiental, DAMAB, quienes entregaron el tipo y cantidad de árboles (1400 individuos) que se debían sembrar en el proyecto para lograr los objetivos propuestos, los cuales aparecen referenciados en el presupuesto final.

6. Evaluación económica de la canalización del arroyo

6.1. Introducción

Entrando en el tema de la evaluación económica, es necesario resaltar que dependiendo de los objetivos y las metas que se persiguen con su formulación podemos identificar formas distintas pero complementarias de hacer dicha ponderación o "evaluación". Se habla entonces de la "evaluación privada" o "evaluación financiera" cuando solamente el beneficio o lucro de agentes particulares (personas o entidades públicas o privadas) orienta la asignación de recursos hacia distintas aplicaciones.

Por otro lado se hace mención de la "evaluación económica de proyectos" cuyo propósito es asignar en forma óptima los recursos e identificar y medir los efectos del proyecto sobre las variables económicas del Distrito en conjunto con el dimensionamiento de los efectos redistributivos del proyecto sobre la comunidad con propósitos de equidad social.

En resumen, para un empresario privado o un agente individual (entidad pública o privada) el proceso de seleccionar una alternativa entre muchas propuestas, no resulta tarea difícil si tiene claramente identificado su objetivo, o sea, el mayor rendimiento que puede esperar de los recursos entregados a las distintas opciones de inversión. Por lo contrario el Distrito se enfrenta diariamente a decisiones que suponen el uso de los recursos económicos de la comunidad, para el logro de ciertos objetivos que en la mayoría de los casos y diferente a como sucede en los entes públicos o privados, no están perfectamente identificados, ni clarificados, ni jerarquizados.

En consecuencia, la identificación, formulación y evaluación de proyectos de inversión, está formado por un conjunto de metodologías destinadas a organizar y medir los componentes y resultados esperados de las distintas propuestas de inversión.

La evaluación de un proyecto implica pues el establecimiento de criterios para la identificación y valoración de costos y beneficios para todo el horizonte del proyecto, a su vez dado que estos beneficios y costos ocurren en distintos momentos en el tiempo, se requiere de un coeficiente de ponderación que los haga comparables. Por otro lado, la contribución de un proyecto al bienestar de la sociedad se observa a través de diversas

manifestaciones: unas se pueden percibir directamente en el mercado del bien o servicio que abastece el proyecto, en otros casos un proyecto puede generar cambios en otros mercados que pueden considerarse como costos o beneficios indirectos del proyecto.

No siempre resulta fácil la identificación y en algunos casos imposible su valoración. Una técnica muy utilizada para atribuir costos y beneficios a un proyecto consiste en “comparar dos situaciones hipotéticas”, una que supone establecer qué pasaría en la economía con el proyecto y otra qué ocurriría sin el proyecto (situación básica optimizada). Esta evaluación la hemos presentado en el capítulo anterior, en la que se puede observar cuales serían los beneficios de ejecutar el proyecto, pero como el mismo está planteado a un horizonte de tiempo de 10 años en lo referente a sus costos de mantenimiento, se hace necesario manejar la información acerca del monto de la inversión requerida y los flujos de gastos que genera el proyecto durante su vida útil para proceder a calcular su rendimiento.

6.2. Indicadores de evaluación económica

La evaluación social de proyectos persigue medir la verdadera contribución de los proyectos al crecimiento económico del país. Esta información, por lo tanto, debe ser tomada en cuenta por los encargados de tomar decisiones para así poder programar las inversiones de una manera que la inversión tenga su mayor impacto en el producto nacional.

La decisión final dependerá también de estas otras consideraciones económicas, políticas y sociales. Habrá proyectos con altas rentabilidades sociales medidas que a su vez generan otros beneficios que no han sido posible medir (tales como el contexto paisajístico y la belleza que puede producir). Habrá otros que tienen rentabilidades sociales medidas negativas y que también generan costos sociales intangibles, los que de ninguna manera querrán emprenderse. Habrá casos de proyectos que teniendo rentabilidades sociales medidas positivas generan costos intangibles, y otros que teniendo rentabilidades medidas negativas inducen beneficios sociales intangibles. En este tipo de proyectos es donde la evaluación económica es de gran importancia, debido a que se debe obtener la información necesaria para tomar la mejor decisión.

