

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

**“SOLUCIÓN A LA VULNERABILIDAD VIAL, URBANA Y FLUVIAL  
PRODUCIDA POR INUNDACIONES EN LA CUENCA DEL RÍO  
CHIMBO”**

**PROYECTO INTEGRADOR**

Previa a la obtención de:

**INGENIERO CIVIL**

Presentado por:

**GUILLERMO ALFONSO ESTUPIÑAN CHAW  
MIGUEL EDUARDO VERGARA ALVAREZ**

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

**AÑO – 2016**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, a mis padres por haberme dado amor y educación, un hogar donde crecer para equivocarme, desarrollarme, aprender y donde adquirí los valores que hoy definen mi vida, a mis hermanas, familia y amigos que siempre fueran un pilar importante para seguir adelante.

Guillermo Alfonso Estupiñán Chaw

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por todas las bendiciones que me ha dado a lo largo de la vida, a mis padres por inculcarme valores para crecer como ser humano y estar siempre cuando los necesitaba, a mis hermanos y amigos por su constante apoyo en este camino.

Miguel Eduardo Vergara Álvarez.

## DEDICATORIA

Este proyecto es dedicado especialmente a mis padres por todo el amor y apoyo que me han brindado siendo siempre los motivos de superación al igual que mis hermanas, dedicado también a todas las personas que siempre me prestaron su ayuda y compañía a lo largo de mi vida.

Guillermo Alfonso Estupiñán Chaw

## DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a mis padres y hermanos que con su apoyo he superado todos los obstáculos que he tenido en la vida. También a todas las personas que de alguna u otra manera me han ayudado en este camino.

Miguel Eduardo Vergara Álvarez.

# TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

---

Ing. Miguel Chávez M., M.Sc. Ph.D  
DIRECTOR DE PROYECTO

---

Ing. Alby Aguilar P., M.Sc.  
COORDINADORA DE INGENIERÍA CIVIL

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral “

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

---

Guillermo Estupiñán Chaw

---

Eduardo Vergara Álvarez

## RESUMEN

El actual proyecto presenta alternativas que van desde lo comunitario, local, regional o nacional hasta una solución a una problemática que se puede presentar en cualquier país de la región andina, con enfoques innovadores vinculando sostenibilidad, gestión del riesgo, desarrollo social y propuestas técnicas como un conjunto para resolver la vulnerabilidad vial, urbana y fluvial en función de las inundaciones.

Se utilizaron varios softwares como CIVIL 3D, HidroSta, HEC RAS, ArcGis entre otros, enfocando el proyecto en varios campos de ingeniería civil, como hidrología e hidráulica en las soluciones de la cuenca, sanitario en el diseño del alcantarillado, caminos y carreteras en el diseño del pavimento así como sistemas de información geográfica al momento de delimitar la cuenca.

Las alternativas radicarán básicamente en reducir el riesgo de inundaciones en la red vial que conecta los cantones Milagro, Yaguachi y Naranjal solucionando dicha vulnerabilidad vial, rehabilitar o ampliar el cauce del río para evitar desbordamientos e inundaciones eliminando la vulnerabilidad fluvial y por último implementar diseños para mejorar la calidad de vida del sector de la Parroquia 5 de Junio de Milagro mediante un alcantarillado pluvial

que desfogue los altos niveles de escorrentía y un pavimento que permita dicho transporte de manera eficiente, resolviendo la problemática técnica y social del sector.

## ÍNDICE GENERAL

|  | Pág.  |
|--|-------|
| RESUMEN .....  | VIII  |
| ÍNDICE GENERAL.....  | X     |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....   | XIII  |
| ÍNDICE DE TABLAS .....   | XVI   |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS .....   | XVIII |
| INDICE DE ECUACIONES .....   | XIX   |
| CAPÍTULO 1 .....   | 1     |
| 1 INTRODUCCIÓN.....  | 1     |
| 1.1. Antecedentes.....   | 3     |
| 1.1.1 Datos Generales del Cantón Milagro .....   | 3     |
| 1.1.2 Datos Generales del río Chimbo .....   | 5     |
| 1.1.3 Desastres naturales ocurridos en la zona .....                                   | 5     |
| 1.1.4 Descripción de Proyectos Anteriores .....  | 11    |
| 1.2. Objetivos.....  | 12    |
| 1.1.5 Objetivo General .....   | 12    |
| 1.1.6 Objetivos Específicos.....   | 13    |
| 1.3. Información a utilizar .....  | 13    |
| 1.1.7 Cartas Topográficas del IGM .....  | 13    |
| 1.1.8 Planos.....  | 17    |
| 1.1.9 Datos Hidrológicos .....   | 17    |
| 1.4. Impactos en zonas cercanas al Río Chimbo en el Fenómeno del Niño de<br>1997 ..... | 18    |
| CAPÍTULO 2 .....   | 21    |
| 2 INFORMACIÓN GENERADA.....  | 21    |
| 2.1 Clima y procesos del Rio Chimbo.....   | 21    |
| 2.1.1 Clima .....  | 21    |
| 2.1.2 Estructuras en el rio .....  | 22    |
| 2.1.3 Extracción de Arena de Río.....  | 25    |
| 2.1.4 Arrastre y Acumulación de Sedimentos .....                                       | 26    |
| 2.1.5 Erosión natural del cauce .....  | 27    |
| 2.2 Geología .....   | 27    |
| 2.3 Topografía de la zona .....  | 29    |
| 2.3.1 Pendiente Longitudinal del Cauce.....  | 30    |
| 2.3.2 Acumulación de sedimentos.....   | 30    |
| 2.3.3 Secciones irregulares .....  | 31    |
| 2.4 Estudio de Suelo .....   | 34    |
| 2.4.1 Registros de Perforaciones.....  | 34    |
| 2.4.2 Ensayos de laboratorio .....   | 36    |
| 2.5 Geotécnica.....  | 37    |
| 2.5.1 Interpretación de los sondeos.....   | 37    |

