

**SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE “SUDS” COMO
ALTERNATIVA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE INUNDACIONES
EN NECHÍ UN MUNICIPIO DE LA MOJANA.**

**JUAN PABLO MUÑOZ RODRIGUEZ
ZAIDA ESPERANZA ACUÑA OSTIOS**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ
2015.**

**SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE “SUDS” COMO
ALTERNATIVA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE INUNDACIONES
EN NECHÍ UN MUNICIPIO DE LA MOJANA**

**JUAN PABLO MUÑOZ RODRIGUEZ
ZAIDA ESPERANZA ACUÑA OSTIOS**

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero(a) Civil

**Directora
Paula Andrea Villegas González
Ingeniera Civil**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ
2015**



Atribución-NoComercial-CompartirIgual 2.5 Colombia (CC BY-NC-SA 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial-CompartirIgual 2.5 Colombia (CC BY-NC-SA 2.5)
Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra
hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.



Compartir bajo la Misma Licencia — Si altera o transforma esta obra, o genera una obra derivada, sólo puede distribuir la obra generada bajo una licencia idéntica a ésta.

Nota de aceptación:

Ing. PAULA ANDREA VILLEGAS GONZÁLEZ
Directora de Proyecto

Firma del presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bogotá, 02 Mayo, 2015.

Este trabajo de grado el cual se convierte en un triunfo, tanto personal como profesional, realizado en la Universidad Católica de Colombia, va dirigido principalmente a todas las personas que nos han acompañado incondicionalmente en cada una de las fases de nuestro proceso de formación; aquellos que nos han tenido paciencia, nos han acompañado en los momentos de crisis y en los momentos de felicidad; este trabajo nos ha permitido unificar las competencias y experiencias de muchas personas a nuestro alrededor a las cuales quisiéramos agradecerles a continuación.

Agradecemos especialmente a nuestros padres, los cuales con su dedicación, tiempo y esfuerzo, nos han permitido llegar a este punto en nuestras vidas, superando dificultades, adversidades, sin los cuales nada de esto hubiera sido posible, las palabras nunca serán suficiente para manifestar nuestro agradecimiento hacia ellos.

De igual forma damos gracias a nuestra directora de tesis, Ing. Paula Andrea Villegas González, por compartirnos sus conocimientos para dar por terminado este primer paso en nuestras vidas profesionales, ya que con su experiencia, paciencia y motivación ha logrado que concluyamos de forma satisfactoria este proceso.

Son muchas las personas, que han formado parte de nuestras vidas a las cuales quisiéramos agradecerles por su amistad incondicional, consejos, apoyo, animo, compañía, algunos con nosotros otro en nuestro corazón, sin importar donde se encuentren queremos agradecerles infinitamente por formar

parte de nosotros como personas y como profesionales, gracias por lo que nos han brindado y por sus bendiciones.

Este triunfo es por ustedes.

Gracias Totales.

Juan Pablo Muñoz Rodríguez
Zaida Esperanza Acuña Ostios

5. Contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	13
2. ANTECEDENTES.....	15
3. OBJETIVOS.....	17
3.1 OBJETIVO GENERAL	17
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	17
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
5. ESTADO DEL ARTE SOBRE LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE DRENAJE URBANO SOSTENIBLE PARA POBLACIONES SUCEPTIBLES A INUNDACIONES.	22
6. CARACTERIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE NECHÍ – MOJANA –SUCREÑA-COLOMBIANA.....	26
6.1 UBICACIÓN MOJANA SUCREÑA EN COLOMBIA.....	26
6.1.1 Aspectos Económicos en la Mojana.....	27
6.1.2 Impactos Ambientales de la Mojana Sucreña	28
6.1.3 Red Hidrográfica.....	29
6.1.4 Hidrología.....	30
6.2 MUNICIPIO DE NECHÍ	31
6.2.1 Clima de Nechí	33
6.2.2 Indicadores demográficos de la Mojana Sucreña - Municipio Nechí	34
6.2.3 Población en el Municipio de Nechí	35
6.2.4 Índices de calidad de vida	35
6.2.5 Aspectos Económicos de la Población de Nechí	36
6.2.6 Infraestructura.....	36
7. SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE “SUDS”	39
7.1 DEFINICIÓN	39
7.2 TIPOS DE SISTEMA DE DRENAJE URBANO.....	40
7.2.1 Sistemas de transporte permeable.....	40
7.2.2 Sistemas de tratamiento pasivo (control de origen).	44
7.2.3 Medidas preventivas.....	48
7.3 FINALIDAD DE LOS SISTEMAS DE DRENAJE SOSTENIBLE	48
7.3.1 Ventajas de los Sistemas de Drenaje Urbano.....	48
8. COMPARACIÓN DE LOS SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE COMO ALTERNATIVA DE MITIGACION PARA INUNDACIONES EN EL MUNICIPIO DE NECHÍ.....	50
9. DISEÑO A IMPLEMENTAR.....	57
9.1 CARACTERIZACION DE LA PROBLEMÁTICA PARA LA IMPLEMENTACION DE LOS SUDS.....	57
9.2 ALMACENAR PARA REUTILIZACIÓN:.....	60
9.3 PAISAJISMO:.....	60
9.4 INFRAESTRUCTURA:.....	60
9.5 MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA:	60
9.6 PREVENCIÓN DE INUNDACIONES.	60
9.7 REDUCCIÓN DE ESCORRENTÍA Y CAUDALES.	60
9.8 DISEÑO CONCEPTUAL DEL SISTEMA DE PREVENCIÓN DE INUNDACIONES A PARTIR DEI ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS	

PARA SU IMPLEMENTACION EN LAS VIVIENDAS EN EL MUNICIPIO DE NECHÍ.....	61
9.1 PARTES DEL SISTEMA	61
9.2 VENTANAS Y DESVENTAJAS DEL SISTEMA CONCEPTUAL DEFINITIVO.....	66
9.3 CARTILLA INFORMATIVA SOBRE LOS SISTEMAS DE DRENAJE URBANO SOSTENIBLE	67
9.4 MEDIDAS CORRECTIVAS	68
10. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.....	72
10.1 DIAGNOSTICO PRELIMINAR DEL MUNICIPIO Y/O CONTEXTO ORGANIZACIONAL.....	72
10.2 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL MISMO.....	73
10.3 FACTIBILIDAD TECNICA.....	73
10.3 FACTIBILIDAD OPERATIVA	74
10.4 FACTIBILIDAD AMBIENTAL.....	75
10.5 FACTIBILIDAD SOCIAL.....	76
11. CONCLUSIONES	77
12. BIBLIOGRAFÍA	78

LISTA DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1. Localización de viviendas afectadas por socavamiento.</i>	<i>18</i>
<i>Ilustración 2. Zonas susceptibles a inundación</i>	<i>19</i>
<i>Ilustración 3. Seguimiento zonas afectadas río Cauca</i>	<i>20</i>
<i>Ilustración 4. Cambio Lecho del Rio Cauca</i>	<i>21</i>
<i>Ilustración 5. Ubicación Geográfica de la Mojana</i>	<i>27</i>
<i>Ilustración 6. Sistema Hídrico de la Región de la Mojana</i>	<i>29</i>
<i>Ilustración 7. Ubicación Geográfica Municipio Nechí en Colombia.....</i>	<i>32</i>
<i>Ilustración 8. Mapa geográfico de Nechí.....</i>	<i>32</i>
<i>Ilustración 9. Vivienda</i>	<i>37</i>
<i>Ilustración 10 Viviendas Barrios de Nechí</i>	<i>38</i>
<i>Ilustración 11. Terrenos de Inundación</i>	<i>39</i>
<i>Ilustración 12. Superficies Permeables</i>	<i>41</i>
<i>Ilustración 13 Superficies Permeables Adoquín.....</i>	<i>42</i>
<i>Ilustración 14. Drenes de gravas filtrantes.....</i>	<i>43</i>
<i>Ilustración 15 Cunetas verdes</i>	<i>44</i>
<i>Ilustración 16. Pozo de Absorción y Zanja de Infiltración.....</i>	<i>45</i>
<i>Ilustración 17. Depósitos de Infiltración</i>	<i>46</i>
<i>Ilustración 18. Franjas Filtrantes.....</i>	<i>47</i>
<i>Ilustración 19. Pre diseño del "SUDS".....</i>	<i>64</i>
<i>Ilustración 20. Dimensiones del sistema.....</i>	<i>65</i>
<i>Ilustración 21. Fachada lateral.....</i>	<i>66</i>

GLOSARIO

AGUA: sustancia cuyas moléculas están formadas por la combinación de un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno, líquida, inodora, insípida e incolora. Es el componente más abundante de la superficie terrestre y, más o menos puro, forma la lluvia, las fuentes, los ríos y los mares; es parte constituyente de todos los organismos vivos y aparece en compuestos naturales.¹

CONTAMINACIÓN DIFUSA: se refiere a la contaminación del aire y el agua desde una fuente no puntual de contaminación hídrica que afecta los cuerpos de agua desde fuentes como escorrentías de áreas agrícolas que drenan hacia los ríos, o desechos lavados por el viento hacia el mar.²

DRENAJE: remoción por medios naturales o artificiales del exceso de agua acumulado en la superficie o a lo largo del perfil del suelo³.

DESARROLLO SOSTENIBLE: definido en el Informe Brundtland de la ONU como aquellos caminos de progreso social, económico y político que satisfacen las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades⁴.

ECOSISTEMA: es un sistema natural donde el conjunto de las especies de organismos vivos e interdependientes que habitan dentro de un área determinada interactúan entre ellas y con el ambiente donde se encuentran y se desarrollan en función de los factores físicos de un mismo ambiente.⁵

INUNDACIÓN: una inundación es la ocupación por parte del agua de zonas que habitualmente están libres de esta, bien por desbordamiento de ríos, ramblas por lluvias torrenciales, deshielo, por subida de las mareas por encima del nivel habitual, por avalanchas causadas por maremotos. Las inundaciones fluviales son procesos naturales que se han producido periódicamente y que han sido la causa de la formación de las llanuras en los valles de los ríos, tierras fértiles donde tradicionalmente se ha desarrollado la agricultura en vegas y riberas.⁶

¹ RAE. Agua. [En línea]. Día de acceso 7 de enero de 2015. Disponible. <http://lema.rae.es/drae/?val=agua>.

² Wikipedia. Contaminación Difusa. [En línea]. Día de acceso 7 de enero de 2015. Disponible http://es.wikipedia.org/wiki/Contaminaci%C3%B3n_difusa.

³ García M. Drenaje. [En línea]. Día de acceso 9 de enero de 2015. Disponible. <http://www.fagro.edu.uy/~hidrologia/riego/Drenaje.pdf>

⁴ ONU. Informe Brundtland Nuestro Futuro Común). Desarrollo Sostenible. [En línea]. Día de acceso 7 de enero de 2015. Disponible. <http://www.santboi.cat/agenda21/castellano/accesibilidad/1b.htm>.

⁵ RAE. Ecosistema. [En línea]. Día de acceso 7 de enero de 2015. Disponible. <http://lema.rae.es/drae/?val=ecosistema>.

⁶ Diccionario de la lengua española. Inundación. [En línea]. Día de acceso 7 de enero de 2015. Disponible <http://es.wikipedia.org/wiki/Inundaci%C3%B3n>.

MEDIO AMBIENTE: es el conjunto de componentes físicos, químicos, biológicos, sociales, económicos y culturales capaces de causar efectos directos e indirectos, en un plazo corto o largo sobre los seres vivos. Desde el punto de vista humano, se refiere al entorno que afecta y condiciona especialmente las circunstancias de vida de las personas o de la sociedad. Comprende el conjunto de valores naturales, sociales y culturales existentes en un lugar y en un momento determinado, que influyen en la vida del ser humano y en las generaciones futuras.⁷

SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE: se encuentran dentro de las nuevas estrategias empleadas para mejorar el funcionamiento y desarrollo urbano sostenible de las ciudades. El crecimiento urbanístico desaforado ha generado un aumento de las superficies impermeables en el entorno de las urbes, lo cual genera y acrecienta los problemas relacionados con el drenaje y la gestión del agua pluvia, como gestión sostenible de aguas pluviales.⁸

SISTEMAS DE DRENAJE: son aquellos que permiten la retirada de las aguas que se acumulan en depresiones topográficas del terreno, causando inconvenientes ya sea a la agricultura o en áreas urbanizadas o carreteras. El origen de las aguas puede ser: Por escurrimiento o escorrentía superficial, Por la elevación del nivel freático, causado por el riego, o por la elevación del nivel de un río próximo, Directamente precipitadas en el área. Así mismo controlar, en los perímetros de riego, la acumulación de sales en el suelo, lo que puede disminuir drásticamente la productividad.⁹

VERTIENTES: cada una de las pendientes de la montaña que van de la cima a la base, cada una de las inclinaciones que tiene una cubierta o tejado para hacer correr el agua, territorio por donde circula el agua de los ríos que van a parar al mismo mar o al mismo río.¹⁰

⁷ RAE. Medio Ambiente. [En línea]. Día de acceso 7 de enero de 2015. Disponible. http://es.wikipedia.org/wiki/Medio_ambiente.

⁸ Rodríguez J. sistemas urbanos de drenaje sostenible. [En línea]. Día de acceso 7 de enero de 2015. Disponible www.caminospaisvasco.com/Profesion/Publicaciones%20de%20nuestros%20colegiados/suds.

⁹ Ushiña Sistema de drenaje. [En línea].Día de acceso 7 de enero de 2015.Disponible. <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/7444/1/Tesis%20790%20-%20Pumisacho%20Ushi%C3%B1a%20Katty%20Cristina%20%20.pdf>

¹⁰ The free dictionary. Vertiente. [En línea].Día de acceso 7 de enero de 2015.Disponible. <http://es.thefreedictionary.com/vertiente>.

RESUMEN

La presente tesis está compuesta por el pre diseño de sistema urbano de drenaje sostenible capaz de regular y controlar las inundaciones en el municipio de Nechí. Para desarrollarla fue necesario desarrollar una metodología la cual permitió obtener los datos de análisis. Consistió en realizar una caracterización de la Mojana y el municipio de Nechí, en donde se determinaron las características hidrológicas, hidrográficas, climatológicas, demografía y aspectos económicos.

Se realizó un análisis de los sistemas urbanos de drenaje sostenibles presentes en el mundo, de esta manera se obtiene, resultados que permiten conocer las ventajas y desventajas de su implementación en la zona de estudio, dando como resultado el pre diseño capaz de suplir el riesgo de inundación que se presenta en el sector, a su vez se desarrolló una cartilla didáctica, que promueve la implementación de drenajes sostenibles no solo para la prevención de inundaciones si no a su vez para reutilizar los recursos hídricos de la región.

Finalmente se realizó un análisis de factibilidad el cual determino si el proyecto a implementar en el municipio de Nechí era viable, evaluando dicha alternativa de solución desde diferentes enfoques como lo son el aspecto social, ambiental, operativo y técnico.

1. INTRODUCCIÓN

En cumplimiento al reglamento establecido por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Colombia, y del Programa de Ingeniería Civil se pretende dar cumplimiento al requisito de grado. Por tal motivo se presenta este documento como fundamentación de los conocimientos adquiridos los cuales se ponen a disposición de la comunidad, este proyecto lleva como título “Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible “SUDS” como alternativa de regulación y control de inundaciones en Nechí un municipio de la Mojana”, aportando al trabajo de doctorado de la directora de proyecto Ingeniera Paula Andrea Villegas González.

Se desarrolló un estudio de alternativas de regulación y control de nuevas tecnologías en los sistemas de drenajes urbanos en este sector, el cual ha sufrido inundaciones de gran envergadura y por ende problemáticas en sus comunidades. En la actualidad con el acelerado crecimiento de las ciudades y el cambio climático, se han generado drásticos cambios y desequilibrios en las funciones del ciclo hidrológico, aumentando los riesgos sobre la población, los problemas de inundaciones y así mismo pérdidas económicas; sumándole a estos inconvenientes la limitada capacidad de los sistemas de drenaje existentes, y la falta de una adecuada planificación urbana.

En el presente proyecto se planteó una solución enfocada a mejorar la calidad de vida de los habitantes del municipio de Nechí sitio localizado dentro de la llanura entre los ríos Cauca, San Jorge y Magdalena, con cobertura en los departamentos de Antioquia, Bolívar, Córdoba y Sucre; por medio de un estudio de factibilidad de los SUDS (Sistema Urbano de Drenaje Sostenible). Para con ello, evitar inundaciones futuras o un mejor manejo de las mismas y permitiendo así la reutilización de las aguas, para los habitantes de la zona.

En esta investigación se identificó la problemática que sufren las poblaciones de la Mojana en referencia a los procesos de drenaje. Con esta base y los estudios presentados en artículos de investigación de experiencias internacionales y nacionales en este aspecto, se estudiaron las posibles soluciones que se propondrían para aportar a la solución de esta problemática.

Anexo a esto se encontraran las descripciones y características constructivas de algunos de los SUDS que fueron investigados para el desarrollo de este documento y que a su vez son implementados por la sociedad para evitar las inundaciones a nivel mundial. Con base en ello y a un análisis teórico comparativo de los diferentes SUDS se determinó que sistema se podía utilizar para mitigar las inundaciones.

Dentro de este, se realizó la caracterización del municipio para poder tener un conocimiento claro de las condiciones del mismo y con ello se identificó el estado actual de este. Así se llegó a la conclusión de cuál es el sistema de drenaje urbano sostenible más viable para implementar.

El estudio consta de varios capítulos, inicialmente cuenta con una caracterización de Nechí donde se verán reflejados las particularidades de la zona y sus antecedentes, esto permite definir los objetivos del proyecto y el planteamiento del problema.

El capítulo dos busca determinar cuál de los sistemas de drenaje sostenible alrededor del mundo es el más adecuado para implementar en el municipio de Nechí, teniendo en cuenta sus características estructurales, constructivas y a su vez las ventajas y desventajas que se podrían dar en el momento de su ejecución.

En el capítulo tres se resuelve la incógnita de cuál de los sistemas de drenaje es el más adecuado, después de escogerlo se presenta la factibilidad del proyecto y a su vez el diseño preliminar del mismo. Adicionalmente se realiza un análisis de especificaciones técnicas y una evaluación de impacto socio-ambiental. Como contribución al manejo del tema se anexa una cartilla didáctica con los conceptos de los SUDS para procesos educativos.

2. ANTECEDENTES

La Mojana, está definida por muchos expertos como la tierra del diluvio ya que se encuentra en una zona donde la presencia de agua es más notable que la de tierra. Las inundaciones periódicas en la Mojana son relacionadas con los cambios climáticos que se están dando a nivel mundial de tal forma que las corrientes de aguas presentes en el sector presentan un crecimiento notable cuyas consecuencias es inundar las comunidades aledañas a los ríos, algunas de las presencias aluviales más notables en el sector son los ríos Magdalena, Cauca y San Jorge.¹¹

La Mojana se caracteriza por ser la zona de “escurridero” ya que los tres ríos más importantes “Cauca, San Jorge y Magdalena, se unen en este tramo el cual desempeña un papel regulador como complejo de sistema de humedales y de captación de vertientes fluviales.¹²

El sector de la Mojana está compuesto por veintiocho municipios que a lo largo de los departamentos de Bolívar, Antioquia, sucre y Córdoba comprenden alrededor de “1.089.200 hectáreas”¹³. Esta región, donde las características ambientales hacen que cada año, cuando arrecian las lluvias, los ríos bajen furiosos, retenidos por canales y ciénagas, arrastrando todo lo que encuentran a su paso, donde por falta de tecnología apropiada, no ha habido drenaje que funcione. A medida que las inundaciones aumentan, el municipio de Nechí deja de contar con los recursos económicos necesarios para solventar esta problemática.