En todo caso se deben utilizar indicadores de evaluación económica, los cuales son conocidos también como indicadores costo-beneficio y son: el valor presente neto

económico (VPNE), la tasa interna de retorno económica (TIRE) y la relación beneficio-coste económico (RBCE).

El VPNE de un proyecto (Figura 27) es igual al valor presente del flujo de caja neto (beneficios menos costos), que genera el proyecto calculado año por año, en el horizonte de evaluación menos el valor presente de la inversión social del proyecto o inversión realizada para poner en operación el proyecto. Este valor debe ser actualizado con la ayuda de la Tasa Social de Descuento (K) para nuestro país, el cual es del 12% actualmente (<https://www.dnp.gov.co/>).

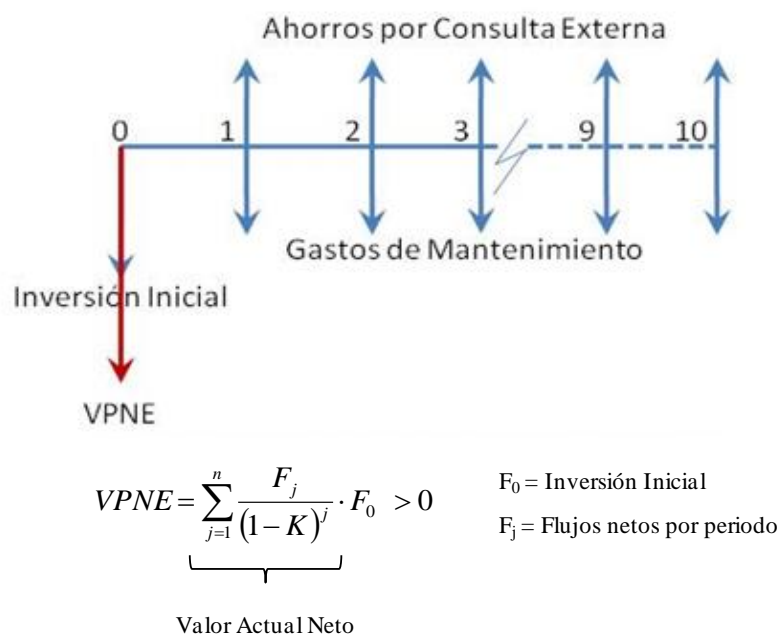


Figura 27: Valor Presente Neto Económico (VPNE) de un proyecto. Fuente: adaptado de Departamento Nacional de Planeación (2012)

TIRE es la tasa de descuento que hace que el VPNE de un proyecto sea igual a cero. Entonces el proyecto es aceptable si la TIRE es mayor que la Tasa Social de Descuento.

La relación beneficio-coste económico es el valor que resulta del cociente entre el VPN de los beneficios y el VPN de los costos del proyecto. El proyecto será conveniente si este número es mayor que uno.

En la Tabla 13 se puede observar el flujo de gastos que implica para el Distrito de Barranquilla atender las patologías presentadas en la zona de influencia del arroyo.

Tabla 13: Proyecciones de gastos anuales por consulta externa sin canalización. Valores en pesos Colombianos (COP) y Euros (€)⁶. Fuente: Secretaria de Salud Distrital (2015)

Año	2016	2017	2018	2019	2020
Tasa de crecimiento	1,110%	1,110%	1,110%	1,110%	1,110%
Gasto per cápita en salud (COP)	262.173	285.225	310.303	337.586	367.268
Gasto per cápita en salud (€)	71	77	84	91	99
Número total de habitantes enfermos	7.265	7.346	7.427	7.510	7.593
Gastos anuales por consulta externa (COP)	1.904.669.919	2.095.136.911	2.304.650.602	2.535.115.662	2.788.627.228
Gastos anuales por consulta externa (€)	514.776	566.253	622.879	685.166	753.683

Con los datos obtenidos de la Secretaría de Salud Distrital (Tabla 12) y utilizando la tasa social de descuento del 12% establecida por el DNP, se calculó el VPNE de los Gastos por consulta actualmente, es decir sin llevar a cabo el proyecto. Los resultados obtenidos se pueden observar en la tabla 14.