|                 |   |     |
|-----------------|---|-----|
| 2.6             | Delimitación de la Cuenca de drenaje del Rio Chimbo.....                                    | 40  |
| 2.7             | Parámetros de la cuenca de drenaje.....   | 41  |
| 2.7.1           | Parámetros Generales.....   | 41  |
| 2.7.2           | Parámetros de forma.....  | 42  |
| 2.7.3           | Parámetros de relieve.....  | 44  |
| 2.7.4           | Parámetros de la red de drenaje.....  | 45  |
| 2.8             | Análisis hidrológico de la cuenca.....  | 47  |
| 2.8.1           | Análisis de Precipitaciones.....  | 47  |
| 2.8.2           | Determinación de Caudales.....  | 58  |
| 2.8.3           | Formula de Sandoval.....  | 58  |
| 2.8.4           | Fórmula de Verni-King.....  | 61  |
| 2.8.5           | Fórmula de Témez.....   | 62  |
| 2.8.6           | Caudal mínimo y caudal ecológico.....   | 62  |
| 2.8.7           | Comparación de caudales obtenidos.....  | 63  |
| 2.8.8           | Comparación de caudales con registros de estaciones.....                                    | 64  |
| 2.9             | Análisis Hidráulico con software.....   | 66  |
| 2.10            | Vulnerabilidad.....   | 70  |
| 2.10.1          | Vulnerabilidad en zona de estudio.....  | 70  |
| 2.10.2          | Vulnerabilidad en función de inundaciones.....  | 71  |
| 2.10.3          | Vulnerabilidad actual.....  | 74  |
| 2.10.4          | Vulnerabilidad Futura.....  | 75  |
| 2.11            | Problemáticas de la zona estudio.....   | 75  |
| 2.11.1          | Parroquia situada en llanura de inundación.....   | 76  |
| 2.11.2          | Plantaciones y cultivos afectados por crecidas del rio.....                                 | 76  |
| 2.11.3          | Obstrucción en Presa aguas arriba.....  | 76  |
| 2.11.4          | Perfiles irregulares en cauce del rio.....  | 77  |
| 2.11.5          | Presencia de islotes en el cauce natural.....   | 77  |
| 2.11.6          | Deslizamientos de taludes.....  | 77  |
| 2.11.7          | Sobre dragado en zonas del rio.....   | 78  |
| CAPÍTULO 3..... |   | 79  |
| 3               | ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....   | 79  |
| 3.1             | Informe de la Estimación de Riesgo en la Parroquia Coop. 5 de Junio del Cantón Milagro..... | 79  |
| 3.1.1           | Situación General.....  | 79  |
| 3.1.2           | Identificación de Peligros.....   | 87  |
| 3.1.3           | Análisis de la Vulnerabilidad.....  | 92  |
| 3.1.4           | Calculo del Riesgo.....   | 101 |
| 3.2             | Planteamiento de alternativas para resolver la problemática.....                            | 102 |
| 3.3             | Diseño de Sistema de Alcantarillado Pluvial.....  | 103 |
| 3.3.1           | Periodo de Diseño.....  | 103 |
| 3.3.2           | Areas de Drenaje.....   | 104 |
| 3.3.3           | Caudales de Diseño.....   | 105 |
| 3.3.4           | Diseño de Pavimento Suelo-Cemento mediante método PCA (Portland Concrete Association).....  | 112 |
| 3.4             | Creación de elemento prismático de protección en represa existente.....                     | 122 |
| 3.5             | Alternativa: Rehabilitación del cauce.....  | 124 |
| 3.6             | Alternativa: Ensanchamiento del cauce.....  | 127 |