Según los estudios que se realizaron en el año 2006, se dio una solución parcial a las inundaciones del Municipio de Nechí la cual fue llamada como el Dique Marginal, un terraplén elevado que comenzaría desde Caucasia hasta el municipio de Nechí entre Antioquia y Sucre.

Los comentarios de algunos expertos internacionales fueron negativos frente a la solución planteada para el municipio ya que a causa del aquietamiento de las aguas, la muralla acabaría por volver su cauce más angosto y a su vez más tempestuoso. En el año 2010 se evidencio que la mitad de la muralla se la había llevado la corriente del rio cauca ya que por su cauce se lleva una cantidad alta de sedimentos por tal motivo aumenta el fondo y cualquier obra de infraestructura no tiene el efecto planteado.¹⁴

¹¹ Gossain J. La Mojana la tierra del diluvio. [En línea]. Día de acceso 7 de enero de 2015. Disponible. <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-12865614>

¹² Bernal E. El río Magdalena: escenario primordial para la patria. [En línea]. Día de acceso 7 de enero de 2015. Disponible. <http://www.revistacredencial.com/credencial/content/el-r-o-magdalena-escenario-primordial-de-la-patria>

¹³ Proyecto la Mojana [En línea]. Día de acceso 7 de enero de 2015. Disponible. <http://sitio.fondoadaptacion.gov.co/index.php/proyecto-la-mojana>

¹⁴ Entrevista realizada por Bajo cauca Noticias a Carlos Mario Aristizabal Director del DAPARD. [En línea]. Día de acceso 7 de Marzo de 2015. Disponible https://www.youtube.com/watch?v=XkT4mtsar_k

Se ha evidenciado que la explotación económica de las tierras y humedales así como el aumento del poblamiento generan riesgos ambientales y los costos socioeconómicos derivados de inundaciones.

Hoy día se tienen acciones como la definida por “El Fondo Adaptación ha suscrito el Convenio de Asociación 012 de 2013 con DNP, IDEAM, Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible y CORMAGDALENA. Este esfuerzo interinstitucional permite procesar el modelo hidrodinámico bidimensional”¹⁵

Este trabajo se desarrolla como punto de partida a dar solución a las problemáticas socio-ambientales que se presentan por las inundaciones en el Municipio de Nechí. Solución que se busca acorde al avance que se ha fomentado en los sistemas de drenaje a nivel mundial, y a los procesos de implementación de nuevas tecnologías para mejorar el funcionamiento y desarrollo urbano sostenible de las ciudades, la solución de la pérdida de los recursos hídricos dada por escurrimiento o escorrentía superficial, por la elevación del nivel freático causado por el riego, o por la elevación del nivel de un río próximo, y a su vez mitigando las inundaciones y los procesos de contaminación difusa así como también se desea que este proyecto sea conocido por los demás municipios aledaños a Nechí que presenten los mismos antecedentes para que así se pueda prevenir las inundaciones y las afectaciones de las comunidades.

¹⁵ Fondo de adaptación. [En línea]. Día de acceso 28 de enero de 2015. Disponible <http://sitio.fondoadaptacion.gov.co/index.php/proyecto-la-mojana#>.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Determinar el SUDS “sistema urbano de drenaje sostenible” más adecuado para controlar y regular las inundaciones del municipio de Nechí ubicado en la Mojana-Sucreña-Colombiana.

3.2 Objetivos específicos

Realizar una caracterización de la zona de estudio.

Identificar los SUDS más utilizados en la actualidad para mitigar las inundaciones a nivel mundial.

Hacer un análisis de factibilidad para la implementación de los SUDS para el municipio de Nechí ubicado en la Mojana-Sucreña-Colombiana.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Mojana Sucreña Colombiana tiene una gran problemática debido a sus constantes inundaciones, esto gracias a: tener un flujo incontrolado desde el Río Cauca hacia la Ciénaga de Ayapel y el Río San Jorge por los cauces antiguos. Las fuertes precipitaciones que azotan la zona, lo cual genera un incremento alarmante del nivel de los ríos, y a su vez generen desbordamiento de los mismos. Estos factores sumados a una carencia del manejo adecuado y buen uso de las aguas generan un problema de inundaciones que afecta a sus habitantes y con ello abarca problemáticas económicas y culturales.

La pregunta base de esta investigación es: ¿Cómo regular la problemática de drenajes e inundaciones en Nechí municipio de la Mojana?

El proyecto presentado pretende dar una solución a los problemas de Nechí municipio de la Mojana, con respecto a las inundaciones producidas en ella, debido al mal manejo y estado de los sistemas de drenajes de la misma.

En base a esto se elige un sistema de drenaje urbano como alternativa de regulación y control por medio de un estudio que permite la implementación del mismo en esta zona.

Ilustración 1. Localización de viviendas afectadas por socavamiento.

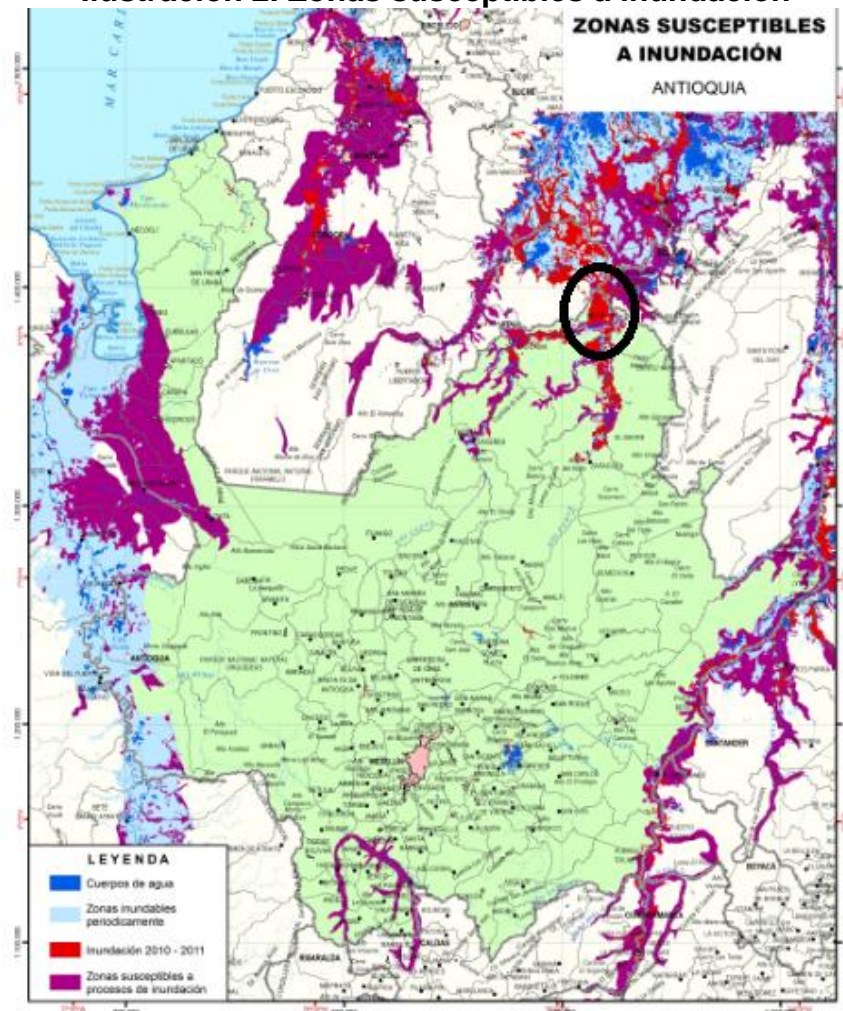


Fuente: Alcaldía Municipal de Nechí. Evaluación de riesgo y vulnerabilidad. Viviendas, carrera 27 entre calles 32 y 33. [En línea]. Día de acceso 28 de enero de 2015. Disponible. planeacion@nechi-antioquia.gov.co¹⁶

En la Ilustración 1. Localización de viviendas afectadas por socavamiento. se evidencia que la mayor parte de la población del municipio de Nechí se encuentra ubicada al borde del río Cauca en donde aumento el socavamiento considerablemente, por tal motivo las casas que se encuentran en este sector se encuentra inhabitables.

A continuación son presentados algunos datos en mapas donde se puede evidenciar la problemática planteada:

Ilustración 2. Zonas susceptibles a inundación

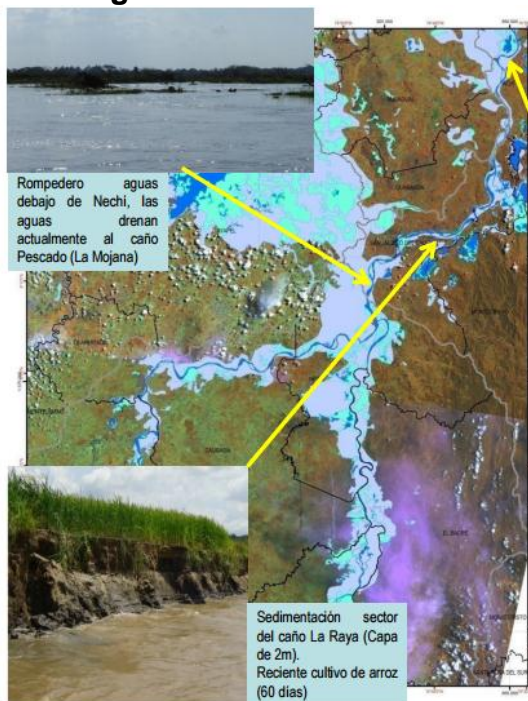


¹⁶ Alcaldía Municipal de Nechí. Evaluación de riesgo y vulnerabilidad. Viviendas, carrera 27 entre calles 32 y 33. [En línea]. Día de acceso 28 de enero de 2015. Disponible. planeacion@nechi-antioquia.gov.co

Fuente: IDEAM. Eventos e inundaciones. [En línea]. Día de acceso 28 de enero de 2015. Disponible https://www.siac.gov.co/images/dinamicas/SIAC/Agua/Inundaciones/20120508_Map_Z_Sucep_Inun_Antioquia.jpg¹⁷

En la Ilustración 2. Zonas susceptibles a inundación, se determina que el Municipio de Nechí se encuentra ubicado en un sitio de alta inundación según el estudio realizado por el IDEAM en los años 2010-2011.

Ilustración 3. Seguimiento zonas afectadas río Cauca



Fuente: IDEAM. Reporte de áreas afectadas por inundaciones 2010-2011 resumen 1-5. [En línea]. Día de acceso 28 de enero de 2015.¹⁸

En la Ilustración 3. Seguimiento zonas afectadas río Cauca se puede evidenciar rompidero de aguas debajo del municipio de Nechí, así como forman los depósitos de sedimentos cerca al sector del cañón la Raya.

¹⁷ Ideam. Eventos e inundaciones.[En línea].Día de acceso 28 de enero de 2015.Disponible https://www.siac.gov.co/images/dinamicas/SIAC/Agua/Inundaciones/20120508_Map_Z_Sucep_Inun_Antioquia.jpg

¹⁸ IDEAM. Reporte de áreas afectadas por inundaciones 2010-2011 resumen 1-5. [En línea]. Día de acceso 28 de enero de 2015.

Ilustración 4. Cambio Lecho del Rio Cauca



Fuente: IDEAM. Reporte de áreas afectadas por inundaciones 2010-2011 resumen 1-5. [En línea]. Día de acceso 22 de abril de 2015.¹⁹

En la Ilustración 4. Cambio Lecho del Rio Cauca se evidencia que el río se ha corrido 60m ya que el rio Nechí registra cambios en la entrega de sus aguas al rio Cauca generando una isla y un nuevo brazo. La estación Hidrológica se encuentra a casi 80m lo cual complica los análisis del río.

No.	Departamento
21	ANTIOQUIA
Municipio	Área Municipio (ha)
NECHÍ	94325,89
Cuerpos de Agua /Zonas inundables (ha)	% Cuerpos de agua / z. inundables.
13293,16	14,09
Área Interpretada (ha)	% interpretado
94325,89	100
Área Inundación (ha)	% Inundación
26245,29	32,4

Tabla 1. Afectación por Municipio año 2010-2011

Fuente: IDEAM. Reporte No.1 de áreas afectadas por inundaciones 2010-2011. [En línea].Día de acceso 22 de abril de 2015. Disponible. <http://www.icde.org.co/alfresco2.1-5.1.1.1/d/d/workspace/SpacesStore/579700f5-2d5c-11e0-a033-4bd5c2c86419/REPORTE%20No.%201%20Enero%206%20de%202011.pdf>²⁰

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Se evidencia que en el año 2010 el área afectada por las inundaciones de municipio de Nechí es de

¹⁹ IDEAM. Reporte de áreas afectadas por inundaciones 2010-2011 resumen 1-5. [En línea]. Día de acceso 22 de abril de 2015. . Disponible. <http://www.icde.org.co/alfresco2.1-5.1.1.1/d/d/workspace/SpacesStore/579700f5-2d5c-11e0-a033-4bd5c2c86419/REPORTE%20No.%201%20Enero%206%20de%202011.pdf>.

²⁰ IDEAM. Reporte No.1 de áreas afectadas por inundaciones 2010-2011. [En línea].Día de acceso 22 de abril de 2015. Disponible. <http://www.icde.org.co/alfresco2.1-5.1.1.1/d/d/workspace/SpacesStore/579700f5-2d5c-11e0-a033-4bd5c2c86419/REPORTE%20No.%201%20Enero%206%20de%202011.pdf>.

26,245.29 (ha) en donde el área total es de 94.325,89 (ha) eso quiere decir que el 27.82% estaba inundado.

5. ESTADO DEL ARTE SOBRE LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE DRENAJE URBANO SOSTENIBLE PARA POBLACIONES SUCEPTIBLES A INUNDACIONES.

En este capítulo se analizarán algunas alternativas propuestas en otros países y en Colombia para atender la problemática a tratar, donde se usaron métodos para disminuir y evitar el riesgo de inundaciones de poblaciones susceptibles a estas bien sea por sus altas precipitaciones o por las características geográficas de las mismas. Así poder tener una guía clara de las diferentes opciones que se podrían aplicar para disminuir de manera considerable la afectación a la población del municipio de Nechí.

En la actualidad los sistemas urbanos de drenaje sostenible se han convertido en la solución más rápida para mitigar las inundaciones en diferentes ciudades del mundo, ya que los costos de su implementación no son tan altos, además contribuye con el embellecimiento de las zonas en donde se ejecute dicho proyecto.

Algunas de sus características son: sus diseños hidráulicos son amigables con el ambiente y no causan un impacto ambiental alto, la disminución de gastos de operación y mantenimiento así como de su construcción, control de inundaciones por desbordamiento o precipitaciones muy fuertes, permiten tratar el agua para un posible re uso humano y mantener un drenaje constante de las zonas en donde se ejecute dicho proyecto.

A nivel internacional se ha optado por ejecutar los SUDS ya que son una alternativa para suplir las inconsistencias hidráulicas de los sistemas de drenaje actuales así como prevenir el crecimiento de áreas impermeables en urbanizaciones.

Dentro de las alternativas que se tienen como solución y de los procesos teóricos documentados para este trabajo se han encontrado artículos de investigación con referencia a los sistemas de drenaje urbano implementados a nivel internacional que se evaluarán para elegir el sistema que se va a ejecutar en el municipio de Nechí.

En primera instancia se presentará un análisis de un artículo Venezolano, del año 2005, cuyo objetivo principal fue mostrar las características de cada uno de los SUDS implementados en la actualidad, posterior a esto una experiencia en el continente Europeo exactamente en la ciudad de Madrid, en donde se implementan los tanques de alta capacidad para regular la abundancia de agua, posterior a esto un estudio realizado en Argentina para valorar y regular el flujo de aguas superficiales y subterráneas presente en Buenos Aires. Por último un análisis

climatológico que muestra como se ha alterado el ciclo hidrológico lo que ha causado un aumento de lluvias en todo el mundo.

Con base al artículo “los sistemas urbanos de drenaje sostenible: una alternativa a la gestión de aguas lluvias”²¹, se pudo determinar que en Europa a causa del crecimiento desproporcionado de las ciudades se ha alterado el ciclo hidrológico del agua lo que ha causado la impermeabilización del suelo a gran escala.

El objetivo de los SUDS es generar el mismo efecto del ciclo hidrológico siendo la mejor alternativa de implementación en urbanizaciones ya que el agua que se localiza por escorrentía se contamina durante su transporte hacia los drenajes, también se dice que su implementación es amigable con el medio ambiente ya que se integra fácilmente con el paisajismo de las estructuras y permite la conservación del medio ambiente.

Se encontraron diferentes tipologías de SUDS como los aparcamientos de pavimento permeable de adoquines y las zanjas de filtración que son utilizadas para almacenar aguas de escorrentía realizando perforaciones en el terreno con rellenos de material granular de tal forma que por medio de la filtración el agua vuelve al terreno natural. Algunos proyectos españoles cuentan con esta alternativa innovadora, eficiente y más sostenible de gestionar el agua de lluvia, y con ello disminuir la problemática que esta genera al no ser tratada de forma adecuada.²¹

Esta investigación realizada en España tiene como propósito, mostrar de forma empírica los avances y mejoras obtenidas con la implementación de los métodos de drenaje sostenible; como lo son las franjas filtrantes, las cuales se pueden definir como una sección de tierra vegetal que recibe parte de las aguas de escorrentía y así mismo de las aguas producidas por la precipitación.

También fueron encontrados algunos sistemas como los depósitos de retención, que se pueden definir como depresiones de terreno los cuales tiene como propósito acumular un volumen de agua de lluvia de forma constante, una gran ventaja que ofrece este tipo de sistemas es generar un beneficio a la comunidad, economía y paisajística de una sociedad en particular.

En España se implementaron 10 tanques de almacenamiento en la ciudad de Barcelona con una capacidad de “400.000 m³”²² encontrándolo como una alternativa viable, para zonas residenciales y de gran extensión. Para efectos del Municipio de Nechí, no es factible su implementación ya que la mayor parte es zona rural y no cuenta con grandes extensiones de tierra cercanas al río con las características del

²¹ Castro D, Rodríguez J, Rodríguez J, Balleste. Sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS). [En línea]. Día de acceso 5 de febrero de 2015. Disponible. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33910403>.

²² Perales M. Los sistemas urbanos de drenaje sostenible en la hidrología urbana. [En línea]. Día de acceso 7 de enero de 2015. Disponible <http://www.adta.es/actuaciones/agua/2011%2006%2015%20SistemasUrbanosDrenajeSostenible.pdf>

suelo respectivas.

Anexo a esto se pueden observar otras experiencias como por ejemplo la ciudad de Madrid ya que desarrollo un plan de manejo de calidad de aguas en el río Manzanares, en este proyecto se determinó construir 28 depósitos con la misma capacidad de retención que el que se encuentra en la ciudad de Barcelona lo cual en este caso les permitiría tener un ecosistema fluvial aguas abajo de alta calidad.²²

Se presentan diferentes alternativas de solución para afrontar las problemáticas de drenaje en el artículo “los sistemas urbanos de drenaje sostenible en la hidrología urbana”²² como lo son los tanques de alta capacidad, que se podrían ajustar a las características de la ciudad de Madrid, para esto se optimizan los diseños de las zanjas filtrantes en todo el perímetro de su población, así mismo desarrollando la creación de depósitos agua capaces de almacenar “400000 m³”²² de agua

Con base a la Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal Sistema de Información Científica; un artículo científico “El bio-drenaje para el control del exceso hídrico en Pampa Arenosa, Buenos Aires, Argentina”²³ fueron identificadas diferentes metodologías como el control practico de aguas superficiales y subterráneas el cual consiste en monitorear la cantidad de agua que ingresa al suelo por medio de sensores la cual sería una solución oportuna a las problemáticas de inundación en los diferentes territorios del mundo.