Tabla 14: Cálculo del VPNE de los gastos de consulta sin proyecto. Valores en pesos Colombianos (COP) y Euros (€)⁷.

Tasa social de descuento	12%
Valor Presente Neto Económico Gastos por consulta sin proyecto (COP)	8.204.687.050
Valor Presente Neto Económico Gastos por consulta sin proyecto (€)	2.217.483

A continuación (Tabla 15) se detalla el comportamiento de estos gastos anuales por consulta externa con una disminución del 50% de los casos de personas enfermas. Esta disminución es la consecuencia positiva de la canalización del arroyo en el barrio Bajo

⁶ Tasa de Cambio 12 de Abril de 2016: 3.700COP/€. Fuente: <http://www.banrep.gov.co/es/tasas-cambio-mundo>

⁷ Ibíd

Valle, debido a que se eliminan las pésimas condiciones de insalubridad que existen actualmente.

Tabla 15: Proyecciones de gastos anuales por consulta externa con la canalización. Valores en pesos Colombianos (COP) y Euros (€)⁸.

Año	2016	2017	2018	2019	2020
% Disminución de casos	50%	50%	50%	50%	50%
No. Patologías esperadas	3.632	3.673	3.714	3.755	3.796
Gastos anuales por consulta externa (COP)	952.334.959	1.047.568.455	1.152.325.301	1.267.557.831	1.394.313.614
Gastos anuales por consulta externa (€)	257.388	283.127	311.439	342.583	376.842

Con un presupuesto estimado de la obra de 526.258.425COP, o 142.232€ (Tabla 6), se proyectaron los gastos anuales de mantenimiento de la canalización del arroyo hasta el año 2020 (Tabla 16).

Tabla 16: Proyecciones de gastos anuales de mantenimiento de la canalización del arroyo. Valores en pesos Colombianos (COP) y Euros (€)⁹.

Año	2016	2017	2018	2019	2020
Gastos Anuales de Mantenimiento (COP)	30.000.000	31.500.000	33.075.000	34.728.750	36.465.188
Gastos Anuales de Mantenimiento (€)	8.108	8.514	8.939	9.386	9.855

Utilizando los resultados obtenidos en la tabla 16, se proyectaron de igual manera los gastos por consulta externa después de la canalización del arroyo incluyendo los gastos de mantenimiento. Los resultados se observan en la tabla 17.

⁸ Tasa de Cambio 12 de Abril de 2016: 3.700COP/€. Fuente: <http://www.banrep.gov.co/es/tasas-cambio-mundo>

⁹ Ibíd

Tabla 17: Proyecciones de gastos anuales por consulta externa más el mantenimiento de las obras. Valores en pesos Colombianos (COP) y Euros (€)¹⁰.

Año	2016	2017	2018	2019	2020
Gastos anuales por consulta externa + mantenimiento (COP)	982.334.959	1.079.068.455	1.185.400.301	1.302.286.581	1.430.778.802
Gastos anuales por consulta externa + mantenimiento (€)	265.496	291.640	320.378	351.969	386.697

Con los datos obtenidos de la tabla 17 y utilizando la tasa social de descuento del 12% establecida, se calculó el VPNE y la TIRE de los Gastos por consulta con la canalización del arroyo e incluyendo el mantenimiento de las obras, es decir después de llevar a cabo el proyecto. De igual manera se obtuvo la relación beneficio-costos de la comparación de la situación antes y después de la canalización. Los resultados obtenidos se pueden observar en la tabla 18.

Tabla 18: Cálculo del VPNE y TIRE de los gastos de consulta con proyecto, y relación beneficio-costos. Valores en pesos Colombianos (COP) y Euros (€)¹¹.