|                                      |   |     |
|--------------------------------------|---|-----|
| 3.7                                  | Alternativa: Construcción de diques en las márgenes del río. .... | 130 |
| 3.8                                  | Valoración de Parámetros Ambientales .....                        | 134 |
| 3.8.1                                | Descripción de la línea base.....                                 | 134 |
| 3.8.2                                | Actividades a evaluar.....  | 136 |
| 3.8.3                                | Evaluación de la Situación Ambiental .....                        | 137 |
| 3.9                                  | Estimación del presupuesto .....                                  | 144 |
| 3.10                                 | Elección de la alternativa .....                                  | 147 |
| 3.10.1                               | Ventajas .....  | 147 |
| 3.10.2                               | Restricciones.....  | 148 |
| 3.10.3                               | Comparación.....  | 152 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... |   | 154 |
| CONCLUSIONES.....                    |   | 154 |
| RECOMENDACIONES .....                |   | 157 |
| BIBLIOGRAFÍA .....                   |   | 160 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  | Pág. |
|--|------|
| <b>Figura 1.1:</b> Trayectoria del Río Chimbo en el Cantón Milagro.....  | 4    |
| <b>Figura 1.2:</b> Proyectos en Estudio de Senagua en el país.....   | 12   |
| <b>Figura 1.3:</b> Índice de las Cartas Topográficas en el Ecuador.....  | 14   |
| <b>Figura 1.4:</b> Cartas Topográficas a usar para el Proyecto. ....   | 15   |
| <b>Figura 1.5:</b> Mapa de Estaciones Meteorológicas. ....   | 18   |
| <b>Figura 2.1:</b> Mapa de temperaturas Máximas y Mínimas en Febrero 2016.....   | 22   |
| <b>Figura 2.2:</b> Modelo 3D de Presa existente aguas arriba del proyecto.....   | 23   |
| <b>Figura 2.3:</b> Presa compuesta por aliviadero y con compuertas rectangulares. ....   | 23   |
| <b>Figura 2.4:</b> Balance de Estación Milagro.....  | 24   |
| <b>Figura 2.5:</b> Aliviadero aguas arriba que desfoga al Río Taura, junto a presa<br>compuerta que continua al Río Chimbo. .... | 25   |
| <b>Figura 2.6:</b> Vistas de represa con compuertas existente aguas arriba. ....   | 25   |
| <b>Figura 2.7:</b> Excavadora extrayendo material en el Río Chimbo. ....   | 26   |
| <b>Figura 2.8:</b> Litología del cantón Milagro y Mapa Geológico del Ecuador. ....   | 28   |
| <b>Figura 2.9:</b> Maquinaria participando en extracción de arena en el rio.....   | 31   |
| <b>Figura 2.10:</b> Perfil 10, lado izquierdo del talud un poco más recostado obtenido con<br>software HEC-RAS. ....             | 32   |
| <b>Figura 2.11:</b> Secciones aguas arriba vista desde imagen de Google Satellite. ....  | 32   |
| <b>Figura 2.12:</b> Perfil 7, lado derecho del talud un poco más recostado obtenido con<br>software HEC-RAS. ....                | 33   |
| <b>Figura 2.13:</b> Secciones aguas abajo vista desde imagen de Google Satellite.....  | 33   |
| <b>Figura 2.14:</b> Perfil tipo III taludes con misma pendiente obtenido con software HEC-<br>RAS. ....                          | 34   |
| <b>Figura 2.15:</b> Perforación 1 realizada en el sitio del proyecto de la derivadora.....                                       | 35   |
| <b>Figura 2.16:</b> Perforación 2 realizada en el sitio del proyecto de la derivadora.....                                       | 35   |
| <b>Figura 2.17:</b> Perfil geológico como resultado de las perforaciones. ....   | 36   |
| <b>Figura 2.18:</b> Vista de la cuenca hidrográfica del río Chimbo. ....   | 40   |
| <b>Figura 2.19:</b> Ubicación de Demarcaciones Hidrográficas.....  | 41   |
| <b>Figura 2.20:</b> Delimitación de cuenca en software ArcGis. ....  | 42   |
| <b>Figura 2.21:</b> Nacimiento del Río Chimbo en las faldas del Volcán Chimborazo. ....  | 45   |
| <b>Figura 2.22:</b> Precipitaciones históricas mensual en abril de 1981-2014. ....   | 48   |
| <b>Figura 2.23:</b> Precipitación histórica mensual de enero-abril en el período 1984-2014.<br>.....                             | 48   |
| <b>Figura 2.24:</b> Cuenca del Río Chimbo con estaciones meteorológicas más cercanas.<br>.....                                   | 49   |
| <b>Figura 2.25:</b> Mapa de estaciones cercanas a zona de estudio. ....  | 50   |
| <b>Figura 2.26:</b> Interfaz y pantalla de inicio de Software HidroEsta. ....  | 51   |
| <b>Figura 2.27:</b> Interfaz de Calculo por polígonos de Thiessen. ....  | 56   |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Figura 2.28:</b> Polígonos de Thiessen generados en la cuenca del Río Chimbo. ....   | 57  |
| <b>Figura 2.29:</b> Curva generada por Estación Chimbo AJ Milagro. ....   | 65  |