Se dice que gracias a el desarrollo tecnológico hoy en día se puede monitorear la cantidad de agua que puede drenar, así como los pavimentos pueden convertirse en zonas permeables las cunetas podrían ser construidas con césped en vez de hormigón así como cualquier franja de tierra puede convertirse en una franja filtrante.

Se encuentran casos similares en Latinoamérica, por ejemplo en Buenos Aires, Argentina, un país que al igual que el municipio de la Mojana tiene problemas de inundaciones y manejo de las mismas por parte de los sistemas de drenaje urbano. De igual forma se plantea una posible solución a esta problemática utilizando los mismos recursos naturales del sitio del problema creando franjas filtrantes en los sitios donde se encuentren los jardines de las zonas urbanas.²³

Otras características que menciona este artículo es que se puede dar manejabilidad de los niveles freáticos permitiendo mejorar las actividades de ganadería, a su vez se deben determinar las cantidades de flujo de aguas presentes en el suelo por medio de estudios científicos específicos ya que se debe saber cómo funciona el sector donde se va a implementar el sistema.

²³ Alconada M, Bussoni A. El bio-drenaje para el control del exceso hídrico en Pampa Arenosa, Buenos Aires, Argentina. [En línea]. Día de acceso 7 de enero de 2015.Disponible. <http://www.ejournal.unam.mx/rig/RIG068/RIG000006804.pdf>.

La visión de este proyecto es que sea sustentable en términos ambientales económicos y sociales.

Por otro lado también se tienen en cuenta las características del clima y los cambios climáticos en el mundo, de acuerdo al artículo “The impacts of climate change and urbanisation on drainage in Helsingborg, Sweden: Combined sewer system”²⁴ se dice que en Suecia se han presentado desbordamientos de aguas residuales y han aumentado las precipitaciones en diferentes sectores a causa del crecimiento de la ciudad, por tales motivos se ha implementado un software que les permite determinar el cambio climático por medio de las características demográficas, así prevén los desbordamientos de las aguas y mantienen controladas las precipitaciones.

El artículo “Modelling of green roof hydrological performance for urban drainage applications”²⁵ hace referencia a los Suds que han sido implementados en Dinamarca, en este caso se utilizaron los techos verdes, una de las alternativas más utilizadas en ciudades en desarrollo, ya que no cuentan con el terreno para implementar vegetación que contribuya con la recolección de agua pluvial de tal forma que se crean superficies permeables aprovechando las terrazas de los edificios de gran altura. Los techos verdes también son utilizados para reducir el riesgo de inundaciones de tal forma que se restablece el equilibrio natural del agua y a su vez reducir las cargas contaminantes de agua a los sistemas de alcantarillado.

Se realizaron pruebas en donde se estableció una precipitación media de 600 a 700 mm/año que fue instalado en la ciudad de Odense, tiene una pendiente de 10 y la vegetación crece sobre una capa de 40 mm drenado por una capa mineral de 40 mm de lana mineral el peso máximo mojado es de 80 y 130 kg/m³.²⁵

En este estudio se concluyó que con los techos verdes se pueden utilizar depósitos de almacenamiento para almacenar el agua de escorrentía, también se determinó que toda precipitación se asume para filtrarse en el sustrato, a menos que se exceda la capacidad máxima de detención. Gracias a la simulación a largo plazo se logró determinar y clasificar el rendimiento de los techos verdes, tanto como para un balance hídrico anual como para una gran temporada de lluvias. Para las grandes temporadas de lluvia las variables como el contenido de humedad inicial y los patrones de lluvia hacen análisis de escorrentía bastante incierto y así continua se recomiendan simulaciones a largo plazo, así también se pudo establecer que esta alternativa nos permite la reutilización del agua, evitando gastos y aprovechando los recursos hídricos.

²⁴Semadeni-Davies A. The impacts of climate change and urbanisation on drainage in Helsingborg, Sweden: Combined sewer system [En línea]. Día de acceso 27 de Abril de 2015 Disponible. <http://www.journals.elsevier.com/journal-of-hydrology>.

²⁵ Locatelli L. Modelling of green roof hydrological performance for urban drainage applications [En línea]. Día de acceso 27 de Abril de 2015 Disponible. *Journal of Hydrology* 519 (2014) 3237–3248

Analizando los diferentes aspectos evaluados a nivel mundial para controlar las inundaciones y aprovechar los recursos hídricos, los sistemas urbanos de drenaje sostenible se encuentra viable para su implementación en el municipio de Nechí. “Los tanques de retención de aguas con base al estudio realizado en España”²² son un alternativa capaz de almacenar grandes cantidades de agua permitiendo a los ciudadanos del municipio pensar en la reutilización de sus recursos, a su vez los canales naturales son otra alternativa la cual es amigable con el medio ambiente, conservando el paisajismo del sector y permitiendo a los ciudadanos conservar su entorno natural.

6. CARACTERIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE NECHÍ – MOJANA – SUCREÑA-COLOMBIANA

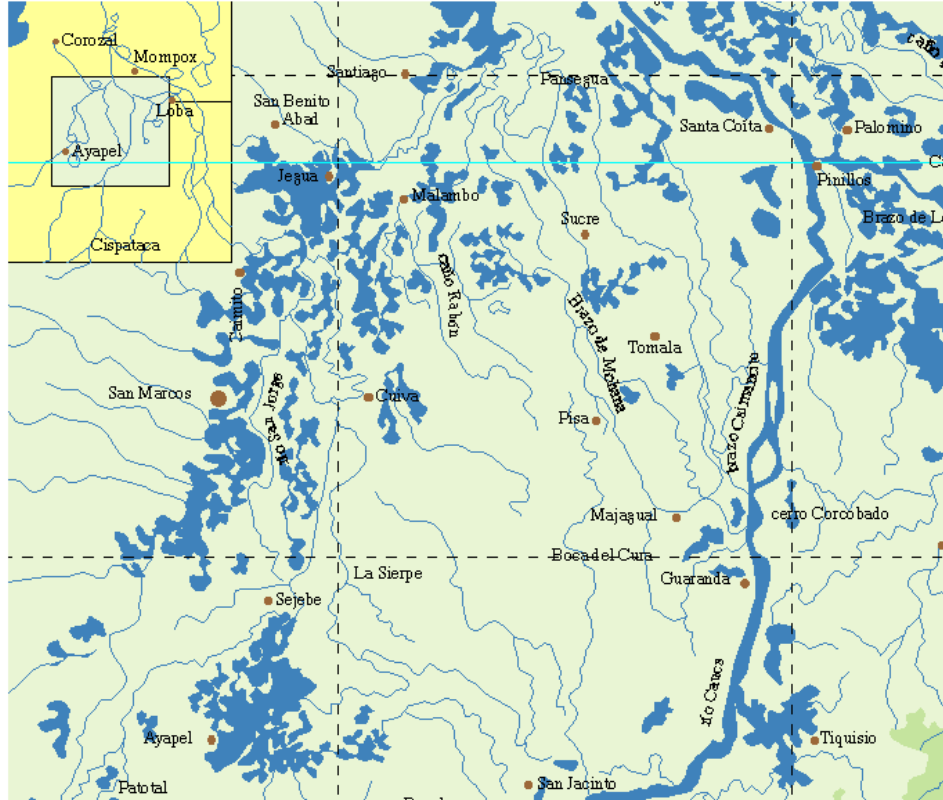
En el presente capítulo se analizara la ubicación y las características geográficas de la Mojana específicamente del Municipio de Nechí, teniendo en cuenta sus particularidades poblacionales, climatológicas y económicas lo cual permitió seleccionar un sistema de drenaje sostenible que se adaptara a las necesidades de sus habitantes para mitigar las inundaciones.

6.1 Ubicación Mojana Sucreña en Colombia

La Mojana se encuentra ubicada entre los departamentos de Córdoba, Antioquia, Bolívar y Sucre. “Está delimitada geográficamente al oriente con el río Cauca, al occidente con el río San Jorge y ciénaga de Ayapel, al nororiente con el brazo de Loba del río Magdalena, y al sur con las tierras altas de Caucasia y la serranía de Ayapel. La conforma un área de 500.000 hectáreas, aproximadamente, de las cuales el 72% pertenecen al departamento de Sucre”²⁶.

²⁶Aguilera M. La Mojana riqueza natural y potencial económico. [en línea]. Día de acceso 31 de marzo de 2015. Disponible. http://www.banrep.gov.co/docum/Lectura_finanzas/pdf/DTSER-48.pdf.

Ilustración 5. Ubicación Geográfica de la Mojana



Fuente: Neotropicos.Ubicación Geográfica de la Mojana. [En línea]. día de acceso 31 de marzo de 2015 Disponible. <http://www.neotropicos.org/ZenuesWEB/mapamojana.html>.

En la Ilustración 5. Ubicación Geográfica de la Mojana, se muestran sus límites, corrientes hidrográficas y los corregimientos que la componen.

6.1.1 Aspectos Económicos en la Mojana

Algunos de los aspectos económicos de la Mojana se enfocan en el cultivo de arroz y maíz mecanizado. Así como la yuca, patilla, entre otros frutales, cacao, coco, mango, guayaba, que fueron importantes en la región y a causa de las inundaciones ha disminuido su cultivo, así como la caña panelera. Además, se encuentra en desarrollo el cultivo de caucho (100 ha de una asociación de pequeños productores con apoyo del Programa MIDAS - USAID).²⁷

En el documento en donde se encuentran las características de sistemas de producción de todos los municipios de la Mojana, son elaborados por Corpoica, en

²⁷ Martínez A. Caracterización socioeconómica de los sistemas de producción de la región de La Mojana en el Caribe de Colombia.[en línea].Día de acceso 31 de marzo de 2015.Disponible.http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0122-87062013000200005&script=sci_arttext

donde se menciona que los principales sistemas productivos ocupan un área de “498.310 ha”²⁸.

Sistema	Hectáreas	Participación %
Agrícola	50.069	10,0
Mixtos agrícola y pecuario	176.320	35,4
Pecuario	213.003	42,7
Pesca y caza	58.918	11,8
Total	498.310	100,0

Tabla 2 Sistemas productivos de la Mojana

Fuente: Martínez A. Caracterización socioeconómica de los sistemas de producción de la región de La Mojana en el Caribe de Colombia. [En línea]. día de acceso 31 de marzo de 2015. Disponible en Internet. <http://www.scielo.org>.²⁹

En la Tabla 2 Sistemas productivos de la Mojana se evidencia que el sistema pecuario cuenta con 213.003 a diferencia de las demás su nivel de porcentaje es de un 42.7% ya que cuenta con una extensión de terreno fértil para el cultivo y la cría de ganado.

6.1.2 Impactos Ambientales de la Mojana Sucreña

La Mojana sucreña se conoce como la reserva agrícola más grande de la región Caribe, la limitante que se ha determinado para esta zona en el uso de sus tierras para la construcción de viviendas es el riesgo ambiental que causaría a la regulación de los caudales de los ríos Cauca, Magdalena y San Jorge. También gracias a su diversidad y abundancia de vegetación sirve para fauna residente y migratoria y a su vez como un lugar perfecto para la crianza de peces que sostienen las pesquerías en las partes medias y altas de los ríos.

“Según un estudio de Corpomojana-IGAC, en julio del 2001 la cobertura del área de ciénagas fue de 47.628 hectáreas, durante la época de inundación, extensión que corresponde al 9.5% del área total de la subregión y 24.3% de la zona inundada.”³⁰

²⁸ Martínez A. Caracterización socioeconómica de los sistemas de producción de la región de La Mojana en el Caribe de Colombia. [en línea]. Día de acceso 31 de marzo de

2015. Disponible. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0122-87062013000200005&script=sci_arttext

²⁹ Martínez A. Caracterización socioeconómica de los sistemas de producción de la región de La Mojana en el Caribe de Colombia. [En línea]. día de acceso 31 de marzo de 2015. Disponible en Internet. <http://www.scielo.org>.

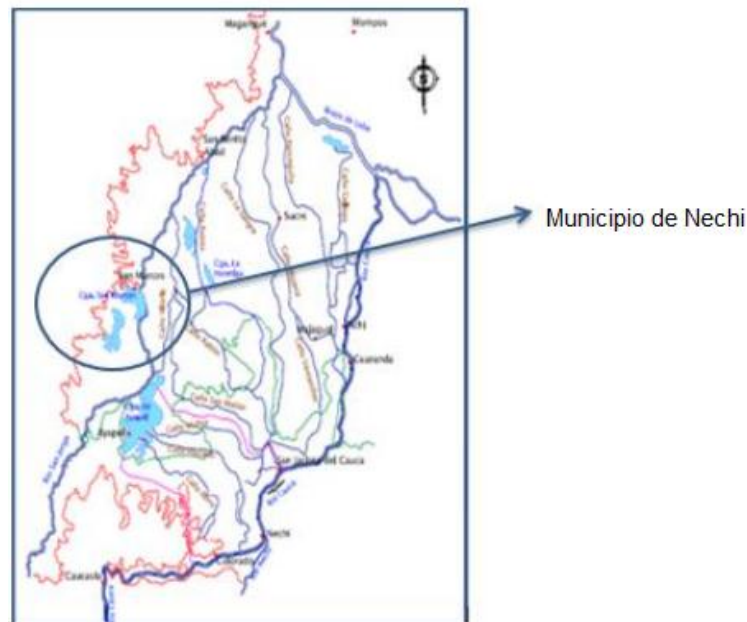
³⁰ Aguilera M. La Mojana riqueza natural y potencial económico. [En línea]. día de acceso 31 de marzo de 2015. Disponible. http://www.banrep.gov.co/docum/Lectura_finanzas/pdf/DTSER-48.pdf.

se determinó que los humedales ya no tenían la misma capacidad de captación del agua, lo cual lleva a las inundaciones que se están evidenciando actualmente causando daños en la infraestructura del municipio, afectando directamente a la comunidad impidiendo las actividades diarias con mayor intensidad y duración. Esto permite determinar las alteraciones que se han presentado en los canales artificiales conocidos como chorros y los diques conocidos como terraplenes.

6.1.3 Red Hidrográfica

El sistema hidrográfico de la Mojana está alimentado por tres sistemas fluviales los cuales causan las inundaciones.

Ilustración 6. Sistema Hídrico de la Región de la Mojana



Fuente: Espitia J. Diseño de Herramienta para la atención y prevención de riesgos por inundaciones en el municipio de san marcos en el departamento de sucre. [En línea].Día de acceso 31 de marzo de 2015 .Disponible <http://www.ustatunja.edu.co/cong-civil/images/Articulos/-DISENO%20DE%20UNA%20HERRAMIENTA%20PARA%20LA%20ATENCIÓN%20Y%20PREVENCIÓN%20DEL%20RIESGO%20POR%20INUNDACION%20EN%20EL%20MUNICIPIO%20DE%20SAN%20MARCOS%20EN%20EL%20DEPARTAMENTO%20DE%20SUCRE.pdf>³¹

En la Ilustración 6. Sistema Hídrico de la Región de la Mojana se puede evidenciar que la Mojana se encuentra rodeada por tres ríos, el río Cauca, el río San Jorge y el

³¹Espitia J. Diseño de Herramienta para la atención y prevención de riesgos por inundaciones en el municipio de san marcos en el departamento de sucre.[En línea].Día de acceso 31 de marzo de 2015 .Disponible <http://www.ustatunja.edu.co/cong-civil/images/Articulos/-DISENO%20DE%20UNA%20HERRAMIENTA%20PARA%20LA%20ATENCIÓN%20Y%20PREVENCIÓN%20DEL%20RIESGO%20POR%20INUNDACION%20EN%20EL%20MUNICIPIO%20DE%20SAN%20MARCOS%20EN%20EL%20DEPARTAMENTO%20DE%20SUCRE.pdf>

rio Magdalena los cuales cuentan con un ecosistema de alta importancia para la costa Caribe de Colombia.

6.1.4 Hidrología

La región de la Mojana funciona como un sistema amortiguación de tres importantes ríos que se interceptan en esta zona del país como se muestra en la Ilustración 6. Sistema Hídrico de la Región de la Mojana el municipio de San Marcos es vulnerable a inundaciones provocadas por las crecientes del río San Jorge, la ciénaga San Marcos y los caños Rabón, Viloría y San Matías; dichas crecientes provocan la inundación del 50,2% del área total del municipio.³²

- Río Magdalena (Brazo de Loba)

“La cuenca del río Magdalena comprende territorios de 19 Departamentos y 728 Municipios; el brazo de loba conduce un caudal volumétrico promedio de 5.410 m³/s. Este brazo es considerado actualmente como la principal arteria de irrigación de esta sección del Magdalena, en el brazo de loba existe navegación permanente además de ser el principal receptor de los sedimentos de las aguas de los ríos Cauca y San Jorge”³³.

- Río Cauca

“El río cauca cuenta con 187 km de longitud en la región de la Mojana, su planicie de inundación se extiende desde Puerto Valdivia hasta su desembocadura en el Brazo de Loba; el sistema de producción minero junto con el elevado aporte de sedimentos hace que mencionada cuenca este en proceso de degradación”³³.

- Río San Jorge

Confluye con el brazo de loba y cuenta con una área de 9.901 km², este río está estructurado por un plano inundable conformado por ciénagas y caños y por una cuenca aportante que es conformada por el río principal y un sinnúmero de ríos secundarios; el río San Jorge tiene una longitud aproximada de 368 km, el cual se

³² Dirección Nacional de Planeación. Plan Integral de Ordenamiento Ambiental y Desarrollo Territorial de la Región de la Mojana.[En línea]. día de acceso 31 de marzo de 2015. Disponible. <http://www.ustatunja.edu.co/cong-civil/images/Articulos/-DISENO%20DE%20UNA%20HERRAMIENTA%20PARA%20LA%20ATENCIÓN%20Y%20PREVENCIÓN%20DEL%20RIESGO%20POR%20INUNDACIÓN%20EN%20EL%20MUNICIPIO%20DE%20SAN%20MARCOS%20EN%20EL%20DEPARTAMENTO%20DE%20SUCRE.pdf>

³³ Espitia J. Diseño de herramienta para la atención y prevención del riesgo por inundación en el Municipio de San Marcos en el departamento de sucre. [En línea]. día de acceso 31 de marzo de 2015. Disponible <http://www.ustatunja.edu.co/cong-civil/images/Articulos/-DISENO%20DE%20UNA%20HERRAMIENTA%20PARA%20LA%20ATENCIÓN%20Y%20PREVENCIÓN%20DEL%20RIESGO%20POR%20INUNDACIÓN%20EN%20EL%20MUNICIPIO%20DE%20SAN%20MARCOS%20EN%20EL%20DEPARTAMENTO%20DE%20SUCRE.pdf>

encuentra conformado por más de 155 cuerpos de agua, ciénagas y complejos además de tener más de 34 caños³⁴.