Tasa social de descuento	12%
VPNE Gastos por consulta con canalización + mantenimiento (COP)	3.694.286.628
VPNE Gastos por consulta con canalización + mantenimiento (€)	998.456
TIRE Gastos anuales por consulta externa + mantenimiento	195%
Relación Beneficio - Costo	2,2

Aplicando la técnica de comparación de las dos situaciones hipotéticas, es decir, establecer los gastos sin el proyecto y definir los gastos con el proyecto, tenemos que el Valor Presente Neto de los gastos en los cuales incurre el Distrito en la situación actual, es decir, en el caso de no adelantar la canalización del arroyo que se plantea son de

¹⁰ Tasa de Cambio 12 de Abril de 2016: 3.700COP/€. Fuente: <http://www.banrep.gov.co/es/tasas-cambio-mundo>

¹¹ Ibíd

8.204.687.050COP, o 2.217.483€ (Tabla 14). Pero si se desarrolla y ejecuta el Proyecto en cuestión, el VPNE, incluyendo el valor de la obra completa de la canalización, este valor baja a 3.694.286.628COP, o 998.456€ (Tabla 18) y la TIRE es de 195%, por lo cual, la relación Beneficio-Costo es 2,2.

A continuación se explica de manera gráfica (Figura 28), el resultado obtenido a través de los 3 indicadores utilizados para establecer la conveniencia del desarrollo del proyecto desde el punto de vista económico.

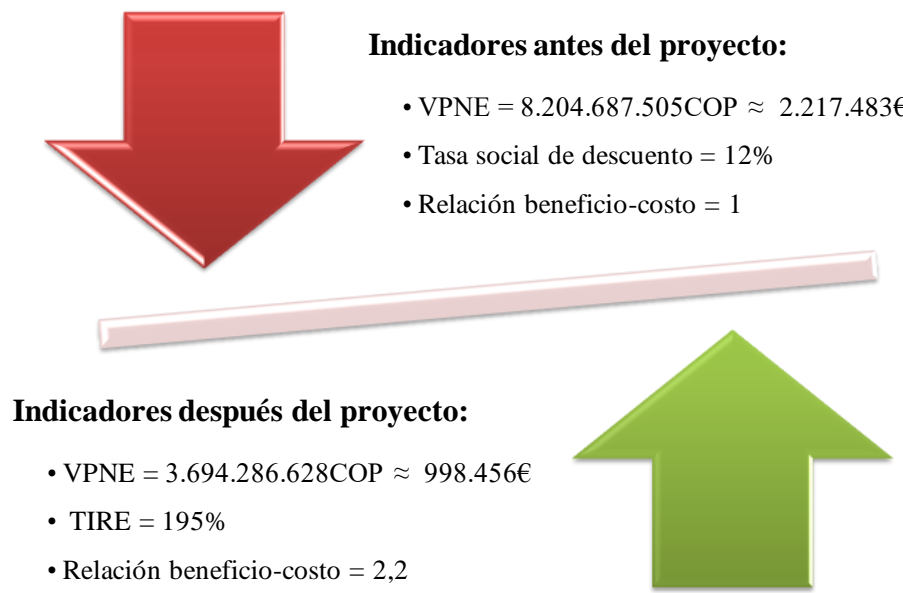


Figura 28: Indicadores económicos empleados para la evaluación del proyecto. VPNE – Valor presente neto económico; TIRE – Tasa interna de retorno económica. Tasa de Cambio 12 de Abril de 2016: 3.700COP/€.

Fuente: <http://www.banrep.gov.co/es/tasas-cambio-mundo>

De la figura 28 podemos analizar lo siguiente:

1) El VPNE después de la canalización del arroyo del barrio Bajo Valle tiene una reducción de 54,97% respecto al VPNE antes de la obra. Esto quiere decir que si se realiza la canalización, los gastos por consulta médica en los que incurrirá el distrito de Barranquilla para atender a los habitantes de la zona será un 55% menor, incluyendo el gasto por el mantenimiento de la canalización del arroyo. Es un ahorro considerable si

tenemos en cuenta que no solo se está ahorrando dinero, sino que se está beneficiando a los habitantes de la zona en mejorar sus niveles de salud en general;

2) La TIRE obtenida si la canalización del arroyo fuera una realidad es de un 195%. Este valor incluye los gastos anuales por consulta externa en atención en salud y mantenimiento de la canalización. Esto quiere decir que la inversión realizada para la canalización se está recuperando en un 195%, llegando así a concluir que desde el punto de vista financiero es un proyecto con una recuperación de la inversión muy elevada;

3) La relación beneficio-costos obtenida en el desarrollo de la obra de canalización es de 2,2. Este indicador nos lleva a concluir que los gastos por consulta externa en salud más los gastos de mantenimiento de la canalización son 2,2 veces menor a los gastos en los que actualmente incurre el distrito de Barranquilla en consulta externa en salud con los habitantes de la zona del arroyo en el barrio Baje Valle.