| <b>Figura 2.30:</b> Interfaz de análisis en Hec-Ras. ....   | 67  |
| <b>Figura 2.31:</b> Vista de perfil rehabilitando el cauce del río. ....  | 67  |
| <b>Figura 2.32:</b> Vista de perfil ensanchando el cauce del río. ....  | 68  |
| <b>Figura 2.33:</b> Vista Superior del río Chimbo cerca de Parroquia 5 de Junio. ....   | 68  |
| <b>Figura 2.34:</b> Vista del Puente cercano a la parroquia 5 de Junio. ....  | 69  |
| <b>Figura 2.35:</b> Perfil actual del Río Chimbo en una de las mediciones de campo. ....  | 69  |
| <b>Figura 2.36:</b> Dirección del río Chimbo, aguas abajo hacia la parroquia. ....  | 70  |
| <b>Figura 2.37:</b> Esquema de Análisis para Vulnerabilidad en función de Inundaciones.<br>.....  | 70  |
| <b>Figura 3.1:</b> Letrero en el puente sobre el Río Chimbo en la Coop. 5 de Junio. ....  | 80  |
| <b>Figura 3.2:</b> Litología en la zona de estudio y Mapa Geológico del Ecuador. ....   | 83  |
| <b>Figura 3.3:</b> Poste de alumbrado público y cables de energía eléctrica en el sector. ....  | 84  |
| <b>Figura 3.4:</b> Imagen satelital de la Coop. 5 de Junio. ....  | 86  |
| <b>Figura 3.5:</b> Río Chimbo a orillas de la Coop. 5 de Junio en época de verano donde<br>el nivel del mismo es bajo. ....                               | 88  |
| <b>Figura 3.6:</b> Calles de la Coop. 5 de Junio, material de pavimento pobre y con<br>desechos alrededor. ....   | 90  |
| <b>Figura 3.7:</b> Calles sin aceras y bordillo, no poseen sistema de alcantarillado. ....  | 93  |
| <b>Figura 3.8:</b> Resumen de índices de estabilidad por alternativa. ....  | 102 |
| <b>Figura 3.9:</b> Representación de alternativas para el presente proyecto. ....   | 103 |
| <b>Figura 3.10:</b> Mapa de Zonificación de Intensidades de Precipitación. ....   | 107 |
| <b>Figura 3.11:</b> Topografía de Parroquia 5 de Junio (Google Satellite, Curvas de Nivel<br>en Civil 3D, Modelo Digital de Elevaciones con ArcGis). .... | 109 |
| <b>Figura 3.12:</b> Separación de curvas de nivel 1m curvas secundarias y cada 5 metros<br>curvas principales. ....                                       | 110 |
| <b>Figura 3.13:</b> Curva de Intensidad - Duración para zona de estudio. ....   | 111 |
| <b>Figura 3.14:</b> Incremento de la resistencia con la edad, especímenes de laboratorio.<br>.....  | 113 |
| <b>Figura 3.15:</b> Carta para diseño de espesores para suelo-cemento granular. ....  | 120 |
| <b>Figura 3.16:</b> Esquema del pavimento diseñado. ....  | 122 |
| <b>Figura 3.17:</b> Acumulación de ramas y cobertura vegetal en la represa existente. ....  | 123 |
| <b>Figura 3.18:</b> Palizada en la represa. ....  | 123 |
| <b>Figura 3.19:</b> Animación de la presa existente. ....   | 124 |
| <b>Figura 3.20:</b> Animación de la presa con estructura de protección. ....  | 124 |
| <b>Figura 3.21:</b> Sección donde se encuentra el puente. ....  | 126 |
| <b>Figura 3.22:</b> Sección del cauce en el perfil 5. ....  | 126 |
| <b>Figura 3.23:</b> Sección del cauce en el perfil 12. ....   | 126 |
| <b>Figura 3.24:</b> Perfil longitudinal del río. ....   | 127 |
| <b>Figura 3.25:</b> Tramo del cauce del río Chimbo. ....  | 127 |
| <b>Figura 3.26:</b> Sección donde se encuentra el puente. ....  | 128 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Figura 3.27:</b> Sección del cauce en el perfil 5. ....                                       | 128 |
| <b>Figura 3.28:</b> Sección del cauce en el perfil 12. ....                                      | 129 |
| <b>Figura 3.29:</b> Perfil longitudinal del río. ....  | 129 |
| <b>Figura 3.30:</b> Tramo del cauce del río Chimbo. ....   | 129 |
| <b>Figura 3.31:</b> Representación de alternativas para el presente proyecto. ....               | 132 |
| <b>Figura 3.32:</b> Elementos que forman un dique. ....  | 133 |
| <b>Figura 3.33:</b> Resumen de parámetros ambientales. ....                                      | 143 |
| <b>Figura 3.34:</b> Presupuesto del sistema de alcantarillado para la parroquia 5 de Junio. .... | 144 |
| <b>Figura 3.35:</b> Presupuesto del pavimentado de las calles en la parroquia 5 de Junio. ....   | 145 |
| <b>Figura 3.36:</b> Presupuesto del ampliación del cauce, Alternativa 1. ....                    | 145 |
| <b>Figura 3.37:</b> Presupuesto para la Rehabilitación del cauce, Alternativa 2. ....            | 146 |
| <b>Figura 3.38:</b> Presupuesto para la construcción de diques, Alternativa 3. ....              | 146 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   | Pág. |
|---|------|
| <b>Tabla I:</b> Fenómeno de El Niño en los últimos 50 años. ....  | 6    |
| <b>Tabla II:</b> Pérdidas económicas en el Ecuador por El Niño 1997-98. ....                              | 10   |
| <b>Tabla III:</b> Datos referenciales de estaciones utilizadas. ....                                      | 16   |
| <b>Tabla IV:</b> Datos referenciales de estaciones utilizadas. ....                                       | 16   |