6.2 Municipio de Nechí

Nechí Municipio de Antioquia, se encuentra ubicado en el bajo Cauca, el cual está limitado con el departamento de Córdoba y el departamento de Bolívar, a su vez con Caucasia por el Oeste, su cabecera dista 358 kilómetros de la ciudad de Medellín, capital del departamento de Antioquia. El municipio posee una extensión de 914 kilómetros cuadrados”.³⁵

³⁴ Dirección Nacional de Planeación. Plan Integral de Ordenamiento Ambiental y Desarrollo Territorial de la Región de la Mojana.[En Línea]. día de acceso 31 marzo de 2015. Disponibe. <http://www.ustatunja.edu.co/cong-civil/images/Articulos/-DISENO%20DE%20UNA%20HERRAMIENTA%20PARA%20LA%20ATENCIÓN%20Y%20PREVENCIÓN%20DEL%20RIESGO%20POR%20INUNDACIÓN%20EN%20EL%20MUNICIPIO%20DE%20SAN%20MARCOS%20EN%20EL%20DEPARTAMENTO%20DE%20SUCRE.pdf>

³⁵ Sitio oficial de Nechí en Antioquia. [en línea]. día de acceso 31 de marzo de 2015 Disponible. http://nechi-antioquia.gov.co/mapas_municipio.shtml?apc=bcxx-1-&x=1920807

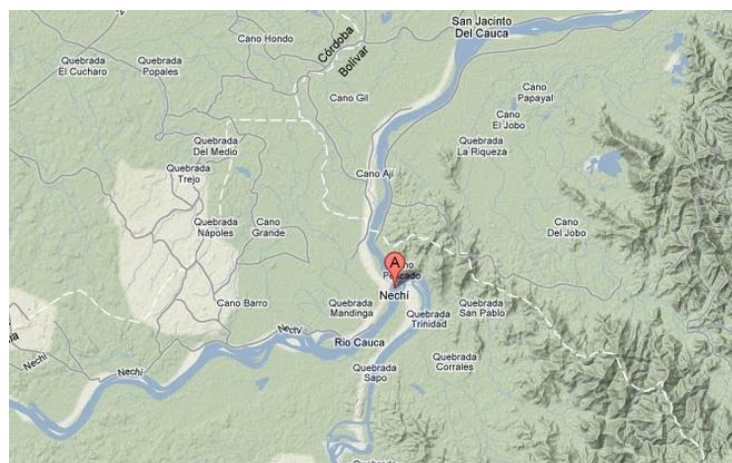
Ilustración 7. Ubicación Geográfica Municipio Nechí en Colombia



Fuente: Sitio oficial de Nechí en Antioquia. [En línea]. día de acceso 31 de marzo de 2015 Disponible http://nechi-antioquia.gov.co/mapas_municipio.shtml?apc=bcxx-1-&x=1920807³⁶

En la Ilustración 7. Ubicación Geográfica Municipio Nechí en Colombia se evidencia que se encuentra rodeado por los departamentos de Córdoba, Sucre y Bolívar.

Ilustración 8. Mapa geográfico de Nechí.



³⁶ Sitio oficial de Nechí en Antioquia. [en línea]. día de acceso 31 de marzo de 2015 Disponible http://nechi-antioquia.gov.co/mapas_municipio.shtml?apc=bcxx-1-&x=1920807

Fuente: Adaptado de: Alcaldía de Nechí – Sucre. Información general. Nechí, Colombia, [en línea].Día de acceso 31 de marzo de 2015 Disponible http://Nechí-antioquia.gov.co/mapas_municipio.shtml?apc=bcxx-1-&x=1920807³⁷

En la Ilustración 8. Mapa geográfico de Nechí, se muestra la ubicación específica del municipio de Nechí presente en la Mojana sucreña, también se evidencia la presencia del río Cauca el cual se comunica con Cauca y San Jacinto en Bolívar y el río Nechí el cual se comunica con el municipio del Bagre.

6.2.1 Clima de Nechí

El Municipio de Nechí de acuerdo a su ubicación, se establece que existen precipitaciones durante todo el año, hasta el más seco tiene mucha lluvia. “La temperatura media anual en Nechí se encuentra en 28.3 °C y tiene alrededor de 41.388mm de precipitaciones”³⁸

Debido a las características climatológicas de este municipio, se encuentra que la cantidad de aguas provenientes de la precipitación en este sector y el mal manejo de las mismas, hace que sea un municipio propenso a numerosas inundaciones a lo largo de todo el año, lo cual acrecientan los intervalos en los cuales está expuesto tanto el municipio como su población.

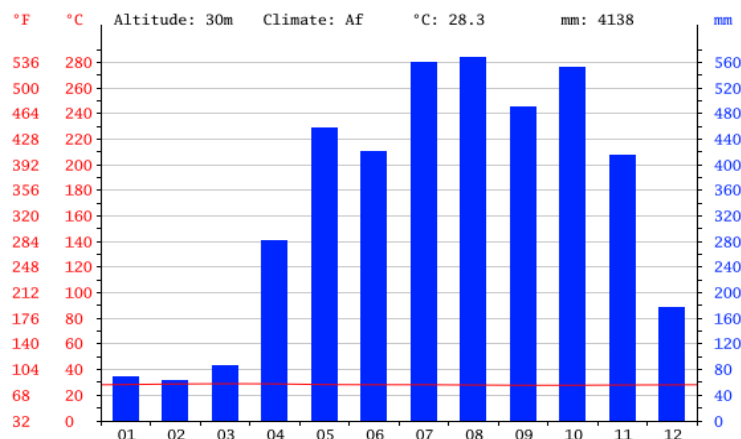


Imagen 1. Climograma de Nechí en Antioquia, año 2014.

Fuente: climate-date.org. Climograma de Nechí. [En línea]. Día de acceso 31 de marzo de 2015. Disponible <http://es.climate-data.org/location/50345/>.³⁹

³⁷ Adaptado de: Alcaldía de Nechí – Sucre. Información general. Nechí, Colombia, [en línea].Día de acceso 31 de marzo de 2015 Disponible http://Nechí-antioquia.gov.co/mapas_municipio.shtml?apc=bcxx-1-&x=1920807

³⁸ Alcaldía de Nechí – Sucre. Información general. Nechí. Colombia. [en línea].Día de acceso 31 de marzo de 2015. Disponible. http://Nechí-antioquia.gov.co/mapas_municipio.shtml?apc=bcxx-1-&x=1920807

³⁹ climate-date.org. Climograma de Nechí. [en línea]. Día de acceso 31 de marzo de 2015. Disponible <http://es.climate-data.org/location/50345/>.

Respecto a la información proporcionada en la Imagen 1. Climograma de Nechí en Antioquia, año 2014 en la cual se encuentra en el eje Y los grados de temperatura y en el eje X los meses del año se determina que el mes más seco que afecta la zona es febrero con 63mm y 567 mm. Se puede determinar que el mes que sufre mayor cantidad de precipitaciones es agosto, lo que significa que hay mayor susceptibilidad a inundaciones y a afectaciones por las mismas.

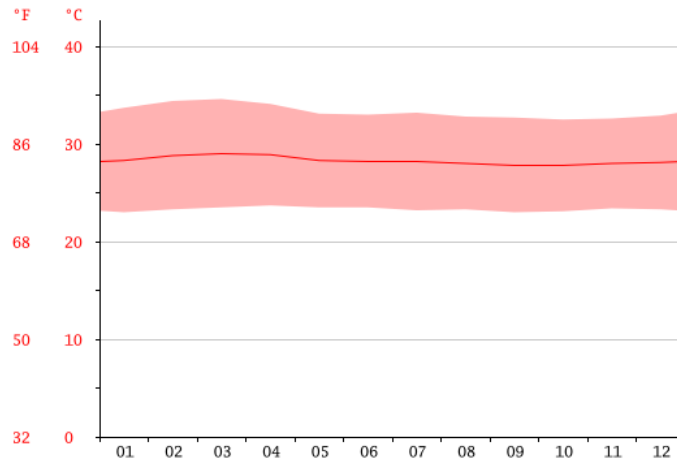


Imagen 2. Temperatura municipio de Nechí en Antioquia, año 2014

Fuente: climate-date.org. Diagrama de Temperatura- Nechí, [en línea].Día de acceso 31 de marzo de 2015 Disponible <http://es.climate-data.org/location/50345/>.⁴⁰

Se puede observar de acuerdo a la información suministrada En la Imagen 2. Temperatura municipio de Nechí en Antioquia, año 2014 que el mes más caluroso del año con un promedio de 29.0 °C de marzo y el mes más frío del año en Nechí es de 27.8 °C a mediados de septiembre.

6.2.2 Indicadores demográficos de la Mojana Sucreña - Municipio Nechí

⁴⁰ climate-date.org. Diagrama de Temperatura- Nechí. [en línea].Día de acceso 31 de marzo de 2015. Disponible <http://es.climate-data.org/location/50345/>.

Municipios	Superficie municipal	Superficie en La Mojana	2003			Tasa de crecimiento (%)	Densidad poblacional	
			Número de habitantes*				2003/2002	Total
	Km ²		Total	Urbana	Rural			
Nechí	906	134	10.022	6.791	3.231	-1,1	11	24
Magangué	1.102	355	164.659	94.298	70.361	2,8	149	198
Achí	1.043	385	25.760	7.974	17.786	2,4	25	46
San Jacinto del Cauca	428	400	10.776	3.130	7.646	2,4	25	19
Ayapel	2.192	384	58.212	21.697	36.515	1,8	27	95
San Marcos	1.012	224	53.409	35.028	18.381	1,9	53	82
Guaranda	354	354	14.047	5.256	8.791	0,8	40	25
Majagual	959	630	38.634	10.437	28.197	2,0	40	45
Sucre	1.130	1.130	26.590	22.802	3.788	0,8	24	3
Caimito	436	121	10.262	2.830	7.432	0,3	24	61
San Benito de Abad	1.592	812	23.838	17.762	6.076	1,1	15	7
Total Mojana	8.962	4.545	436.209	228.005	208.204	2,0	49	46
Antioquia	63.612	134	5.608.829	4.103.922	1.504.907	1,4	88	
Bolívar	25.978	1.140	2.184.227	1.510.241	673.986	2,2	84	
Córdoba	25.020	384	1.381.851	690.832	691.019	1,1	55	
Sucre	10.917	3.271	854.948	590.917	264.031	1,8	78	

Fuente: DANE, División Política Administrativa de Colombia y Proyecciones de población, por área, según municipios, a junio 30.

Tabla 3. Indicadores demográficos de Nechí en Antioquia

Fuente: Aguilera M. La Mojana riqueza natural y potencial económico. [En línea]. Disponible en Internet: http://www.banrep.gov.co/docum/Lectura_finanzas/pdf/DTSER-48.pdf#41

En la Tabla 3. Indicadores demográficos de Nechí en Antioquia, se evidencia que el municipio de Nechí cuenta con 10.022 habitantes en donde 6.791 de la población son de la zona urbana y 3.231 rural, frente a los demás municipios presentes en la Mojana tiene la menor cantidad de población.

6.2.3 Población en el Municipio de Nechí

La población del Municipio de Nechí de acuerdo al censo realizado en el año 2005 por el DANE es de 24.172 habitantes, de los cuales más del 52% de ellos habitan la zona urbana y el 48% lo comprende la zona rural con 11.205. La población urbana la componen los siguientes barrios: Barrio la playa, Chaparro, Santa Lucía, 20 de enero, Popular, El bosque, Las palmas, Mojarrita, Belén, Villa María, La malagana, 14 de septiembre, Venecia, San Nicolás, Prado, y el Centro con un total de 5.000 viviendas con un promedio de 5 personas por familia".⁴²

6.2.4 Índices de calidad de vida

⁴¹ Aguilera M. La Mojana riqueza natural y potencial económico. [En línea]. Disponible en Internet: http://www.banrep.gov.co/docum/Lectura_finanzas/pdf/DTSER-48.pdf

⁴² Cabrera E. Plan de desarrollo municipio de Nechí 2012-2015. [en línea]. Día de acceso 31 de marzo de 2015. Disponible <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/nechiantioquiapd2012-2015.pdf>

De acuerdo a la información encontrada en el Anuario Estadístico de Antioquia 2011 el cual cuenta con datos del año 2006 se pueden rescatar datos como el 90,3% de la población de Nechí, se encontraba en condiciones de miseria, y un 97,5% de su población en condiciones de pobreza.

Debido a esto se generan unos niveles de vulnerabilidad alto, teniendo en cuenta que las más vulnerables a la pobreza se concentran en las mujeres y hombres entre los 27 y 59 años.

Agregando una problemática de cobertura de servicios públicos en esta zona, el Acueducto llega a un 38% de las viviendas y es un agua que no tiene ningún tratamiento para ser apta para el consumo humano, lo cual genera otro tipo de problemas de salubridad para la población. Tampoco tiene sistema de Alcantarillado. Este municipio no cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales, y tampoco con un adecuado sistema de recolección de basuras y un manejo de las mismas por medio de un relleno sanitario.

Este tipo de inconvenientes han generado una problemática de salubridad y así mismo de contaminación que se ve reflejada en la población y en el municipio.

6.2.5 Aspectos Económicos de la Población de Nechí

“Las principales actividades económicas del Municipio de Nechí son la minería, la agricultura, la pesca, la extracción de madera y en una menor escala la ganadería. Como productor de oro el municipio aporta el 3% de la población subregional, aquí es importante señalar como es el Oro y el llamado desperdicio de oro.”⁴³

6.2.6 Infraestructura

La situación actual del municipio de Nechí establece que el área de terreno está conformado por suelo urbano edificable el cual estado dotado de infraestructura y equipamientos que garantizan el funcionamiento de las nuevas estructuras especiales tales como los asentamientos habitacionales, comerciales e institucionales limitando el crecimiento urbano del municipio.⁴⁴

Por tal motivo se establece que las pocas áreas que se encuentran disponibles están en procesos de densificación, de tal manera que el municipio se construya cerca al río, causando el desequilibrio del entorno natural.

⁴³ Cabrera E. plan de desarrollo Municipio de Nechí. [en línea]. Día de acceso 31 de marzo de 2015. Disponible <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/nechiantioquiapd2012-2015.pdf>

⁴⁴ Cabrera E. Plan de desarrollo municipio de Nechí, [En línea]. día de acceso 29 de Abril de 2015. Disponible: <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/nechiantioquiapd2012-2015.pdf>

Algunos de las falencias detectadas en el municipio son la falta de vías de acceso y pasos peatonales, ya que no se cuenta con el terreno adecuado para su construcción, así como la falta de servicios públicos la carencia de redes y manejo interno adecuado de las basuras.

Ilustración 9. Vivienda



Fuente: visita técnica proyecto. Doctorado Paula Villegas⁴⁵.

En la Ilustración 9. Vivienda se evidencia la forma en que están construidas las casas al borde del río Cauca, en el Municipio de Nechí, de esta forma evitan que el agua dañe sus bienes materiales, y evitan la inundación de sus propiedades.

⁴⁵ visita técnica proyecto. Doctorado Paula Villegas

Ilustración 10 Viviendas Barrios de Nechí



Fuente: visita técnica proyecto. Doctorado Paula Villegas⁴⁶.

En la Ilustración 10 Viviendas Barrios de Nechí se evidencia el estado de las vías del Municipio en el momento en el cual se presenta una inundación, las viviendas se encuentran elevadas para evitar la pérdida de sus bienes materiales.

⁴⁶ visita técnica proyecto. Doctorado Paula Villegas

Ilustración 11. Terrenos de Inundación



Fuente: visita técnica proyecto. Doctorado Paula Villegas⁴⁷

En la Ilustración 11. Terrenos de Inundación se muestra el terreno que es afectado por el crecimiento del río Cauca, aumentando el riesgo de desplazamiento de tierras y acumulación de sedimentos.

7. SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE “SUDS”

En este capítulo se expondrán los diferentes SUDS desarrollados en el mundo para mitigar los problemas de inundación, añadiéndole las ventajas y desventajas de su implementación y que otro tipo de beneficios traería para la población que lo ejecute y desarrolle.

7.1 Definición

Los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) son conocidos como los BMP'S que en inglés significa (Best Management Practices) el cual se define como la integración de la infraestructura para mejorar el desarrollo urbano y paisajístico

⁴⁷ visita técnica proyecto. Doctorado Paula Villegas

utilizando los recursos hídricos, de forma que permita la filtración retención, transporte, almacenamiento y reutilización de aguas lluvias.⁴⁸

El objetivo principal de la implementación de los sistemas urbanos de drenaje sostenibles “SUDS” en el Municipio de Nechí, es restablecer el ciclo natural del agua mitigando los cambios hidrológicos del sector permitiendo que durante su captación, transporte y destino su proceso de limpieza sea natural utilizando parte de una infraestructura hídrica y así mismo implementando los diferentes tipos de sistemas adecuados para obtener los resultados.

La particularidad de los sistemas urbanos de drenaje sostenible ante los demás sistemas es de potencializar la captación de aguas lluvias por medio de filtración la cual es fundamental para provocar la retención del agua desde su punto de origen. Esto es vital para el sector que se está estudiando dado que una de sus principales características son las continuas precipitaciones que se presentan, permitiendo su restauración y preservación de la calidad del agua captada y a su vez su proceso de limpieza natural.

7.2 Tipos de Sistema de Drenaje Urbano

Estos sistemas permiten controlar el ingreso y desplazamiento de material contaminante al suelo y a su vez evitar la escorrentía superficial, dándole una mayor amplitud de captación e infiltración del agua.

Son clasificadas de la siguiente forma:

7.2.1 Sistemas de transporte permeable.

7.2.2 Sistemas de tratamiento pasivo (control en el origen).

7.2.3 Medidas Preventivas

7.2.1 Sistemas de transporte permeable

- Superficies permeables y porosas

Las superficies permeables son áreas que producen menos escorrentía de aguas pluviales, gracias a la infiltración que permiten los materiales utilizados en ellos, así como las superficies porosas proporcionan un medio propicio para el tráfico peatonal o vehicular ya que pueden ser elaboradas con materiales filtrantes lo que permiten la succión del agua de una forma más práctica.

⁴⁸Los sistemas urbanos de drenaje sostenible una alternativa la gestión del agua de lluvia.[En línea]. día de acceso 29 de Abril de 2015. Disponible: <http://ovacen.com/wp-content/uploads/2015/05/gestion-del-agua-en-el-planeamiento.pdf>

El objetivo de este SUDS consiste fundamentalmente en almacenar el agua lluvia temporalmente disminuyendo así la cantidad de escorrentía que de otra manera quedaría en superficie.

Las diferencias que se encuentran en las superficies permeables y porosas son, que las superficies permeables poseen características discontinuas, como por ejemplo adoquines con ranuras césped o grava con refuerzos, las cuales su ensamble y/o instalación no es continua y las superficies porosas son una mezcla continua bituminosa como por ejemplo hormigón poroso.

Transportan lentamente el agua de escorrentía permitiendo la filtración, el almacenamiento, la infiltración e incluso la evaporación y oxigenación.⁴⁹

A continuación se describen las posibles categorías de superficies permeables para zonas no urbanas.

Ilustración 12. Superficies Permeables



Fuente: Scodelaro F.6 soluciones de infraestructura verde para problemas urbanos. [En línea]. día de acceso 29 de Abril de 2015. Disponible <http://blogs.iadb.org/ciudadessostenibles/2014/06/10/6-soluciones-de-infraestructura-verde/>⁵⁰

En la Ilustración 12. Superficies Permeables se muestran las opciones de materiales permeables que se pueden utilizar para elaborar las superficies. En la imagen de la izquierda concreto poroso, en la parte central asfalto permeable y en la parte derecha adoquines.