A través del análisis de estos indicadores financieros de la canalización del arroyo, se puede afirmar que para las autoridades Distritales es muy conveniente y necesaria la implementación y puesta en marcha del Proyecto planteado.

7. Conclusiones y consideraciones

7.1. Conclusiones

La ciudad de Barranquilla está ubicada al norte de Colombia, es la capital del departamento del Atlántico, se encuentra ubicada sobre el nivel del mar y posee puerto aéreo, marítimo, fluvial y de comunicaciones. Tiene un clima estable, el cual es cálido todo el año y con una temperatura promedio de 28°C, tiene unos meses de precipitaciones definidos desde Mayo hasta Noviembre y con meses secos desde Diciembre hasta Abril. Barranquilla es la cuarta ciudad más grande del país con más de un millón de habitantes, de los cuales el 94% tiene algún nivel de educación. Por esta razón, la ciudad tiene profesionales altamente preparados para el mundo globalizado de hoy en día en temas laborales, de emprendimiento para generar empleo y de inversión extranjera para seguir contribuyendo con el desarrollo de nuestra ciudad y país.

Aunque en la ciudad de Barranquilla casi la totalidad de las viviendas tiene acceso a los servicios públicos (promedio 93%), algunas de sus localidades tienen una muy alta pobreza y baja calidad de vida para los habitantes en general. Uno de estos ejemplos es la localidad Suroccidente, donde se encuentra ubicada la zona de influencia del arroyo en el barrio Bajo Valle.

Debido a los arroyos, la ciudad de Barranquilla y especialmente la gente que vive en el barrio Bajo Valle, poseen una problemática seria causada por los arroyos. Estos fenómenos tienen diversos efectos adversos, los cuales causan riesgos de derrumbes, deforestación, mala disposición de residuos sólidos, enfermedades, altas tasas de morbilidad y mortalidad que congestionan la red hospitalaria de la ciudad. Estos efectos son motivo de preocupación para la ciudad y simultáneamente de motivación para tomar las medidas necesarias para os mitigar.

En Barranquilla la tasa bruta de mortalidad ha aumentado de un 5% en el año 1993 a un 12% en el año 2013. En lo que respecta a la morbilidad, 30,64% del total de la tasa se debe a patologías de enfermedades de tipo respiratorio, de piel y gastrointestinales, las cuales son el producto de la contaminación presente. Los habitantes de la zona del barrio Bajo Valle presentan una tasa de morbilidad muy por encima de la tasa de morbilidad de la

ciudad de Barranquilla debido al bajo nivel de calidad de vida de los habitantes asentados en la zona de influencia del arroyo del barrio.

Frente a la grave problemática que padece la gente del barrio Bajo Valle, se lograron establecer diferentes alternativas de solución, como lo son: control de la deforestación, crear infraestructura para canalizar los arroyos, lograr una adecuada disposición de residuos sólidos, programas de mantenimiento preventivo a los cauces de los arroyos e inversión en sistemas de alcantarillado. Estas alternativas son necesarias implementarlas para poder lograr llevar a cabo una solución duradera, eficiente y eficaz y resolver el problema de raíz que tienen estos habitantes de la ciudad.

La Alcaldía de Barranquilla cuenta con los dineros necesarios para llevar a cabo cada una de las alternativas mencionadas en el barrio Bajo Valle y en las otras zonas de la ciudad que presentan la misma problemática. Por ejemplo, con la puesta en marcha de la canalización del arroyo, el beneficio por año correspondería a un ahorro para el Distrito de Barranquilla correspondiente a 835.205.719COP, o 225.731€, y una disminución de 137.856 casos de enfermedades para las personas habitantes en la zona de influencia del arroyo.