| <b>Tabla V:</b> Impactos Socioeconómicos en zona del Río Chimbo. ....                                     | 19   |
| <b>Tabla VI:</b> Daños en la agricultura y amenazas asociadas a los mismos. ....                          | 20   |
| <b>Tabla VII:</b> Asentamientos humanos afectados. ....   | 20   |
| <b>Tabla VIII:</b> Interpretación de sondeo de Perforación #1. ....                                       | 38   |
| <b>Tabla IX:</b> Interpretación de sondeo de Perforación #2. ....   | 39   |
| <b>Tabla X:</b> Parámetros generales de la Cuenca del Río Chimbo. ....                                    | 41   |
| <b>Tabla XI:</b> Detalle de estaciones meteorológicas convencionales distribuidas en el país. ....        | 47   |
| <b>Tabla XII:</b> Estaciones Meteorológicas usadas para obtención de datos. ....                          | 49   |
| <b>Tabla XIII :</b> Precipitaciones máximas mensuales y por año con datos faltantes. ....                 | 52   |
| <b>Tabla XIV:</b> Estimación de datos faltantes. ....   | 52   |
| <b>Tabla XV:</b> Distribución Gumbel de estación. ....  | 53   |
| <b>Tabla XVI :</b> Cálculo de variables probabilísticas. ....   | 54   |
| <b>Tabla XVII:</b> Cálculo de precipitaciones diarias con corrección a diferente tiempos de retorno. .... | 54   |
| <b>Tabla XVIII :</b> Coeficientes para las relaciones a la lluvia de duración 24 horas. ....              | 55   |
| <b>Tabla XIX:</b> Precipitación máxima Pd por tiempos de duración. ....                                   | 55   |
| <b>Tabla XX:</b> Intensidad de lluvia a partir de Pd según duración y frecuencias en [mm/hr]. ....        | 55   |
| <b>Tabla XXI:</b> Resumen de Precipitación máxima diaria y frecuencia por polígonos de Thiessen. ....     | 57   |
| <b>Tabla XXII:</b> Caudales máximos con diferentes metodologías. ....                                     | 63   |
| <b>Tabla XXIII:</b> Datos para obtener curva generada Q vs H. ....  | 65   |
| <b>Tabla XXIV:</b> Elementos afectados por inundaciones en el año 2015 (Enero – Junio). ....              | 72   |
| <b>Tabla XXV:</b> Elementos afectados por inundaciones en el año 2015 (Julio – Diciembre). ....           | 72   |
| <b>Tabla XXVI:</b> Resumen de infraestructura afectada en el año 2015. ....                               | 73   |
| <b>Tabla XXVII:</b> Población Potencialmente Amenazada en el Ecuador. ....                                | 74   |
| <b>Tabla XXVIII:</b> Población Potencialmente Amenazada en Provincia del Guayas. ....                     | 75   |
| <b>Tabla XXIX:</b> Niveles, descripción y valores de las zonas de peligro. ....                           | 90   |
| <b>Tabla XXX:</b> Vulnerabilidad Ambiental y Ecología. ....   | 94   |
| <b>Tabla XXXI:</b> Vulnerabilidad Física. ....  | 95   |
| <b>Tabla XXXII:</b> Vulnerabilidad Económica. ....  | 96   |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Tabla XXXIII:</b> Vulnerabilidad Social. ....  | 97  |
| <b>Tabla XXXIV:</b> Vulnerabilidad Cultural e Ideológica. ....  | 98  |
| <b>Tabla XXXV:</b> Vulnerabilidad Política. ....  | 99  |
| <b>Tabla XXXVI:</b> Vulnerabilidad Científica y Tecnológica. ....   | 100 |
| <b>Tabla XXXVII:</b> Vulnerabilidad Total en la Parroquia 5 de Junio. ....                                | 100 |
| <b>Tabla XXXVIII:</b> Matriz de Peligro y de Vulnerabilidad. ....   | 101 |
| <b>Tabla XXXIX:</b> Coeficiente de Escurrimiento (C) según el tipo de Superficie. ....                    | 106 |
| <b>Tabla XL:</b> Coeficiente de Escurrimiento (C) según el tipo de zonificación. ....                     | 106 |
| <b>Tabla XLI:</b> Cálculo de Intensidad de Precipitación. ....  | 108 |
| <b>Tabla XLII:</b> Intervalos entre curvas de nivel. ....   | 110 |
| <b>Tabla XLIII:</b> Propiedades Estructurales Básicas del Suelo–Cemento. ....                             | 112 |
| <b>Tabla XLIV:</b> Relaciones entre tipos de Suelos y Valores de Soporte. ....                            | 116 |
| <b>Tabla XLV:</b> Tasas anuales de crecimiento de tráfico y factores de proyección correspondientes. .... | 117 |
| <b>Tabla XLVI:</b> Factores de Fatiga representativos para pavimentos de tráfico ligero. ....             | 118 |
| <b>Tabla XLVII:</b> Espesores de Superficie Bituminosa. ....  | 121 |
| <b>Tabla XLVIII:</b> Coeficientes de rugosidad para varias superficies de canales abiertos. ....          | 125 |
| <b>Tabla XLIX:</b> Velocidades máximas recomendadas. ....   | 130 |
| <b>Tabla L:</b> Matriz de Impacto Ambiental para alternativa de Ampliación. ....                          | 137 |
| <b>Tabla LI:</b> Matriz de Impacto Ambiental Cualitativa de alternativa de Ampliación. ...                | 141 |
| <b>Tabla LII:</b> Tabla Comparativa para elección de alternativa. ....                                    | 152 |