- Permeables

⁴⁹Tragsa. Sistemas Urbanos de drenaje sostenible. [En línea]. día de acceso 29 de Abril de 2015. Disponible <http://www.dina-mar.es/pdf/suds.pdf>.

⁵⁰ Scodelaro F.6 soluciones de infraestructura verde para problemas urbanos. [En línea]. día de acceso 29 de Abril de 2015. Disponible <http://blogs.iadb.org/ciudadessostenibles/2014/06/10/6-soluciones-de-infraestructura-verde/>

Elementos impermeables colocados en una disposición permeable tales como adoquines o pavimentos de hormigón con huecos o separaciones libres o rellenas de árido o tierra vegetal de manera que se logre una determinada permeabilidad.

Ilustración 13 Superficies Permeables Adoquín



Fuente: Breinco B .Pavimentos drenantes. [En línea]. día de acceso 29 de Abril de 2015. Disponible <http://www.breincobluefuture.com/es/productos/urban/pavimentos-drenantes/vanoton>.⁵¹

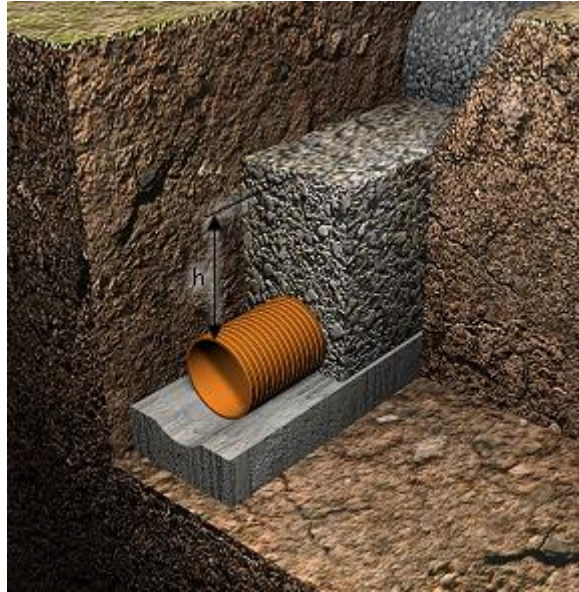
En la Ilustración 13 Superficies Permeables Adoquín, se puede evidenciar la distribución y el paisajismo que se logra con la implementación de este sistema, también se define como adoquín, una piedra labrada lo cual permite su filtración la cual permite que el agua retorne al suelo y siga su curso natural.

- Drenes filtrantes zanjas recubiertas de material geotextil y rellenas de grava.

La grava permite una filtración de la escorrentía, atrapando materia orgánica, metales pesados y residuos grasos, los cuales son descompuestos por las bacterias al cabo del tiempo. La velocidad del agua es lenta por lo que existe infiltración a través del geotextil.³⁸

⁵¹ Breinco B .Pavimentos drenantes. [En línea]. día de acceso 29 de Abril de 2015. Disponible <http://www.breincobluefuture.com/es/productos/urban/pavimentos-drenantes/vanoton>.

Ilustración 14. Drenes de gravas filtrantes



Fuente: Graf.d. Zanja Drenantes. [En línea]. día de acceso 29 de Abril de 2015. Disponible http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/Acondicionamiento_del_terreno/Red_de_saneamiento_horizantal/Drenajes/Zanja_drenante.html.⁵²

En la Ilustración 14. Drenes de gravas filtrantes, se evidencia el diseño constructivo y los materiales con los que se puede trabajar para realizar la descontaminación del agua que sea absorbida.

- Cunetas verdes

Canales vegetados con hierba que conducen el agua de escorrentía desde las superficies de drenaje a un sistema de almacenaje o a una conexión con el alcantarillado existente. Son sistemas apropiados para la captación y conducción de escorrentía y suelen formar parte de la red de drenaje sostenible previo a humedales o estanques. Tienen un ancho de hasta 3 metros y proporcionan un almacenamiento temporal de agua de lluvia. La pendiente transversal debe ser 1/4, y la longitudinal 1/50. La velocidad del agua será menor a 1 m/seg para evitar erosión y facilitar sedimentación. Se puede mejorar su funcionamiento interponiendo pequeñas presas de tierra. La vegetación filtra la corriente, ayuda a la infiltración, a la evapotranspiración y permite que las partículas arrastradas se

⁵² Graf.d. Zanja Drenantes. [En línea]. día de acceso 29 de Abril de 2015. Disponible http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/Acondicionamiento_del_terreno/Red_de_saneamiento_horizantal/Drenajes/Zanja_drenante.html.

depositen. Se debe evitar aparcar vehículos, y la siega del césped debe realizarse al menos 2 veces al año.

Ilustración 15 Cunetas verdes



Fuente: Abella A. Cunetas verdes. [En línea]. día de acceso 29 de Abril de 2015. Disponible <http://drenajeyurbanosostenible.org/category/cunetas-verdes-2/>⁵³

En la Ilustración 15 Cunetas verdes se puede evidenciar que uno de los usos mas frecuentes es para drenar la escorrentia que se presenta en las vias.

7.2.2 Sistemas de tratamiento pasivo (control de origen).

Este sistema permiten controlar el ingreso y desplazamiento de material contaminante al suelo y a su vez evitar la escorrentia superficial, dandole una mayor amplitud de captación e infiltración del agua.

Esto se puede implementar y asimismo conseguir resultados satisfactorios en el municipio de Nechí realizando la implementación de un buen sistema de manejo recolección y ubicación de materiales contaminantes desechados por la misma población.

El objetivo de estos sistemas es eliminar y descomponer los contaminantes del agua al final del proceso de tratamiento.

- Pozos y zanjas de Infiltración

⁵³ Abella A. Cunetas verdes. [En línea]. día de acceso 29 de Abril de 2015. Disponible <http://drenajeyurbanosostenible.org/category/cunetas-verdes-2/>

Son elementos que por medio de la infiltración, gracias a las perforaciones son rellenas de material granular las cuales son las que recogen y almacenan las aguas de la superficie.

Ilustración 16. Pozo de Absorción y Zanja de Infiltración



Fuente: Biodigestor. Pozo de Absorción y Zanja de Infiltración. [En línea]. día de acceso 29 de Abril de 2015. Disponible. <http://blog.distribuidoresrotoplas.com/2014/12/pozo-de-adsorcion-o-zanja-de.html>⁵⁴

- Depósitos de Infiltración

Son elementos estructurales instalados encima de terrenos vegetados por donde la escorrentía es generada por superficies contiguas.

Este diseño debe contener un desagüe de emergencia en el depósito ya que al momento de estar lleno totalmente se puede desocupar. Gracias a la vegetación en la parte superior, se puede retener más fácilmente las aguas lluvias mejorando los comportamientos térmicos del interior de las construcción y de la misma forma fomentando la recuperación de los espacios de las ciudades para la flora y fauna.

⁵⁴ Biodigestor. Pozo de Absorción y Zanja de Infiltración. [En línea]. día de acceso 29 de Abril de 2015. Disponible. <http://blog.distribuidoresrotoplas.com/2014/12/pozo-de-adsorcion-o-zanja-de.html>

Ilustración 17. Depósitos de Infiltración



Fuente: Graf. Depósito de infiltración. [En línea]. día de acceso 29 de Abril de 2015. Disponible http://www.construnario.com/notiweb/27541/graf-ejecuta-su-mayor-deposito-de-infiltracion-de-aguas-pluviales-en-espana#.VSCRrY6G_X4.⁵⁵

En la Ilustración 17. Depósitos de Infiltración se evidencia el proceso constructivo de un tanque de almacenamiento o mas conocido como deposito de infiltracion el cual se instala en depresiones de terreno poco profundas, permitiendole transformar el flujo superficial en subteraneo de tal forma que elimina los contaminantes por medio de la filtración, absorción y las transformaciones biológicas.

- Franjas filtrantes

Sección de terreno vegetado con leve inclinación diseñado para recibir y filtrar la lámina de escorrentía atrapando sólidos y aceites. Pendientes inferiores a 1/20 y anchos de 5 a 15 metros. Construcción: nivelar, extender y compactar 10 cm tierra vegetal, sembrar y proteger.

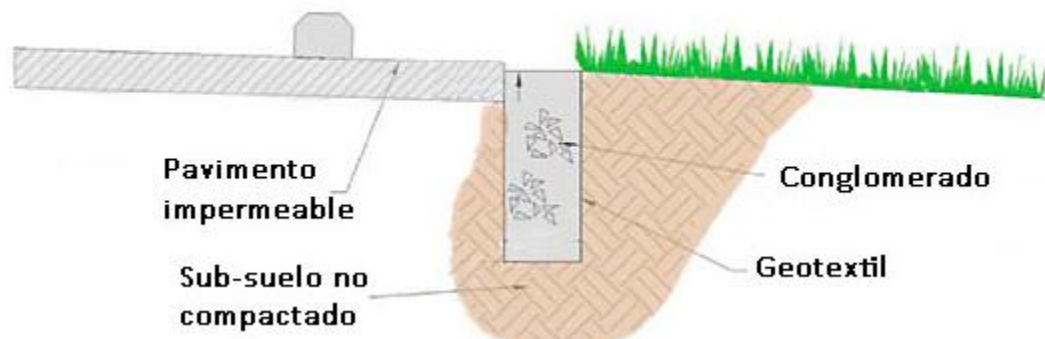
La vegetación puede ser diversa: césped, arbustos, árboles. Varía el beneficio obtenido. Necesitan una labor de mantenimiento de “siega”⁵⁶ y limpieza. 3.2

⁵⁵ Graf. Depósito de infiltración. [En línea]. día de acceso 29 de Abril de 2015. Disponible http://www.construnario.com/notiweb/27541/graf-ejecuta-su-mayor-deposito-de-infiltracion-de-aguas-pluviales-en-espana#.VSCRrY6G_X4.

⁵⁶ Siega: La siega constituye uno de los factores más importantes del cuidado del césped. Mediante el corte correcto, el césped emite nuevos tejidos y brotes que permiten regenerar de forma constante la cubierta vegetal. [En línea]. día de acceso 29 de Abril de 2015. Disponible <http://www.navarromontes.com/manual.aspx?man=8#2>

Depósitos superficiales de detención Depresiones diseñadas para frenar durante unas horas la escorrentía de las tormentas y permitir la sedimentación de los sólidos en suspensión⁵⁷. La función principal es la eliminación de sólidos. Se puede incluir un desvío o bypass de manera que, una vez recibida la escorrentía del primer lavado, la más contaminada, el resto pase al siguiente sistema de la cadena de drenaje. Cuentan con un desagüe en su parte inferior que puede llegar a colmatarse por la acumulación de sedimentos. La máxima profundidad de agua no debe exceder los 3 metros en ningún punto, siendo capaces los desagües de vaciar el depósito en 24 horas. Las pendientes laterales deben ser tendidas para permitir la salida en caso de caída al agua, y el acceso y mantenimiento cuando el depósito está vacío. Pueden ser utilizados como espacios públicos abiertos durante los periodos secos, aumentando la oferta de zonas verdes de la ciudad.

Ilustración 18. Franjas Filtrantes.



Fuente: LID Manual for Michigan. . [En línea]. día de acceso 29 de Abril de 2015. Disponible <http://drenajurbanosostenible.org/category/cunetas-verdes-2/>⁵⁸

En la Ilustración 18. Franjas Filtrantes. Se evidencia el diseño de una franja filtrante vegetadas la cual depende del tamaño del área donde se va a implementar, no se puede provocar flujos concentrados ya que provocaría erosiones a su vez daños graves en el sistema.

- Depósitos enterrados de detención

Cuando no se dispone de terrenos en superficie o el entorno no permite una estructura a cielo abierto, estos depósitos constituyen el subsuelo. Los materiales

⁵⁷Tragsa. Sistemas Urbanos de drenaje sostenible.[En línea]. día de acceso 29 de Abril de 2015. Disponible <http://www.dina-mar.es/pdf/suds.pdf>

⁵⁸ Abella A. Cunetas verdes.[En línea]. día de acceso 29 de Abril de 2015. Disponible <http://drenajurbanosostenible.org/category/cunetas-verdes-2/>

con los que se construyen son hormigón y polipropileno. Estanques de retención
Depresiones del terreno con volumen de agua permanente (50%). Su capacidad es
4 veces el volumen a tratar (normalmente escorrentía de 5 Ha). Profundidad: 3
metros máximo. Pendientes laterales tenidas para mantenimiento. Desagüe por
encima de la línea permanente de agua. Para evitar la elevada concentración de
nutrientes se debe asegurar un mínimo de corriente. ??? Humedales artificiales
Amplias superficies de agua poco profundas y con vegetación propia de pantanos
o humedales naturales. Proporciona gran poder de filtración y eliminación de
nutrientes gracias a la acción de las plantas. Se debe asegurar el flujo de agua
anual, y las especies vegetales deben ser autóctonas. La dimensión debe ser al
menos 3 veces el volumen a tratar, asegurando 2 semanas de retención. La
profundidad oscila entre 0,6 m y 3m. Se deben colocar pozos de decantación para
evitar dragados completos. Nunca se puede aportar escorrentía urbana a
humedales naturales ya que puede contener agentes contaminantes lo que dañaría
la calidad de sus aguas y del ambiente.

7.2.3 Medidas preventivas

- Minimizar la escorrentía superficial.
- Drenar hacia zonas verdes.
- Recoger pluviales para uso posterior: riego, cisternas, lavadoras.
- Mantener limpia la zona afectada de modo periódico.
- Concienciación de fuentes contaminantes.
- Minimizar el uso de herbicidas y fungicidas.
- Educación de todos los agentes implicados en el diseño y mantenimiento.

7.3 Finalidad de los sistemas de drenaje sostenible

Uno de los objetivos de los sistemas de drenaje urbano es, la eliminación de la
contaminación causada por los elementos de recepción de aguas y de
escurrimientos urbanos.

Un segundo objetivo es la reutilización de las aguas pluviales, lo cual es la parte
vital que se tratará en este trabajo, dado que se abordará el problema desde la
escorrentía, con ello se podrán conservar los recursos.

7.3.1 Ventajas de los Sistemas de Drenaje Urbano

Las ventajas de los SUDS “sistemas urbanos de drenaje sostenible” se determinan
de la siguiente forma:

- Ventajas generales:
 - a) Prevenir las inundaciones de una zona, regulando y controlando el flujo de agua de escorrentía.
 - b) Valorar la calidad de agua de escorrentía.
 - c) Mejorar los entornos naturales y urbanos, así como beneficiar la comunidad presente en la zona con la reutilización de los recursos.⁵⁹
- Ventajas hidrológicas
 - a) Prevención de inundaciones.
 - b) Restaurar el ciclo hidrológico en zonas urbanas o rurales.
 - c) Preservar los acuíferos subterráneos por medio de cursos naturales de infiltración.
- Ventajas paisajísticas y ambientales
 - a) Mejoramiento de ecosistemas.
 - b) Preservación del medio ambiente en zonas urbanas.
 - c) Mejoramiento paisajístico.
 - d) Reducción de agentes contaminantes.
 - e) Prevención de inundaciones.
- Ventajas sociales y urbanas
 - a) Protección frente al riesgo de inundación.
 - b) Reutilización de aguas pluviales para la economía de los habitantes del sector.
 - c) Embellecimiento de la región.
- Ventajas económicas
 - a) Son sistemas de mayor alcance, lo cual permite su perfecta implementación frente a otros métodos convencionales.
 - b) Bajo costo de construcción e implementación.
 - c) Se convierte el agua tratada en un recurso óptimo para el consumo humano.
 - d) Se reducen notoriamente los costos de funcionamiento y mantenimiento ya que se manejan los mismos métodos de descontaminación.


⁵⁹ Perales M. sistemas urbanos de drenaje sostenible.[En línea]. día de acceso 29 de Abril de 2015. Disponible <http://www.zaragoza.mobi/contenidos/medioambiente/cajaAzul/33S8-P3-Sara%20PeralesACC.pdf>

8. COMPARACIÓN DE LOS SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE COMO ALTERNATIVA DE MITIGACION PARA INUNDACIONES EN EL MUNICIPIO DE NECHÍ


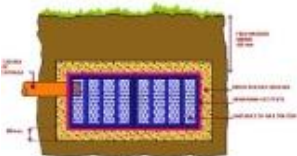
Este es un municipio de características muy marcadas dentro de las cuales se destaca la falta de recursos necesarios para poder tener una buena calidad de vida, ya que es un municipio que carece de un sistema de tratamiento de agua potable, no posee un sistema de alcantarillado, carece de un sistema de drenaje para aguas lluvias y aguas negras, la suma de estos factores hace que la selección de un sistema de drenaje urbano sostenible sea algo más compuesto para poder dar como finalidad una solución definitiva a sus problemáticas.

Se realizó un análisis teniendo en cuenta la caracterización del municipio y se llegó a la conclusión el sistema de drenaje urbano de superficies porosas y de superficies permeables no es viable para las condiciones de este municipio, ya que la implementación sería costosa, y el balance costo beneficio no sería ideal, por otro lado se observa el sistema de pozos y zanjas filtrantes el cual tiene como ventaja el almacenamiento de cantidades considerables de m³ de agua lo cual generaría una reducción y canalización de aguas de escorrentía considerables que atenuarían de forma importante las inundaciones en dicho municipio. Los depósitos de infiltración es una opción viable de acumulación de aguas de precipitación en un medio que no altere el campo visual de los habitantes del municipio de Nechí, este debe ser evaluado y estudiado a fondo ya que el suelo y la ubicación del mismo determinara su factibilidad final, Los sistemas de transporte permeable viendo que es un municipio que carece del manejo adecuado de las basuras y no tiene un sistema de alcantarillado definido no es una opción viable ya que no tiene un sistema existente para conectarse y ser funcional.