El diseño técnico de la canalización del arroyo del barrio, para un período de retorno de 25 años, contempla construir un canal en concreto ciclópeo con un caudal de diseño de 44,37 m³/s, una área de sección transversal de 35,2 m², una velocidad máxima de diseño de 2,27 m/s y una pendiente de 0,00388 m/m. Adicional a la construcción del canal, se hace necesario la arborización de la zona con unas 1.400 especies para combatir la erosión existente y evitar los derrumbes de las casas. La escogencia de especies debe tener en cuenta la fenología, diversidad, variedad, monocultivo, plagas, enfermedades y adaptación.

La conveniencia de la ejecución del proyecto desde el punto de vista económico, fue hecha estableciendo la TIRE y la relación beneficio-costos al comparar el antes y después de las obras. La TIRE obtenida al evaluar los gastos anuales por consulta externa más el mantenimiento de la canalización del arroyo, fue de 195% con una inversión en la obra de 526.258.425COP (142.232€). Es decir, los beneficios económicos obtenidos al realizar el proyecto son casi del 200% del valor de la inversión que tendría que realizar la Alcaldía de Barranquilla para las obras. Este valor es confirmado por la relación beneficio-costos obtenida (2,2). En términos monetarios, se calculó que el ahorro para la ciudad a lo largo de

la ejecución de las obras y por los próximos cuatro años, será de 3.694.286.628COP (998.456€). Adicionalmente no hay que pensar solo en el ahorro económico para la Alcaldía de la ciudad, sino en la innumerable cantidad de vidas humanas que se salvaría y en la mejoría de la calidad de vida de las personas que habitan en la zona de influencia del arroyo. Este cambio en la vida de los ciudadanos vale más que cualquier resultado económico obtenido por la ejecución de las obras.

La Alcaldía de la ciudad de Barranquilla, a través de los resultados financieros de salud y técnicos, obtenidos en el desarrollo de este TFM, tiene suficientes elementos para tomar la decisión de llevar a cabo la limpieza, estabilización y arborización de las laderas del arroyo del barrio Bajo Valle. Al realizar estas tareas se ven disminuidas las enfermedades, logrando un ahorro significativo en el presupuesto de la ciudad para atender emergencias de salud. Así mismo, esta disminución de enfermedades conlleva a una mejora muy considerable en la calidad de vida de estas personas, disminuyendo así los índices de morbilidad y mortalidad en la zona.

Por otro lado al lograr el desarrollo técnico de la obra, se convierte esta zona del suroccidente de la ciudad en un sector atractivo para el desarrollo urbanístico, comercial y residencial de la ciudad, teniendo más zonas disponibles para el crecimiento en general. Esto conlleva a una mayor competitividad de Barranquilla a nivel nacional e inclusive internacional, ocasionado esto un crecimiento económico positivo para los habitantes, incrementando los ingresos de las personas, generando empleos y mejorando aún más la calidad de vida de la ciudad en general.

Este desarrollo tiene como objetivo principal para la Alcaldía de la ciudad poder cumplir con su misión de *“garante del acceso a los servicios públicos en condiciones de equidad, de la seguridad humana, responsable de la ejecución de obras para el desarrollo, que facilita la inversión privada para la generación de crecimiento económico y empleo, mediante un proceso participativo de sus ciudadanos.”* (Alcaldía de Barranquilla, 2015).

7.2. Consideraciones generales

Respecto a las consideraciones generales de este TFM, podemos establecer que la única limitación existente para el desarrollo del mismo, es la voluntad existente de las autoridades distritales (Alcaldía y Foro Hídrico) en llevar a cabo las obras necesarias y

poder lograr la limpieza, estabilización, y arborización de las laderas del arroyo del barrio Bajo Valle. Se menciona que solo necesitan voluntad debido a que tienen los recursos disponibles y los estudios técnicos y financieros ya realizados con resultados más que positivos para soportar la gran cantidad de beneficios que le ocasionaría esta obra a la ciudad.