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

|   | Pág. |
|---|------|
| <b>Gráfico 1.1:</b> Número de desastres naturales ocurridos en el Fenómeno de El Niño 1982-83. .... | 8    |
| <b>Gráfico 1.2:</b> Impacto de daños en función del PIB en la Comunidad Andina. ....                | 9    |
| <b>Gráfico 3.1:</b> Incremento de la resistencia con la edad.....                                   | 114  |

## INDICE DE ECUACIONES

|  | Pág. |
|--|------|
| <b>Ec. ( 1 ):</b> Índice de Gravelius. ....                        | 43   |
| <b>Ec. ( 2 ):</b> Factor de Forma .....                            | 44   |
| <b>Ec. ( 3 ):</b> Pendiente media del cauce. ....                  | 45   |
| <b>Ec. ( 4 ):</b> Densidad de Drenaje. ....                        | 46   |
| <b>Ec. ( 5 ):</b> Volumen de Precipitaciones anuales .....         | 59   |
| <b>Ec. ( 6 ):</b> Volumen total escurrido .....                    | 59   |
| <b>Ec. ( 7 ):</b> Caudal medio .....                               | 59   |
| <b>Ec. ( 8 ):</b> Módulo específico de escorrentía. ....           | 60   |
| <b>Ec. ( 9 ):</b> Coeficiente de escorrentía.....                  | 60   |
| <b>Ec. ( 10 ):</b> Coeficiente de escorrentía.....                 | 61   |
| <b>Ec. ( 11 ):</b> Caudal por Verni-King .....                     | 61   |
| <b>Ec. ( 12 ):</b> Coeficiente de escorrentía por Verni-King ..... | 62   |
| <b>Ec. ( 13 ):</b> Factor de reducción por simultaneidad. ....     | 62   |
| <b>Ec. ( 14 ):</b> Caudal mínimo o ecológico. ....                 | 62   |

# CAPÍTULO 1

## 1 INTRODUCCIÓN

La vulnerabilidad es una problemática que relaciona los desastres naturales como eventos hidrometeorológicos o geológicos, los cuales son identificados como amenazas, contra los recursos viales, urbanos y naturales, es decir indica niveles de susceptibilidad de dichos recursos frente a las interacciones de los nombrados procesos naturales.

Específicamente el cantón Milagro, se constituye en un territorio donde dichos procesos naturales en especial los hidrometeorológicos como inundaciones y niveles elevados de precipitación generan escenarios de riesgo para los habitantes de las zonas y recursos del cantón.

El cantón Milagro ubicada en el Suroeste de la provincia del Guayas, se compone por numerosos ríos, esteros, suelos fértiles, cultivos y plantíos, actualmente el cantón cuenta con la segunda mayor producción comercial en la provincia solo superada por Guayaquil capital provincial y en cuestión a población ocupa el tercer lugar superada por Guayaquil y Durán.

En lo que respecta al clima y meteorología posee una temperatura anual promedio de 25°C y su precipitación media anual oscila entre los 1350 mm aproximadamente y está asentada entre 8 y 15 m.s.n.m., su red hidrográfica está formada principalmente por el río Milagro y Chimbo ambos afluentes del río Babahoyo.

El cantón Milagro a lo largo de su historia ha sufrido inundaciones y desbordamientos de ríos causados por precipitaciones y fenómenos de corrientes asociados básicamente al Fenómeno del Niño, por lo cual se plantea un proyecto enfocado a control de inundaciones, el cual representa una solución para las condiciones de amenaza y vulnerabilidad de un territorio vinculado principalmente a inundaciones recurrentes y a ciudades asentadas en una extensa llanura de inundación como es el caso del cantón.