Las medidas preventivas son viables en un 100%, y se recomienda iniciar con estas ya que un son alternativas indirectas que realizan un cambio directo y eficaz ante la situación del municipio en particular

SELECCIÓN DEL SISTEMA				
SISTEMA	RESULTADOS	DESCRIPCION	SISTEMA	PROS
<p>1</p> <p>Sistemas de control en origen</p> <p>Superficies permeables</p>	<p>Porosas</p>	<p>Las superficies permeables proporcionan un medio propicio para el tráfico peatonal o vehicular.</p> <p>El objetivo de este SUDS es almacenar el agua lluvia temporalmente disminuyendo así la cantidad de escorrentía.</p>	 <p>Fuente: Scodelaro F.6 soluciones de infraestructura verde para problemas urbanos. [En línea]. día de acceso 29 de Abril de 2015. Disponible http://blogs.iadb.org/ciudadessostenibles/2014/06/10/6-soluciones-de-infraestructura-verde/⁶⁰</p>	<p>Para efectos de un municipio como Nechí, este sistema no sería viable ya que el porcentaje de población rural y urbano es proporcional, no generaría una amortización drástica, ya que áreas permeables no son muchas, anexo a esto sería un sistema costoso de implementación que su valor beneficio no sería óptimo.</p>

⁶⁰ Scodelaro F.6 soluciones de infraestructura verde para problemas urbanos.[En línea]. día de acceso 29 de Abril de 2015. Disponible <http://blogs.iadb.org/ciudadessostenibles/2014/06/10/6-soluciones-de-infraestructura-verde/>


	<p>Permeables</p>	<p>Elementos impermeables colocados en una disposición permeable tales como adoquines o pavimentos de hormigón con huecos o separaciones libres o rellenas de árido o tierra vegetal de manera que se logre una determinada permeabilidad.</p>	 <p>Fuente: Scodelaro F.6 soluciones de infraestructura verde para problemas urbanos. [En línea]. día de acceso 29 de Abril de 2015. Disponible http://blogs.iadb.org/ciudadessostenibles/2014/06/10/6-soluciones-de-infraestructura-verde/⁶¹</p>	<p>Esta sería alternativa viable de ejecución pero costosa de construcción por ende este sistema sería descartado, como uso prioritario para atenuar las inundaciones que afectan el municipio</p>
	<p>Pozos y Zanjas de Infiltración.</p>	<p>Perforaciones rellenas de material granular que recogen y almacenan el agua de escorrentía para su infiltración.</p>	 <p>Fuente: Scodelaro F.6 soluciones de infraestructura verde para problemas urbanos. [En línea]. día de acceso 29 de Abril de 2015. Disponible http://drenajurbanosostenible.org/tecnicas-de-drenaje-sostenible/tipologia-de-las-tecnicas/medidas-estructurales/pozos-y-zanjas-de-infiltracion/</p>	<p>Lo ideal sería realizar zanjas de infiltración en el perímetro de la población que capturen excesos de aguas de escorrentía y las canalicen.</p>

⁶¹ Scodelaro F.6 soluciones de infraestructura verde para problemas urbanos.[En línea]. día de acceso 29 de Abril de 2015. Disponible <http://blogs.iadb.org/ciudadessostenibles/2014/06/10/6-soluciones-de-infraestructura-verde/>


		<p>Depresiones del terreno vegetadas diseñadas para almacenar e infiltrar gradualmente la escorrentía generada en superficies contiguas. Deben contar con un desagüe de emergencia conectado con la red general por si se supera la capacidad total. Permiten almacenar agua por encima de la superficie de infiltración en forma de lámina.</p>	 <p>Fuente: Breinco B .Pavimentos drenantes. [En línea].día de acceso 29 de Abril de 2015.Disponible http://www.breincobluefuture.com/es/productos/urban/pavimentos-drenantes/vanoton.⁶²</p>	<p>Este sistema es el indicado para la población de Nechí, pero para su funcionamiento ideal debe ser complementado mediante un estudio de suelos del lugar a implementar ya que esto es un factor que afectaría la funcionalidad del mismo.</p>
2	<p>Sistemas de transporte permeable</p>	<p>Drenes filtrantes Zanjas recubiertas de material geotextil y rellenas de grava.</p> <p>La grava permite una filtración de la escorrentía, atrapando materia orgánica, metales pesados y residuos grasos, los cuales son descompuestos por las bacterias al cabo del tiempo. La aplicación habitual es en carreteras, mejorando la seguridad vial y el mantenimiento.</p>	 <p>Fuente: Graf.d. Zanja Drenantes. [En línea].día de acceso 29 de Abril de 2015.Disponible http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/Acondicionamiento_del_terreno/Red_de_saneamiento_horizontal/Drenajes/Zanja_drenante.html.⁶³</p>	<p>Este sistema sería funcional e ideal si el municipio de estudio contara con un sistema construido de canalización de aguas residuales ya que este tipo de SUDS complementaria el sistema de drenaje pero al tener esa carencia no sería óptimo implementarlo.</p>

⁶² Breinco B .Pavimentos drenantes. [En línea].día de acceso 29 de Abril de 2015.Disponible <http://www.breincobluefuture.com/es/productos/urban/pavimentos-drenantes/vanoton>.

⁶³ Graf.d. Zanja Drenantes. [En línea].día de acceso 29 de Abril de 2015.Disponible http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/Acondicionamiento_del_terreno/Red_de_saneamiento_horizontal/Drenajes/Zanja_drenante.html.

<p>Cunetas verdes</p>	<p>Canales vegetados con hierba que conducen el agua de escorrentía desde las superficies de drenaje a un sistema de almacenaje o a una conexión con el alcantarillado existente. Son sistemas apropiados para la captación y conducción de escorrentía y suelen formar parte de la red de drenaje sostenible previo a humedales o estanques.</p>	 <p>Fuente: Abella A. Cunetas verdes.[En línea]. día de acceso 29 de Abril de 2015. Disponible http://drenajeyurbanosostenible.org/category/cunetas-verdes-2/⁶⁴</p>	<p>Es una opción viable para el Municipio de Nechí, ya que este cuenta con áreas verdes en su alrededor.</p>

⁶⁴ Abella A. Cunetas verdes.[En línea]. día de acceso 29 de Abril de 2015. Disponible <http://drenajeyurbanosostenible.org/category/cunetas-verdes-2/>

3	Sistemas de tratamiento pasivo	Franjas filtrantes	Sección de terreno vegetado con leve inclinación diseñado para recibir y filtrar la escorrentía. La función principal es la eliminación de sólidos. Se puede incluir un desvío o bypass de manera que, una vez recibida la escorrentía del primer lavado, la más contaminada, el resto pase al siguiente sistema de la cadena de drenaje. 60	 <p>Fuente: LID Manual for Michigan. . [En línea]. día de acceso 29 de Abril de 2015. Disponible http://drenajeurbanosostenible.org/category/cunetas-verdes-2/⁶⁵</p>	Este sistema no sería óptimo ya que la cantidad de agua que manejaría sería poca en comparación de la captación que tendría un depósito de infiltración subterráneo.
		Depósitos enterrados de detención	Estanques de retención Depresiones del terreno con volumen de agua permanente. Se debe asegurar el flujo de agua anual, y las especies vegetales deben ser autóctonas.		
4	Medidas preventivas	Educación y concientización	Minimizar la escorrentía superficial.	Ideal mediante capacitaciones charlas y concientización en la comunidad. Factible en un 100%.	
			Drenar hacia zonas verdes.		
			Recoger pluviales para uso posterior: riego, cisternas, lavadoras		
			Mantener limpia la zona afectada de modo periódico.		
			Concienciación de fuentes contaminantes.		
			Minimizar el uso de herbicidas y fungicidas.		

⁶⁵ Abella A. Cunetas verdes. [En línea]. día de acceso 29 de Abril de 2015. Disponible <http://drenajeurbanosostenible.org/category/cunetas-verdes-2/>

	Educación de todos los agentes implicados en el diseño y mantenimiento.	
--	---	--

Tabla 4. Selección de sistema.

Fuente: Autoría Zaida Esperanza Acuña

En la Tabla 4. Selección de sistema. Se realizó un cuadro en donde se evaluaron cada uno de los "SUDS". Teniendo en cuenta sus características para determinar su viabilidad de implementación en el Municipio de Nechí.

9. DISEÑO A IMPLEMENTAR

En este capítulo se encuentra el diseño conceptual definitivo del SUDS para ser implementado en el municipio de Nechí, el cual tiene como objetivo principal controlar las inundaciones, aprovechando al máximo los recursos hídricos de tal forma que permita proyectar a futuro una reutilización de aguas para el uso doméstico de los mismos

Teniendo como base lo desarrollado anteriormente se encuentra que Nechí es una población que posee diferentes tipos de problemas sociales y económicos, que dificultan la implementación de sistemas urbanos de drenaje como los pozos de infiltración y las zanjas filtrantes. Por ende las soluciones planteadas en este estudio de factibilidad, es la suma de diferentes implementaciones de acciones enfocadas al manejo desde el origen tanto de las aguas lluvias, como de los comportamientos culturales de la misma población del municipio de Nechí para llegar a obtener resultados óptimos al respecto.

Estrategias de evaluación para la implementación de los sistemas de drenaje Urbano sostenible en el municipio de Nechí.

Las estrategias que se avalúan para alcanzar dichos objetivos, son:

9.1 Caracterización de la problemática para la implementación de los SUDS.

CARACTERIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA PARA LA IMPLEMENTACION DE UN SUDS		
Característica	Descripción	Observación
Pobreza.	El 90,3% de la población de Nechí, se encuentra en condiciones de miseria, y un 97,5% de su población en condiciones de pobreza. ⁶⁶	Teniendo en cuenta las condición económicas del municipio, la implementación de un Sistema Urbano de Drenaje Sostenible económicamente es viable si el estado determina adjudicar más recursos a las obras de regulación de inundaciones y mejoras de infraestructura ya que se debe garantizar que la combinación beneficio vs costo sea óptima para la implementación del mismo.
Acueducto.	El acueducto llega a un 38% de las viviendas, esta agua no tiene ningún tratamiento óptimo para ser consumida por la población del municipio ⁶⁷ .	Sin contar con un sistema de suministro de agua potable, los problemas de salubridad en la población de Nechí aumentan considerablemente.
Tratamiento de Aguas residuales.	Este municipio no cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales,	La no existencia de un sistema de tratamiento de aguas residuales hace que los habitantes de la población estén obligados a darle un mal manejo a las aguas residuales provenientes de estos, causando problemas como contaminación de los ríos, llenado de aguas negras las calles del municipio en temporadas de inundaciones.
Sistemas de recolección de basuras.	Este municipio no cuenta con un adecuado sistema de recolección de basuras y un adecuado manejo de las mismas.	Esto es una de las principales razones de la contaminación que se ve reflejada en la población y en el municipio, ya que sin un sistema de recolección de basuras los habitantes se ven obligados a dejar sus residuos en lugares inapropiados, causando el taponamiento de los desagües presentes en algunos sectores del municipio.

⁶⁶Línea estratégica de inclusión social gobernación de Antioquia .[En línea]. día de acceso 29 de Abril de 2015. Disponible http://antioquia.gov.co/Plan_de_desarrollo_2012_2015/PDD_FINAL/PDD_FINAL/8%20Linea_4.pdf

⁶⁷Plan de desarrollo municipio de Nechí 2012 – 2015 .[En línea]. día de acceso 29 de Abril de 2015. Disponible <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/nechiantioquiapd2012-2015.pdf>

Zona rural y zona urbana.	El 52% habitan la zona urbana y el 48% lo comprende la zona rural con 11.205 habitantes. ⁶⁸	La diferencia porcentual de los tipos de poblaciones tanto la urbana como la rural no es significativa lo que indica un parámetro de las áreas permeables que se encuentran en este municipio, para con ello tener un criterio de selección del sistema indicado, ya que las áreas permeables con un 48% del municipio, quiere decir que gran parte del municipio absorbe directamente las aguas provenientes de la lluvia del ciclo hidrológico, para atenuar las consecuencias que esta trae se debe realizar pozos de infiltración donde se absorba y se contenga el agua desde su fuente inicial.
---------------------------	--	---

Tabla 5. Caracterización de la problemática para la implementación de un SUDS.

Fuente: Autoría Zaida Esperanza Acuña

En la Tabla 5. Caracterización de la problemática para la implementación de un SUDS. Se realizó un cuadro en donde se evaluaron cada una de las características del sector, teniendo en cuenta los problemas presentes en el municipio de Nechí.

⁶⁸ Plan de desarrollo municipio de Nechí 2012 – 2015 .[En línea]. día de acceso 29 de Abril de 2015. Disponible <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/nechiantioquiapd2012-2015.pdf>

9.2 Almacenar para reutilización:

Con la captación de aguas lluvias y su respectivo almacenamiento se propone utilizar estos recursos en usos que no requieren agua potable como la jardinería, baños, etc., por medio de tanques de almacenamiento.

9.3 Paisajismo:

Se presenta esta propuesta para el aprovechamiento de los espacios y aumentar la calidad ambiental mejorando la apariencia del municipio de Nechí- Mojana sucreña por medio de zanjas verdes para promover y conservar la apariencia natural del sector.

9.4 Infraestructura:

Los elementos más adecuados para este ítem son las plantas ya que permiten recuperar las funciones de evapotranspiración “perdida de la humedad de una superficie junto con la pérdida del agua por transpiración de la vegetación.”⁶⁹, además por sus características actúan como elemento filtrante de la contaminación del agua.

9.5 Mejoramiento de la calidad del agua:

Se tiene como objetivo realizar un pre-tratamiento antes de la infiltración y detención del agua por medio de la filtración, esto permite determinar usos más provechosos para el agua almacenada y así mismo obtener su mayor provecho, gracias a los avances tecnológicos que se han encontrado para los SUDS.

9.6 Prevención de inundaciones.

De acuerdo a sus características como la redistribución del escurrimiento y la captura de agua precipitada, los niveles de inundación deben ser mínimos, ya que se cuenta con el almacenamiento de las aguas y la reutilización de las mismas determinado por la selección de alguno de los SUDS expuestos en este proyecto.

9.7 Reducción de escorrentía y caudales.

⁶⁹ Molina T. Evapotranspiración. [En línea]. Día de acceso 29 de Abril de 2015. Disponible <http://es.wikipedia.org/wiki/Evapotranspiraci%C3%B3n>

Reduciendo las áreas impermeables de las zonas urbanas del municipio de Nechí de tal forma que se reduzcan los volúmenes de caudal del sector por medio de pavimento asfáltico poroso.⁷⁰

Teniendo en cuenta todas cada una de las características descritas anteriormente, se encuentra la problemática no solo se fundamenta en el manejo de aguas tanto potables como residuales, también posee características que se convierten en un inconveniente a la hora de la implementación de un sistema de drenaje urbano sostenible. Estas variables generan un impedimento para llevar a cabo el proyecto por ende la solución que se da debe ser de forma integral, analizando desde la educación de la población como el manejo de aguas lluvias residuales disposición de desechos entre otros.

Encontramos una solución viable a los problemas de potabilización y consumo de agua que así mismo se puede usar para el uso óptimo y buen manejo del aguas lluvias en la población del municipio de Nechí, a continuación se ilustrara el sistema a implementar el cual se fundamenta en la recolección de las aguas lluvias y las cuales pasan por un filtro de arena, para que esta agua tratada sea apta para el consumo por parte de los habitantes del sector.

9.8 Diseño conceptual del sistema de prevención de inundaciones a partir del almacenamiento de aguas lluvias para su implementación en las viviendas en el municipio de Nechí.

El sistema se basa en la recolección de las aguas lluvias de los techos de las viviendas para ser almacenada en tanques y luego tratada en un filtro de arena, para con ello combatir dos problemáticas identificadas anteriormente:

- Captación de Aguas Lluvias para mitigar inundaciones: Con el manejo del agua lluvia y disposición en tanques de almacenamiento se atenúa de forma directa las inundaciones ya que el agua que caería en la tierra del municipio provocando inundaciones, se almacenaría en tanques.
- Carencia de un sistema de acueducto: Con tanques de reserva que cumplan la función de almacenar y filtrar el agua para que sea óptima para el consumo humano, se puede solucionar en gran parte el sistema de acueducto del municipio de Nechí ya que este sistema garantizaría, que cada casa contara con un sistema de almacenamiento de agua y filtro de la misma.

9.1 Partes del sistema

- **Captación**

⁷⁰ Mora R. Reducción de escorrentía superficial.[En línea]. día de acceso 29 de Abril de 2015. Disponible <http://www.geologia.ucr.ac.cr/reduccion%20escorrentia.pdf>

Es el paso inicial para todo el sistema de implementación, ya que este tiene como objeto realizar la recolección directa de las aguas lluvias, para ellos se utiliza la superficie del techo de cada una de las viviendas a intervenir, su función es recolectar el agua de lluvia; el techo debe ser de un material preferiblemente teja cerámica, o zinc, el área de captación debe considerar un tamaño adecuado para que pueda suplir la demanda, así como también una pendiente ideal (5%) para que el agua pueda escurrir hasta los canales de conducción.⁷¹

Los materiales de la superficie del techo de captación, deben tener características que eviten el desprendimiento de sustancias que puedan perjudicar la calidad física del agua (olores y colores). De igual modo deben impedir el desarrollo de microorganismos que generen contaminación del agua a recolectar. Se debe evitar que los techos de captación generen sedimentos y propician el crecimiento de agentes patógenos.

- **Recolección y conducción**

Este proceso se realiza mediante una canaleta, encargada de transportar el agua recolectada a un tanque de almacenamiento esta conducción se realiza mediante tubería PVC.

Estas canaletas pueden ser susceptibles a taponamientos por materiales orgánicos, por ende se debe realizar la instalación de mayas que eviten la entrada de hojas, palos, y otros elementos que puedan obstruir el paso del agua. Se recomendó el uso de aluminio, PVC, y recursos naturales de la zona para la elaboración de estos sistemas de conducción.⁷²

- **Bajantes**

Es la tubería de PVC que conduce el agua captada por el techo y canalizada por las canaletas al tanque de almacenamiento y al tanque interceptor. Se recomiendan que estas bajantes estén debidamente ancladas a un soporte para que no colapsen y desprendan y con ello el sistema falle.⁷³

⁷¹ Cartilla Instalación de un sistema de captación y filtrado de aguas lluvias en el municipio de El Charco, Nariño. Sistema de captación y filtrado de aguas lluvias. [en línea]. día de acceso 10 de mayo de 2015 Disponible. [vhttps://docs.google.com/file/d/0B-yt6Dw6KnXySF90clhHaXILUEU/edit](https://docs.google.com/file/d/0B-yt6Dw6KnXySF90clhHaXILUEU/edit)

⁷² Nombre del autor. Cartilla Instalación de un sistema de captación y filtrado de aguas lluvias en el municipio de El Charco, Nariño. Sistema de captación y filtrado de aguas lluvias. [en línea]. Día de acceso 10 de mayo de 2015. Disponible. [vhttps://docs.google.com/file/d/0B-yt6Dw6KnXySF90clhHaXILUEU/edit](https://docs.google.com/file/d/0B-yt6Dw6KnXySF90clhHaXILUEU/edit). Organizar todas las referencias que tengan este problema.....esto ya se los había indicado

⁷³ Cartilla Instalación de un sistema de captación y filtrado de aguas lluvias en el municipio de El Charco, Nariño. Sistema de captación y filtrado de aguas lluvias. [en línea]. día de acceso 10 de mayo de 2015 Disponible. [vhttps://docs.google.com/file/d/0B-yt6Dw6KnXySF90clhHaXILUEU/edit](https://docs.google.com/file/d/0B-yt6Dw6KnXySF90clhHaXILUEU/edit)

- **Tanque interceptor inicial**

Es un tanque instalado en la parte inferior de la bajante, en donde se recolecta el agua canalizada por la cubierta, la cual puede ser utilizada para el aseo de baños, pisos y otros usos diferentes al consumo humano. La función de este tanque es recolectar la mayor parte de impurezas que están dentro del sistema de captación.⁷⁴

- **Conexión al tanque**

Por medio de tubería PVC, se conecta al tanque una T que su función es desviar el agua hacia el punto de salida (purga), para este diseño se podría realizar una optimización con la implementación de una válvula de cierre rápido que optimice el desvío del agua.⁷⁵

- **Tanque de recolección**

La recolección de aguas lluvias captadas, se debe realizar en tanques los cuales deben cumplir con ciertos parámetros:

- Impermeables: Con ello evitar pérdidas bien sea por goteo o transpiración
- Herméticos: Con ello evitar contaminación, la proliferación de insectos que perjudican las condiciones del agua.
- Accesible: Asegurar el acceso para realizar mantenimientos y la limpieza del mismo.⁷⁶

- **Tanque filtro**

Es un tanque con arena fina para filtración lenta el cual mejora las condiciones órgano-lépticas del agua.