La recopilación de la información necesaria para el desarrollo de este TFM fue fácil de conseguir, gracias a la buena voluntad por parte de las diferentes entidades públicas y privadas de la ciudad en fomentar en sus habitantes la elaboración de estos estudios para ser utilizados como herramientas al momento de decidir el rumbo de la ciudad y sus habitantes. El Departamento Nacional de Planeación está siempre abierto a la recepción de todo tipo de proyectos de desarrollo por parte de entidades públicas, privadas y habitantes en general que quieran contribuir con el desarrollo positivo de nuestras ciudades y país.

Se debería convocar a las universidades de la ciudad y convocar a un concurso de méritos sobre el tema permitiendo alianzas estratégicas entre una o más universidades aprovechando su razón de ser. El gobierno distrital y los gremios deberían financiar dicho concurso garantizando que este fuese una realidad y en él se comprometerían la sociedad civil, ONGs y entidades gubernamentales que sean garantes. Deberá además tener un carácter multidisciplinario o transdisciplinario de carácter muy serio y lograr el desarrollo de propuestas como la establecida en este TFM con el objetivo de seguir contribuyendo al desarrollo y crecimiento de la ciudad de Barranquilla.

De igual manera se hace necesario que la misma comunidad se involucren de una manera más proactiva para poder impulsar ese tipo de iniciativas, las cuales únicamente buscan el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de la ciudad. Así mismo el sector salud debería liderar este tipo de proyectos, debido a que su objetivo también debe estar enfocado en disminuir esos altos índices de morbilidad y mortalidad de los habitantes de Barranquilla, atacando las causas y generar soluciones que ayuden a este objetivo beneficioso para todos.

7.3. Perspectivas de desarrollo futuro

Es indudable que este tema sobre el cual se desarrolló el presente TFM es solo una parte del sinnúmero de elementos que se deben evaluar para saber con certeza el verdadero impacto que tiene el desarrollo de estas obras en la ciudad y en el país en general.

Al respecto, a continuación me permito presentar un listado de posibles estudios que se pueden desarrollar a partir de este TFM y de los resultados obtenidos con el mismo así:

- Realizar un estudio del impacto económico en la ciudad de Barranquilla y en el país que se obtiene con el mejoramiento de los índices de morbilidad y mortalidad de los habitantes en la zona del arroyo en el barrio Bajo Valle;

- Establecer a ciencia cierta el incremento del número de habitantes que puede tener esta zona de la ciudad al no tener los problemas ocasionados con el arroyo. Esto con el objetivo de evaluar las zonas disponibles que tiene Barranquilla para su crecimiento poblacional de manera organizada y planeada;

- El crecimiento del nivel educativo de los habitantes de la zona al tener posibilidades de construcción de escuelas y universidades aledañas al no tener los problemas actuales por la falta de la canalización y limpieza del arroyo.

Estos son algunos de los posibles estudios adicionales que se pueden desarrollar por las distintas entidades públicas, privadas, educativas y habitantes de la ciudad para seguir contribuyendo con el desarrollo positivo de Barranquilla.

Recomiendo a la Alcaldía de Barranquilla fomentar el desarrollo de estudios en temas económicos y de planeación de la ciudad, para que se les dé oportunidad a todos sus habitantes de hacer parte del grupo de personas que le contribuyen a la ciudad con su trabajo día a día.

8. Referencias Bibliográficas

Alcaldía de Barranquilla (2008). *Planes bases del plan de ordenamiento territorial del distrito especial, industrial y portuario de Barranquilla*, p. 26.

Alcaldía de Barranquilla (2012). *Plan de Desarrollo 2012 – 2015*, 50-70 y 105-140.

Alcaldía de Barranquilla (2015a). *Aspectos generales de la ciudad de Barranquilla*, 105-120.

Alcaldía de Barranquilla (2015b). *Decreto No. 1228 de diciembre 21 de 2015*.

Alcaldía de Barranquilla (2015c). *Presupuesto de inversiones del distrito de Barranquilla*, p. 105.

Cámara de Comercio de Barranquilla y Fundesarrollo (2014). *Boletín de coyuntura económica de barranquilla*.

Cámara de Comercio de Barranquilla y Fundesarrollo (2015). *Boletín de coyuntura económica de barranquilla*.

Congreso de la República de Colombia (1993). Ley 99 de 1993.

Congreso de la República de Colombia (1994). Ley 128 de 1994.

Congreso de la República de Colombia (1998). Ley 489 de 1998.