La red vial afectada en la zona de estudio son las carreteras E40, E25 y E488, la Coop. 5 de Junio, la parroquia Cone y los ríos Milagro y Chimbo, se plantearán varias alternativas para reducir el nivel de susceptibilidad a daños en los recursos nombrados.

El actual proyecto en control de inundaciones se enfoca en reducir los riesgos en lo que respecta a vulnerabilidad vial como carreteras y puentes, vulnerabilidad urbana tal como parroquias e infraestructura existente cercana

a los márgenes de los ríos y por último vulnerabilidad fluvial es decir al recurso de ríos evitando sus desbordamientos.

## **1.1. Antecedentes**

### **1.1.1 Datos Generales del Cantón Milagro**

El Cantón Milagro está ubicado al este de la provincia del Guayas y posee una extensión de 401 Kilómetros cuadrados. Según los datos del Censo de Población y Vivienda del INEC realizado en 2010, tiene una población de 166.634 habitantes, de los cuales el 80% vive en zonas urbanas y el 20% restante vive en zonas rurales. Su cabecera cantonal es Milagro con una población de 133.508 habitantes y ubicada a 46 kilómetros de la ciudad de Guayaquil.

Limita al norte con el cantón Juján y Simón Bolívar, al Sur con el cantón Yaguachi y Marcelino Maridueña, al Este con el cantón Naranjito y al Oeste con el cantón Yaguachi.

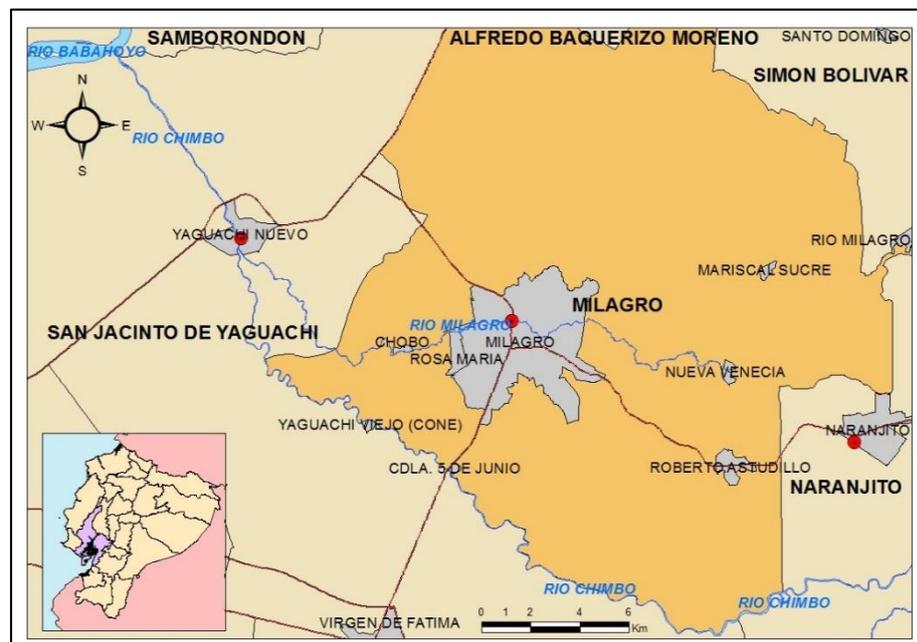
Su división política está estructurada por 4 parroquias urbanas:

- Camilo Andrade Manrique
- Chirijos

- Coronel Enrique Valdez
- Ernesto Seminario Hans

Y 4 parroquias rurales:

- Santa Rosa de Chobo
- Mariscal Sucre
- 5 de Junio
- Roberto Astudillo



**Figura 1.1:** Trayectoria del Río Chimbo en el Cantón Milagro.

**Fuente:** Autores.

### 1.1.2 Datos Generales del río Chimbo

La hoya del río Chimbo es una hoya lateral occidental entre las regiones Costa y Sierra. El río Chimbo nace al norte de la ciudad de Guaranda a 4000 m.s.n.m., en la provincia de Bolívar, de la confluencia de los ríos Guaranda y Salinas. Posee una longitud de unos 136 km hasta la confluencia con el río Chanchan, en la provincia del Guayas, formando el río Yaguachi y su posterior desembocadura en el río Babahoyo.

La flora en el río Chimbo no es tan apreciable, sin embargo sus riberas tienen diversidad de bromelias y orquídeas. En tanto que la fauna se encuentran golondrinas, azulejos, entre otros. La cuenca del Chimbo es prácticamente agrícola, en la que se distingue la producción de caña de azúcar, papa, maní, trigo, etc. En la zona también se encuentran varios yacimientos de sal y azufre.

### 1.1.3 Desastres naturales ocurridos en la zona

Entre los principales desastres naturales ocurridos en el Ecuador, podemos mencionar terremotos, inundaciones, deslizamientos, actividad volcánica. En lo que respecta a inundaciones, el fenómeno de El Niño ha sido el detonante para las mismas a lo largo del tiempo provocando pérdidas humanas y materiales en los diferentes años que ha ocurrido como se puede observar en la **Tabla I**.