⁷⁴ Cartilla Instalación de un sistema de captación y filtrado de aguas lluvias en el municipio de El Charco, Nariño. Sistema de captación y filtrado de aguas lluvias. [en línea]. día de acceso 10 de mayo de 2015 Disponible. [vhttps://docs.google.com/file/d/0B-yt6Dw6KnXySF90clhHaXILUEU/edit](https://docs.google.com/file/d/0B-yt6Dw6KnXySF90clhHaXILUEU/edit)

⁷⁵ Cartilla Instalación de un sistema de captación y filtrado de aguas lluvias en el municipio de El Charco, Nariño. Sistema de captación y filtrado de aguas lluvias. [en línea]. día de acceso 10 de mayo de 2015 Disponible. [vhttps://docs.google.com/file/d/0B-yt6Dw6KnXySF90clhHaXILUEU/edit](https://docs.google.com/file/d/0B-yt6Dw6KnXySF90clhHaXILUEU/edit)

⁷⁶ Cartilla Instalación de un sistema de captación y filtrado de aguas lluvias en el municipio de El Charco, Nariño. Sistema de captación y filtrado de aguas lluvias. [en línea]. día de acceso 10 de mayo de 2015 Disponible. [vhttps://docs.google.com/file/d/0B-yt6Dw6KnXySF90clhHaXILUEU/edit](https://docs.google.com/file/d/0B-yt6Dw6KnXySF90clhHaXILUEU/edit)

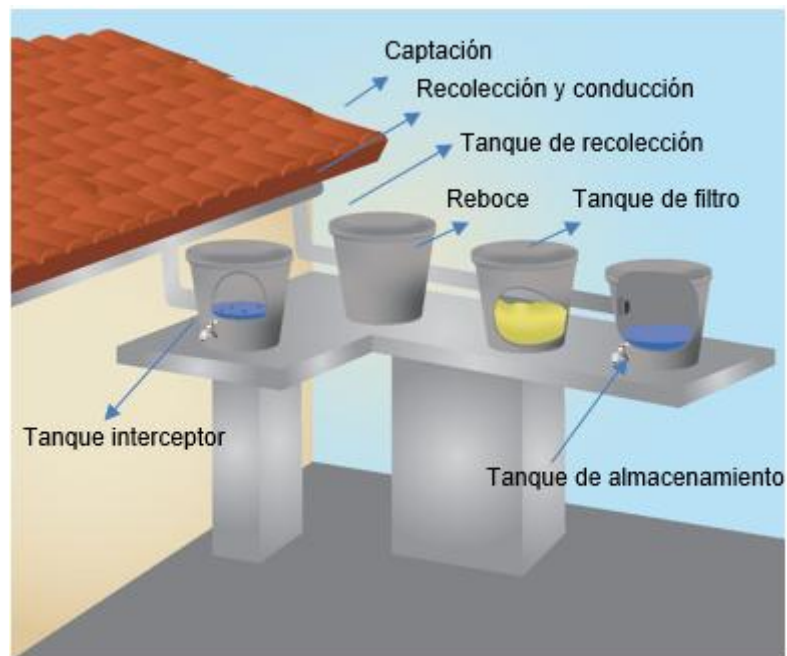
La filtración lenta con arena es un proceso simple. El proceso consiste en filtrar el agua no tratada por medio de una cama de arena, el agua entra a la superficie del filtro y luego se drena por el fondo y ya es apta para el consumo humano.⁷⁷

El filtro consta de un tanque, una capa de grava que soporta la arena, para recoger el agua filtrada y un regulador de flujo para controlar la velocidad de filtración. Ningún químico es añadido para facilitar el proceso de filtración.⁷⁸

- **Tanque almacenamiento**

Tanque de almacenamiento de agua tratada cumple con la función de almacenar agua filtrada. Es aconsejable adicionar un proceso de cloración por medio de pastillas de cloro.⁷⁹

Ilustración 19. Pre diseño del “SUDS”.



Fuente: Autoría de Juan Pablo Muñoz Rodríguez

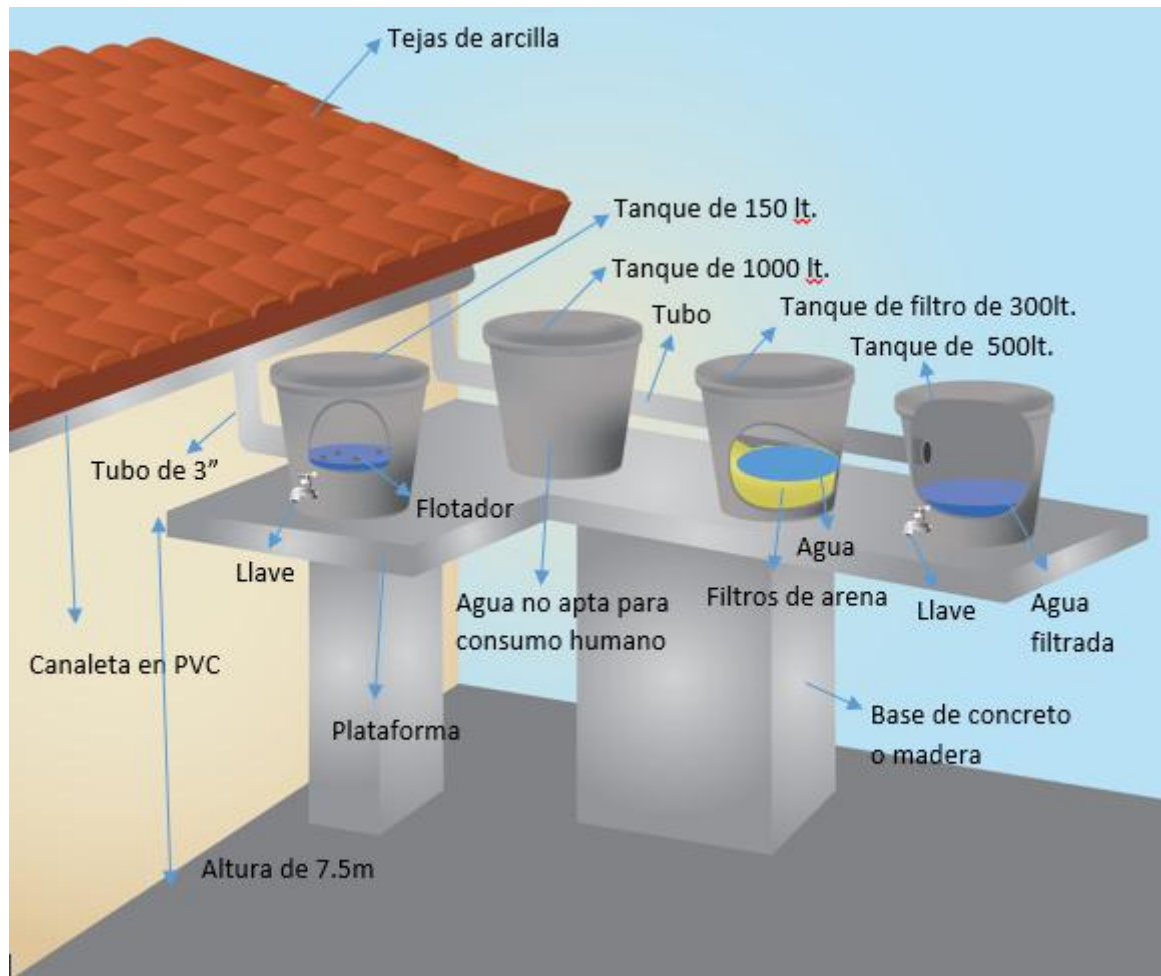
⁷⁷Tecnología en brave PUBLISHED BY THE NATIONAL ENVIRONMENTAL SERVICES CENTER [En línea]. 10 de mayo de 2015 Disponible en Internet: http://www.nesc.wvu.edu/pdf/dw/publications/ontap/2009_tb/spanish/slow_sand_filtration_DWFSOM143.pdf

⁷⁸ [En línea]. 10 de mayo de 2015 Disponible en Internet: http://www.nesc.wvu.edu/pdf/dw/publications/ontap/2009_tb/spanish/slow_sand_filtration_DWFSOM143.pdf

⁷⁹ Cartilla Instalación de un sistema de captación y filtrado de aguas lluvias en el municipio de El Charco, Nariño. Sistema de captación y filtrado de aguas lluvias. [en línea]. día de acceso 10 de mayo de 2015 Disponible. <vhttps://docs.google.com/file/d/0B-yt6Dw6KnXySF90clhHaXILUEU/edit>

En la Ilustración 19. Pre diseño del “SUDS”. Se evidencia que en el diseño preliminar se establece la altura de los tanques de 7,55m teniendo en cuenta el dimensionamiento de la vivienda presente en el archivo .dwg anexo a este documento, de esta forma se evitan las inundaciones de los tanques y de sus componentes.

Ilustración 20. Dimensiones del sistema



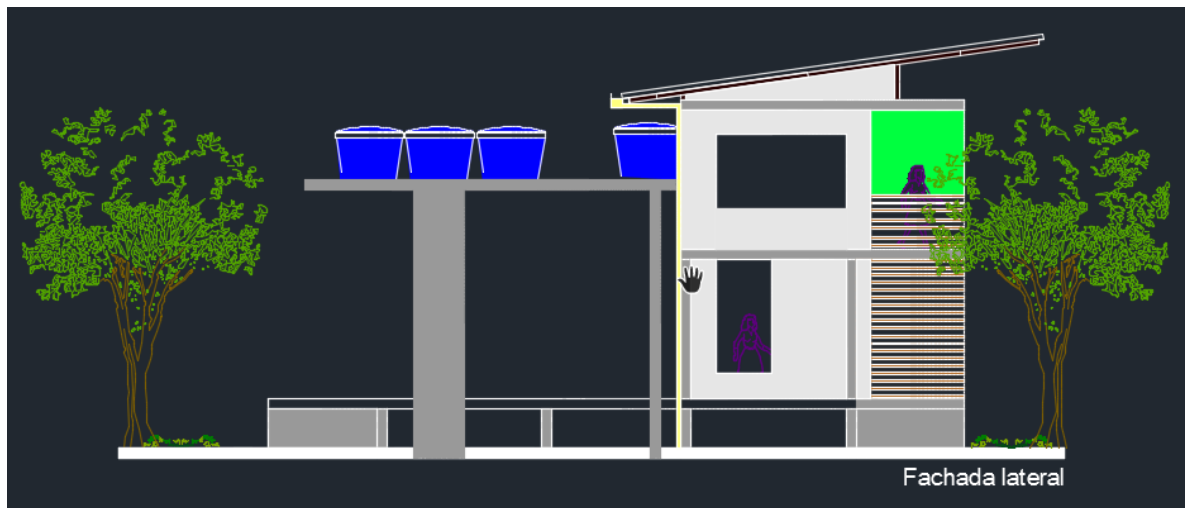
Fuente: diseño preliminar dimensionamiento Autoría Juan Pablo Muñoz Rodríguez

Como lo muestra la **Ilustración 20. Dimensiones del sistema** se ubican en la parte inicial del sistema el tanque de almacenamiento de agua sin tratamiento, iniciando con un tanque de 1000 litros de agua el cual está conectado por una tubería y un codo de media pulgada a dos tanques de filtro de 300 litros.

Los tanques de filtro tienen una capacidad de 300 litros, estos se llenan de 200 kilos de arena fina que ocupa la 2/3 parte del tanque. Se realiza la instalación de velas de carbono activado y plata coloidal que mejoran las características del agua, se debe retirar el pastico de la vela e instalarlas en la estructura de PVC.⁸⁰ En el momento en el que se desee utilizar las velas no se debe introducir ningún tipo de arena al tanque.

Los tanques de almacenamiento de agua filtrada tiene la característica de realizar una conexión con los dos tanques de filtro mediante una tubería de media pulgada de PVC a los dos tanques de agua tratada de 500 litros.

Ilustración 21. Fachada lateral.



Fuente: diseño de SUDS en vivienda Juan Pablo Muñoz Rodríguez

9.2 Ventanas y desventajas del sistema conceptual definitivo.

- Mejora la calidad del agua a utilizar.
- Sistema independiente, para comunidades dispersas y alejadas.
- No requiere energía eléctrica para la operación del sistema.
- Fácil de operar y mantener

⁸⁰ Municipio el Charco Nariño. Sistema de filtración y captación de aguas lluvias.[En línea]. día de acceso 29 de Abril de 2015. Disponible <http://www.ditecoservicios.co/>.

- Puede representar un relativo alto costo de inversión por el valor de los tanques y accesorios.
- Funcional en zonas con lluvias permanentes.
- La calidad del agua debe ser monitoreada con pruebas de laboratorio físico-químicas y microbiológicas.
- Requiere mantenimiento, limpieza permanente de los filtros de arena y desinfección suplementaria.

9.3 Cartilla informativa sobre los sistemas de drenaje urbano sostenible

El objetivo de esta cartilla es dar a conocer los sistemas urbanos de drenaje sostenibles, de tal forma que cualquier ciudadano de Nechí pueda leerla y obtener un concepto general de acuerdo a sus características constructivas y los beneficios que le puede ofrecer a una comunidad.

SISTEMAS DE DRENAJE URBANO SOSTENIBLE
S.D.U.S.
U. CATOLICA

DESCRIPCIÓN
SISTEMAS DE CONTROL DE ORIGEN: Este sistema nos permite controlar el ingreso y desplazamiento de material contaminante al suelo y evitar la escorrentía superficial, dándole una mayor captación e infiltración del agua.

¿QUÉ ES UN SISTEMA DE DRENAJE?
Un Sistema de drenaje es el dispositivo diseñado para recibir, canalizar y evacuar las aguas de forma adecuada.

INTRODUCCIÓN
Los SUDS tiene como función restaurar el ciclo natural del agua, disminuyendo los impactos de los asentamientos poblacionales en cuanto a la cantidad y la calidad del agua lluvia durante su captación, transporte y destino.
Una de las características más importantes de los SUDS es la de promover y maximizar la captación del agua de lluvia por procesos de filtración, elemento fundamental para provocar simultáneamente una retención en origen y el comienzo de la restauración y preservación de la calidad del agua captada.

VENTAJAS DE LOS SUDS
Almacenamiento de aguas para reutilización de las mismas.
Prevenición y control de inundaciones.
Reducción de escorrentía y caudales por parte de aguas lluvias.
Reducen la generación de aguas residuales.

SUDS
Los "SUDS" sistemas urbanos de drenaje sostenible, son sistemas utilizados para la prevención, gestión en transporte y tratamiento previo a una infiltración de aguas.
TIPOS:
Sistemas de control en origen
Sistemas de transporte permeable
Sistemas de tratamiento pasivo.

Esta cartilla nos muestra de forma gráfica algunos tipos de sistemas de drenaje urbano, así mismo hace una descripción a grosso modo de los mismos y las ventajas que estos traen al ser implementados en una población.

9.4 Medidas correctivas

MEDIDAS CORRECTIVAS			
MÉTODO	OBJETIVO	RESULTADOS	
1	Charlas Capacitaciones, hacia toda la población de la importancia y manejo del recurso hídrico, del buen manejo de los desechos, la selección y la correcta disposición de los mismos.	Educar a la población	Mejorar el manejo del recurso hídrico, mejorar el buen manejo de los desechos en todas las actividades de la población. Disminuir la contaminación de las aguas, eliminar la basura de las áreas impermeables, mejorar las condiciones de salubridad para la población, culturizar a los habitantes, generar sentido de pertenencia por el municipio.
2	Implementar un sistema de recolección de basuras generados por esta población.	Controlar las basuras desde su punto de origen hasta su punto de disposición	Eliminar la contaminación de aguas, y zonas habitables de sectores urbanos y rurales. Mejorar la salubridad de los pobladores del municipio.
3	Implementar un sistema de reciclaje, mediante el proceso de selección y re-uso de los desechos generados por esta población.	Disminuir el impacto ambiental, y educar la población mediante un sistema de reciclaje	Generación de trabajo, personal que se dedique al reciclaje y con ello puedan generar trabajo a la población. Optimizar el recurso con la concientización de reciclaje y el re uso de los materiales.
4	Fusionar un sistema de almacenamiento aguas lluvias y potabilización del mismo para con ello solucionar la escases del sistema de acueducto en la población	Abastecer a toda la población, de agua apta para el consumo	Mejora en la salubridad del agua consumida por los habitantes de dicho municipio.

5	Charlas capacitaciones, hacia toda la población de los sistemas de drenaje urbano sostenible.	Educar a la población.	Generar sentido de pertenencia por los sistemas de drenaje urbano para que así mismo la población los cuide mantenga de forma apropiada
---	---	------------------------	---

Medidas correctivas

- Educar a la población mediante charlas capacitaciones continuas y constantes, tanto de los niños como de adultos y adultos mayores, de la importancia del recurso hídrico y su manejo, y del buen manejo de los desechos. La selección y la correcta disposición de los mismos, ocasionados tanto por la población como por las actividades derivadas de la agricultura y la pesca. Enfatizando los resultados obtenidos a corto plazo si esto se realizara de forma adecuada.
- Esto es base fundamental de un cambio ya que educando a la población afectada se realiza un cambio definitivo y contundente en los hábitos de los mismos los cuales serán un generador de mejoras.
- Implementar un sistema de recolección de basuras, esto acompañado de la mano del buen manejo de los mismos por medio del reciclaje, mediante el proceso de selección y re-uso de los desechos generados por esta población.
- La implementación de un sistema de control de reciclaje y de manejo de basuras, es un generador y motor de empleo, dando con ello alternativas de trabajo a todos los habitantes del Municipio de Nechí teniendo como objeto la mejora de la calidad de vida de los pobladores de este municipio.
- Se debe llegar a abastecer a toda la población, de agua apta para el consumo (Acueducto), generando así una mejora en la salubridad del agua consumida por los habitantes de dicho municipio.

Estas son las bases fundamentales a modificar antes de realizar la implementación de un sistema de drenaje urbano que mitigue de cierta forma las afectaciones causadas por las precipitaciones en este sector.

10. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

En el siguiente capítulo se encuentra un análisis de factibilidad del diseño preliminar propuesto para regular las inundaciones en el municipio de Nechí, de esta forma se establecerá la viabilidad del proyecto teniendo en cuenta los factores económicos, sociales, técnicos, ambientales y operativos.

10.1 Diagnostico preliminar del municipio y/o Contexto Organizacional.

La situación actual del municipio de Nechí se describe a continuación:

El municipio de Nechí hace parte del departamento de Antioquia, el cual presenta problemas de inundación en las temporadas de invierno. En este municipio es viable la implementación de un “SUDS” ya que debido a dicha condición. Adicionalmente no cuenta con sistemas de drenaje adecuados y no cuenta con sistema de alcantarillado.

El municipio tiene 10.022 habitantes de los cuales 6.791 se encuentran en la zona rural y 3.231 en la zona urbana.³⁵

10.2 Diseño e implementación del mismo

El diseño a implementar, teniendo en cuenta las características de la población, es la captación de aguas lluvias directamente desde el tejado de cada vivienda, llevándola por canaletas a tanques de almacenamiento ubicados a la misma altura de los techos este sistema se encontrara ubicado en las viviendas ubicadas en todo el perímetro del municipio las cuales capturarán las aguas lluvias.

Esto generara, una recepción y control de los excesos de aguas ocasionadas por las constantes lluvias que se presentan en este municipio. Se mitigaran los daños causados por las constantes inundaciones, con esto se busca crear una alternativa directa de solución a la población, mejorando su calidad de vida.

11.3 Factibilidad tecnica

El diseño expuesto como viable resulta factible en la construcción ya que no afecta el casco urbano, los tanques de almacenamiento se encuentran en todo el perímetro urbano del municipio de acuerdo a los predios estimados para su localización.