Contraloría Distrital de Barranquilla (2010). *Informe de gestión ambiental*.

DADIMA (2007). *Plan de Gestión Ambiental del Distrito de Barranquilla*. Departamento Administrativo del Medio Ambiente, 100-150.

DANE (2014). *Estudio de arborización de las localidades de Barranquilla*. Departamento Administrativo del Medio Ambiente, 40-100.

Departamento Nacional de Estadística (2004). *Censo poblacional de Colombia*.

Departamento Nacional de Estadística (2005). *Estadísticas Nacionales*.

Departamento Nacional de Estadística (2015). *Estadísticas Nacionales*.

Departamento Nacional de Planeación (2012). *Herramientas para evaluación de proyectos de inversión social en Colombia*.

Estación meteorológica del Aeropuerto Internacional Ernesto Cortissoz (2014). *Datos climáticos de Barranquilla*.

Estación meteorológica del Aeropuerto Internacional Ernesto Cortissoz (2015). *Datos climáticos de Barranquilla*.

Foro Hídrico (2005). *Problemática de arroyos*, 25-55.

Foro Hídrico (2012). *Estudios topográficos de la ciudad*, 37-59.

Foro Hídrico (2013). *Recomendaciones para estabilización de arroyos*, 26-69.

Fundación La Paz (2008). *Tasa de morbilidad ajustada en Barranquilla 2004–2007*.

<http://bart.ideam.gov.co/images/precipitaciones/dec2015/pdecadal30.gif>

<http://diarioadn.co/barranquilla/mi-ciudad/arroyos-de-barranquilla-desbordados-1.107537>

<http://diarioadn.co/barranquilla/mi-ciudad/arroyos-siguen-siendo-botaderos-de-basuras-1.71105>

<http://emisoraatlantico.com.co/local/17174-arroyos-en-barranquilla,-atestados-de-basuras.html>

<http://radareconomicointernacional.blogspot.com.co/2011/05/me-quejo-y-lipaya-los-barrios-mas.html>

<http://rcientificas.uninorte.edu.co/revistas/memorias/images/n18/n18a09-2.jpg>

<http://www.aaa.com.co>

<http://www.arroyosdebarranquilla.co/notii-arroyos/galerias/145-heraldo-03>

<http://www.barranquilla.gov.co/acerca-de-la-entidad>

<http://www.barranquilla.gov.co/forohidrico/plandeaccion.html>

<http://www.barranquilla.gov.co/forohidrico/problematika.html>

[http://www.barranquilla.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=30
&Itemid=121.](http://www.barranquilla.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=30&Itemid=121)

<http://www.elespectador.com/noticias/nacional/arenosa-huele-cano-articulo-422891>

[http://www.eluniversal.com.co/regional/encuentran-cuerpos-de-un-hombre-y-una-
mujer-en-arroyo-de-barranquilla-170128](http://www.eluniversal.com.co/regional/encuentran-cuerpos-de-un-hombre-y-una-mujer-en-arroyo-de-barranquilla-170128)

[http://www.uninorte.edu.co/web/conectados-con-el-mundo/sobre-colombia-y-
barranquilla](http://www.uninorte.edu.co/web/conectados-con-el-mundo/sobre-colombia-y-barranquilla)

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Georreferenciación nacional*.

JICA (1987). *Estudio de drenaje urbano de Barranquilla*. Agencia de Cooperación Internacional de la Misión Japonesa.

Obando, J., R. (2002). *Planeación estratégica*, p. 50.

Red de Solidaridad de Aeropuertos del Caribe (2015). *Estadísticas locales*.

Secretaría de Salud Pública Distrital de Barranquilla (2013). *Informe de gestión*, p. 45.

Secretaría de Salud Pública Distrital de Barranquilla (2015). *Estadísticas locales del sector*.

SGC (1997). *Crecimiento urbano en Barranquilla nos años 1985 a 2004* (pp. 10-25). Servicio Geológico Colombiano.

Sociedad Internacional de Arboricultura (2013). *Beneficios de los árboles*. Recuperado de

<http://www.treesaregood.com/treecare/resources/Beneficios%20de%20los%20Arboles.pdf>