● Tanques de almacenamiento y tratamiento de aguas lluvias.

La implementación de este sistema generará una mejora al sistema que posee actualmente la población, una captación de aguas lluvias por medio de tanques de almacenamiento y tratamiento, permitirá en un futuro redirigir el agua almacenada a un gran tanque de almacenamiento fuera del perímetro urbano en el cual se dará un tratamiento óptimo para el consumo humano.

Con los diseños preliminares de los tanques de captación y tratamiento de agua implementados para la zona urbana, la reutilización de aguas lluvias las cuales de ser captadas estarían llegando a cada una de las zonas permeables del municipio serian provechosas para los habitantes del municipio a su vez permitiendo la posibilidad de realizar estadísticas teniendo en cuenta los factores de almacenamiento así como su consumo.

Se concluye que es un diseño factible técnicamente ya que la tecnología existente de los sistemas de drenaje urbano sostenible SUDS se puede ejecutar, así como de esta implementación se generará un cambio positivo a la comunidad, dando así una solución radical a la problemática de inundación, esto se obtiene de las experiencias obtenidas en la caracterización en diferentes países del mundo.

Los materiales empleados en este diseño son las planchas metálicas las cuales son fáciles de instalar y necesitan de pocos cuidados, las tejas de arcilla son elementos poco costosos lo cual es asequible para los habitantes del municipio y son los implementados en este proyecto.

Las canaletas son diseñadas en PVC las cuales son livianas, resistentes al agua y son fáciles de unir, como el municipio de Nechí se encuentra ubicado en una zona de difícil acceso se tienen como alternativa el bambú, la madera y el metal. Los tanques de almacenamiento que se utilizaran serán de mampostería los cuales tienen una capacidad de hasta 500l

10.3 Factibilidad Operativa

Para que el sistema funcione correctamente en su operación, depende directamente de algunos recursos, en los que se encuentra en primera instancia el recurso humano, este será vital en la operación del proyecto. Inicialmente por el cuidado y mantenimiento una vez implementado el sistema, los habitantes de cada vivienda tendrán una capacitación en donde se informará el funcionamiento del sistema así como de sus cuidados.

Cada habitante del municipio que opte por la instalación de los tanques de almacenamiento de agua debe capacitarse para su correcta operación, ya que a gran escala produce un cambio considerable, adicionalmente los habitantes del municipio deben ser conscientes que los tanques de almacenamiento y tratamiento de aguas lluvias hacen parte del sistema que generara beneficios al municipio por ende deben cuidarse y mantenerse.

Para tener como resultado un buen manejo por parte de la población a estos, es indispensable la educación y charlas que se les dé a los habitantes ya que sin ello no existirá ningún generador de cultura lo cual desencadenar un efecto domino y desembocara al mal funcionamiento o daño de los diferentes sistemas implementados en la zona.

Para su correcto funcionamiento se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones.

- El techo de la vivienda debe tener una pendiente de 5% en dirección a las canaletas de aguas lluvias
- Los coeficientes de escorrentía utilizados para el material establecido en el proyecto tejas de arcilla es de 0.90.

El sistema de almacenamiento comienza con el proceso de precipitación del agua, a medida que llega a la cubierta del predio analizado, el caudal receptor es captado por la canaleta, la cual lo transporta hacia la bajante diseñada para evacuar las cargas efectuadas por el peso de la lluvia, ya que, este proceso necesita ser almacenado por medio de tanques de acuerdo al diseño suministrado para intervenir las aguas lluvias, y mediante su proceso de filtración poder reutilizar estos recursos.

El mantenimiento del sistema se debe realizar frecuentemente ya que algún agente externo puede impedir el flujo constante del agua en cualquiera de sus etapas.

10.4 Factibilidad Ambiental

Desde un punto de vista ambiental la implementación de los diferentes sistemas de drenaje a usar en la zona no causaran un efecto de contaminación o un efecto contraproducente en la zona, ya que no son obras invasivas; por el contrario con la implementación de estos sistemas se tendrá una mejora continua del manejo ambiental de este municipio.

Los fundamentos de la implementación de estos sistemas son la capacitación y concientización de los habitantes del municipio a la preservación de dichas obras- Así mismo al manejo adecuado y apropiado de los recursos y desechos.

Como mantenimiento preventivo en el fondo de los tanques se aplicara un recubrimiento que impida la corrosión en el tanque.

Se debe realizar un mantenimiento del tejado semanal para evitar la acumulación de hojas, materia fecal de pájaros o elementos que impidan la circulación del agua hacia las canaletas. Conservar las canaletas en buenas condiciones, revisar si están atadas firmemente al tejado y que estén bien unidas a sus demás componentes para evitar escapes de agua.

Revisar las mallas que se encuentran en las canaletas y a su vez remover el material que evite el flujo constante del agua hacia los tanques de almacenamiento.

De forma paisajística los tanques de almacenamiento no afectaran a la región ya que no son de gran escala y son amigables con el medio ambiente, puesto que su instalación se realiza en el área de la vivienda, y a su vez los materiales como el PVC y el concreto no provocan contaminación.

Se concluye que ambientalmente es factible en un 100% ya que esto no generara afectaciones de gran impacto al sector.

10.5 Factibilidad Social

Socialmente los sistemas a implementar traerán consigo mejoras drásticas de las cuales se verán beneficiados completamente cada uno de los habitantes del municipio de Nechí. Inicialmente se controlaran las aguas lluvias provenientes de los techos de cada vivienda lo que desencadenan en gran parte las inundaciones por medio de los tanques de almacenamiento.

Dentro de la propuesta se encuentra la implementación del manejo de residuos y desechos de forma óptima mediante, la creación de un sistema de recolección de basuras y reciclaje de residuos lo cual es un beneficio directo a la comunidad, ya que será un motor de empleo y con ello se generara un ambiente más salubre para los habitantes del sector.

Las mejoras que se desencadenaran con esta implementación serán muy buenas socialmente, ya que se mitigara la problemática tanto de inundaciones, como de manejo de basuras y de la cobertura del sistema de acueducto esto por medio de los tanques para filtrar el agua.

En un escenario optimo los habitantes podrán tener en su casa un sistema de filtrado de agua natural y en su municipio un sistema de mitigación de inundaciones.

De acuerdo al análisis realizado anteriormente, se puede observar que es un proyecto factible desde el nivel técnico, operativo, ambiental y social, desde que se cuente con la inclusión de la población y la buena disposición de la misma. La ejecución de este denotaría un cambio significativo para la sociedad de esta comunidad ya que se estarían mitigando varios problemas de forma simultánea, todos con el objetivo de generar una mejor calidad de vida para la población del municipio de Nechí.

11. CONCLUSIONES

Se realizó una caracterización de la Mojana, específicamente del Municipio de Nechí, (Antioquia), teniendo en cuenta aspectos geográficos, ambientales y económicos. Esto con la finalidad de medir el impacto que causan las inundaciones en dicha región, de los cuales, “destacamos las condiciones de pobreza y miseria”**¡Error! Marcador no definido..** Adicionalmente se tiene carencias de sistemas de alcantarillado de aguas lluvias y negras, manejo de basuras y el abastecimiento de agua potable a su población.

Se elaboró un estado del arte capaz de demostrar los avances tecnológicos que se han venido presentando a nivel mundial en el tema de sistemas urbanos de drenaje sostenible, en donde se evidencio que es una de las mejores alternativas actuales para controlar las inundaciones a un menor costo de implementación; dicha recopilación y análisis sirve como punto de partida para la creación de nuevos sistemas capaces de interactuar con los ecosistemas en Colombia.

El Municipio no cuenta con una base de datos actualizada, capaz de suplir las necesidades de los usuarios que deseen indagar sobre las medidas de precaución que se han implementado en el Municipio de Nechí para mitigar las inundaciones.

El producto final de esta investigación radica en un diseño preliminar de un SUDS capaz de almacenar el agua de escorrentía por vivienda, y que sea dirigido a un tanque de almacenamiento, que en un futuro será reutilizable para beneficio de los habitantes del sector.

Se elaboró una cartilla informativa sobre los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible, ya que la comunidad no está relacionada con las nuevas tendencias de prevención de inundaciones a nivel mundial.

La Universidad Católica de Colombia cuenta con programas de investigación capaces de fomentar la participación activa de sus estudiantes, permitiéndoles conocer problemáticas nacionales y sus diferentes alternativas de solución.

Gracias a el estudio de factibilidad se determinó que la implementación de un SUDS es adecuado para la comunidad del municipio de Nechí ya que la propuesta es viable y beneficia a sus habitantes. Aprovechando los recursos naturales y evitando las posibles inundaciones que se presenten en el sector, a su vez identifico que en el plan de manejo de la Alcaldía de Nechí se deben adjudicar más dineros a los temas de infraestructura para que el impacto económico en los habitantes del sector no sea alto.

12. BIBLIOGRAFÍA

Abella, A. Cunetas verdes. [En línea]. Día de acceso 29 de Abril de 2015. Disponible <http://drenajeyurbanosostenible.org/category/cunetas-verdes-2/>.

Alcaldía de Nechí – Sucre. Información general. Nechí, Colombia, [En línea]. Día de acceso 31 de marzo de 2015 Disponible http://Nechí-antioquia.gov.co/mapas_municipio.shtml?apc=bcxx-1-&x=1920807

Aguilera, M. La Mojana riqueza natural y potencial económico. [En línea]. Día de acceso 31 de marzo de 2015. Disponible. http://www.banrep.gov.co/docum/Lectura_finanzas/pdf/DTSER-48.pdf.

Aguilera, M. La Mojana riqueza natural y potencial económico. [En línea]. Día de acceso 31 de marzo de 2015. Disponible http://www.banrep.gov.co/docum/Lectura_finanzas/pdf/DTSER-48.pdf

Aguilera, M. La Mojana riqueza natural y potencial económico. [En línea]. Día de acceso 31 de marzo de 2015 Disponible. http://www.banrep.gov.co/docum/Lectura_finanzas/pdf/DTSER-48.pdf

Alcaldía Municipal de Nechí. Evaluación de riesgo y vulnerabilidad. Viviendas, carrera 27 entre calles 32 y 33. [En línea]. Día de acceso 28 de enero de 2015. Disponible. planeacion@nechi-antioquia.gov.co

Alcaldía de Nechí – Sucre. Información general. Nechí, Colombia. [En línea]. Día de acceso 31 de marzo de 2015. Disponible. http://Nechí-antioquia.gov.co/mapas_municipio.shtml?apc=bcxx-1-&x=1920807

Alconada, M, Bussoni, A. El bio-drenaje para el control del exceso hídrico en Pampa Arenosa, Buenos Aires, Argentina. [En línea]. Día de acceso 7 de enero de 2015. Disponible. <http://www.ejournal.unam.mx/rig/RIG068/RIG000006804.pdf>

Breincó, B. Pavimentos drenantes. [En línea]. día de acceso 29 de Abril de 2015. Disponible <http://www.breincobluefuture.com/es/productos/urban/pavimentos-drenantes/vanoton>.

Bernal, E. El río Magdalena: escenario primordial para la patria. [En línea]. Día de acceso 7 de enero de 2015. Disponible. <http://www.revistacredencial.com/credencial/content/el-r-o-magdalena-escenario-primordial-de-la-patria>

Bárcenas, A. Pozo de Absorción y Zanja de Infiltración. [En línea]. día de acceso 29 de Abril de 2015. Disponible.

<http://blog.distribuidoresrotoplas.com/2014/12/pozo-de-adsorcion-o-zanja-de.html>

Cabrera, E. plan de desarrollo Municipio de Nechí. [En línea]. Día de acceso 31 de marzo de 2015. Disponible

<http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/nechiantioquiapd2012-2015.pdf>

Castro, D, Rodríguez, J, Rodríguez, J, Balleste. Sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS). [En línea]. Día de acceso 5 de febrero de 2015. Disponible.

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33910403>.

Cartilla Instalación de un sistema de captación y filtrado de aguas lluvias en el municipio de El Charco, Nariño. Sistema de captación y filtrado de aguas lluvias. [En línea]. Día de acceso 10 de mayo de 2015 Disponible. <https://docs.google.com/file/d/0B-yt6Dw6KnXySF90clhHaXILUEU/edit>

Climate-date.org. Climograma de Nechí. [En línea]. Día de acceso 31 de marzo de 2015. Disponible <http://es.climate-data.org/location/50345/>.

Climate-date.org. Diagrama de Temperatura- Nechí. [En línea]. Día de acceso 31 de marzo de 2015. Disponible <http://es.climate-data.org/location/50345/>.

Diccionario de la lengua española. Inundación. [En línea]. Día de acceso 7 de enero de 2015. Disponible <http://es.wikipedia.org/wiki/Inundaci%C3%B3n>.

Dirección Nacional de Planeación. Plan Integral de Ordenamiento Ambiental y Desarrollo Territorial de la Región de la Mojana. [En línea]. Día de acceso 31 de marzo de 2015. Disponible. <http://www.ustatunja.edu.co/cong-civil/images/Articulos/-DISENO%20DE%20UNA%20HERRAMIENTA%20PARA%20LA%20ATENCIÓN%20Y%20PREVENCIÓN%20DEL%20RIESGO%20POR%20INUNDACIÓN%20EN%20EL%20MUNICIPIO%20DE%20SAN%20MARCOS%20EN%20EL%20DEPARTAMENTO%20DE%20SUCRE.pdf>

Entrevista realizada por Bajo cauca Noticias a Carlos Mario Aristizabal Director del DAPARD. [En línea]. Día de acceso 7 de Marzo de 2015. Disponible

https://www.youtube.com/watch?v=XkT4mtsar_k

Espitia, J, Páez, N. Diseño de herramienta para la atención y prevención del riesgo por inundación en el Municipio de San Marcos en el departamento de sucre. [En línea]. Día de acceso 31 de marzo de 2015. Disponible <http://www.ustatunja.edu.co/cong-civil/images/Articulos/>

DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA PARA LA ATENCIÓN Y PREVENCIÓN DEL RIESGO POR INUNDACIONES EN EL MUNICIPIO DE SAN MARCOS EN EL DEPARTAMENTO DE SUCRE.pdf.

Fondo de adaptación. [En línea]. Día de acceso 28 de enero de 2015. Disponible <http://sitio.fondoadaptacion.gov.co/index.php/proyecto-la-mojana#>.

García, M. Drenaje. [En línea]. Día de acceso 9 de enero de 2015. Disponible. <http://www.fagro.edu.uy/~hidrologia/riego/Drenaje.pdf>.

Graf, D. Depósito de infiltración. [En línea]. Día de acceso 29 de Abril de 2015. Disponible http://www.construnario.com/notiweb/27541/graf-ejecuta-sumayor-deposito-de-infiltracion-de-aguas-pluviales-en-espana#.VSCRrY6G_X4.

Graf, D. Zanja Drenantes. [En línea]. Día de acceso 29 de Abril de 2015. Disponible http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/Acondicionamiento_del_terreno/Red_de_saneamiento_horizontal/Drenajes/Zanja_drenante.html.

Gossain, J. La Mojana la tierra del diluvio. [En línea]. Día de acceso 7 de enero de 2015. Disponible. <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-12865614>.

IDEAM. Reporte de áreas afectadas por inundaciones 2010-2011 resumen 1-5. [En línea]. Día de acceso 28 de enero de 2015. Disponible <http://www.icde.org.co/alfresco2.1-5.1.1.1/d/d/workspace/SpacesStore/579700f5-2d5c-11e0-a033-4bd5c2c86419/REPORTE%20No.%201%20Enero%206%20de%202011.pdf>.

IDEAM. Eventos e inundaciones. [En línea]. Día de acceso 28 de enero de 2015. Disponible https://www.siac.gov.co/images/dinamicas/SIAC/Agua/Inundaciones/20120508_Map_Z_Sucep_In un_Antioquia.jpg.

ONU. Informe Brundtland Nuestro Futuro Común (ONU, 1987). Desarrollo Sostenible. [En línea]. Día de acceso 7 de enero de 2015. Disponible. <http://www.santboi.cat/agenda21/castellano/accesibilidad/1b.htm>.

Martínez, A. Caracterización socioeconómica de los sistemas de producción de la región de La Mojana en el Caribe de Colombia. [En línea]. Día de acceso 31 de marzo de 2015. Disponible <http://www.scielo.org>.

Mora, R. Reducción de escorrentía superficial. [En línea]. Día de acceso 29 de Abril de 2015. Disponible <http://www.geologia.ucr.ac.cr/reduccion%20escorrentia.pdf>.

Perales, M. Los sistemas urbanos de drenaje sostenible en la hidrología urbana. [En línea]. Día de acceso 7 de enero de 2015. Disponible

<http://www.adta.es/actuaciones/agua/2011%2006%2015%20SistemasUrbanosDrenajeSostenible.pdf>.

RAE. Agua. [En línea]. Día de acceso 7 de enero de 2015. Disponible. <http://lema.rae.es/drae/?val=agua>.

RAE. Ecosistema. [En línea]. Día de acceso 7 de enero de 2015. Disponible. <http://lema.rae.es/drae/?val=ecosistema>.

RAE. Medio Ambiente. [En línea]. Día de acceso 7 de enero de 2015. Disponible. http://es.wikipedia.org/wiki/Medio_ambiente.

Rodríguez J. Sistemas urbanos de drenaje sostenible. [En línea]. Día de acceso 7 de enero de 2015. Disponible www.caminospaisvasco.com/Profesion/Publicaciones%20de%20nuestros%20colegiados/suds.

Scodelaro F.6 soluciones de infraestructura verde para problemas urbanos. [En línea].Día de acceso 29 de Abril de 2015. Disponible <http://blogs.iadb.org/ciudadessostenibles/2014/06/10/6-soluciones-de-infraestructura-verde/>

Semadeni-Davies A.The impacts of climate change and urbanisation on drainage in Helsingborg, Sweden: Combined sewer system [En línea].Día de acceso 27 de Abril de 2015 .Disponible. <http://www.journals.elsevier.com/journal-of-hydrology>.

Sitio oficial de Nechí en Antioquia. [En línea].Día de acceso 31 de marzo de 2015 Disponible. http://nechi-antioquia.gov.co/mapas_municipio.shtml?apc=bcxx-1-&x=1920807

Tecnología en brave PUBLISHED BY THE NATIONAL ENVIRONMENTAL SERVICES CENTER [En línea].Día de acceso 10 de mayo de 2015 Disponible en Internet: http://www.nesc.wvu.edu/pdf/dw/publications/ontap/2009_tb/spanish/slow_sand_filtration_DWFSOM143.pdf

The free dictionary. Vertiente. [En línea].Día de acceso 7 de enero de 2015.Disponible. <http://es.thefreedictionary.com/vertiente>.

Tragsa. Sistemas Urbanos de drenaje sostenible. [En línea].Día de acceso 29 de Abril de 2015.Disponible <http://www.dina-mar.es/pdf/suds.pdf>

Ushiña Sistema de drenaje. [En línea].Día de acceso 7 de enero de 2015.Disponible.
<http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/7444/1/Tesis%20790%20-%20Pumisacho%20Ushi%C3%B1a%20Katty%20Cristina%20%20.pdf>

Visita técnica proyecto. Doctorado Paula Villegas Día de acceso 7 de marzo de 2015.

Wikipedia. Contaminación Difusa. [En línea].Día de acceso7 de enero de 2015.
Disponible .http://es.wikipedia.org/wiki/Contaminaci%C3%B3n_difusa