**Tabla I:** Fenómeno de El Niño en los últimos 50 años.

| <b>Años</b>    | <b>Evento</b>          | <b>Lugar</b>                | <b>Daños</b>  |
|----------------|------------------------|-----------------------------|---|
| <b>1965</b>    | El Niño (inundaciones) | Costa                       | Pérdidas agrícolas – 5000 damnificados – daños evaluados en 4 millones de dólares   |
| <b>1972-73</b> | El Niño (inundaciones) | Costa                       | Pérdidas agrícolas, daños a carreteras – 30000 damnificados   |
| <b>1982-83</b> | El Niño (inundaciones) | Guayas, Manabí y Esmeraldas | 600 muertos, 650 millones de dólares en pérdidas  |
| <b>1987</b>    | El Niño (inundaciones) | Costa                       | Pérdidas agrícolas – 10000 damnificados (febrero)   |
| <b>1992</b>    | El Niño (inundaciones) | Costa                       | Pérdidas agrícolas – 22 muertos – 205000 personas afectadas – daños evaluados a 20 millones de dólares                    |
| <b>1997-98</b> | El Niño (inundaciones) | Costa                       | 286 muertos – 30000 damnificados – puentes destruidos – carreteras dañadas – impacto socioeconómico serio y a largo plazo |

**Fuente:** Emdat.be Ecuador.

Mencionaremos varios datos de los Fenómenos de El Niño de los años 1982-83 y 1997-98 que son los que han traído impactos más graves al país.

- **Fenómeno del Niño 1982-83**

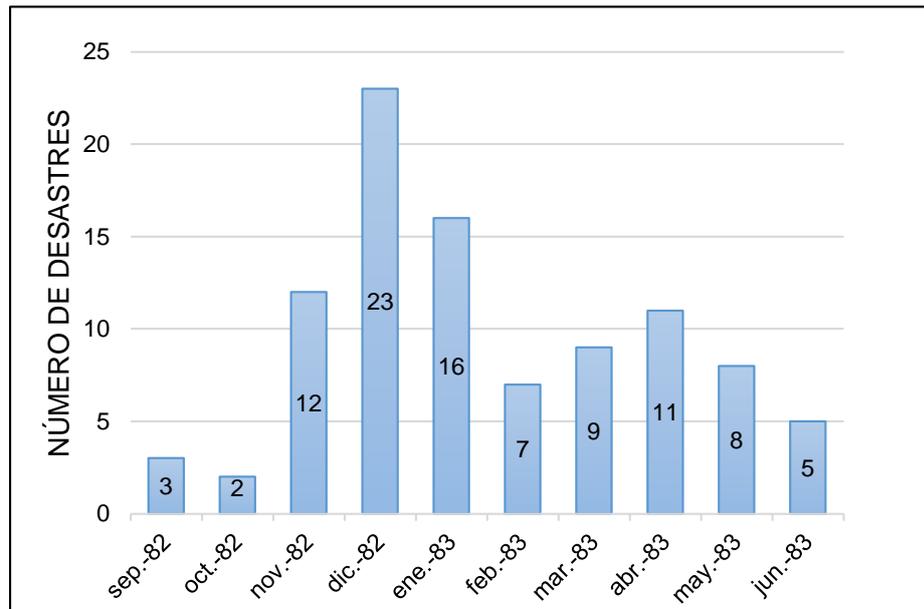
Según datos de la Administración Nacional Oceanográfica y Atmosférica de Estados Unidos (NOAA) este evento duró unos 15 meses comenzando en septiembre de 1982. El gráfico nos demuestra que conforme se incrementa la intensidad del evento, aumentan también el número de desastres, esto ocurrió entre los meses de noviembre de 1982 y febrero del 1983. En Quito se observó mayor afectación, lo que se puede explicar por la existencia de

asentamientos urbanos en las laderas del volcán Pichincha y problemas de alcantarillado en la ciudad.

El Dr. Ramón Mugica, profesor de la Universidad de Piura y quien investigará el fenómeno de El Niño, anunció las anomalías que ocurrirían posteriormente afectando el clima del norte de Perú y, por consiguiente, del Ecuador.

“En 1983 no fue necesario el año entero para llover 45 milímetros, bastaron 45 minutos para llover esa cantidad. En el resto del departamento llovió en forma semejante, e incluso superior, haciendo que las cuencas de los ríos Piura y Chira recibieran un aporte de agua como no se había tenido nunca desde que se registran los caudales de los ríos” mencionaba el doctor Mujica. (Rodríguez Arismendiz, 2013).

El Gráfico 1.1 da una muestra de la cantidad de desastres ocurridos por el Fenómeno de El Niño en el vecino país de Perú para el evento entre 1982 y 1983. Idéntica situación se podría aplicar en nuestro país para ese período.



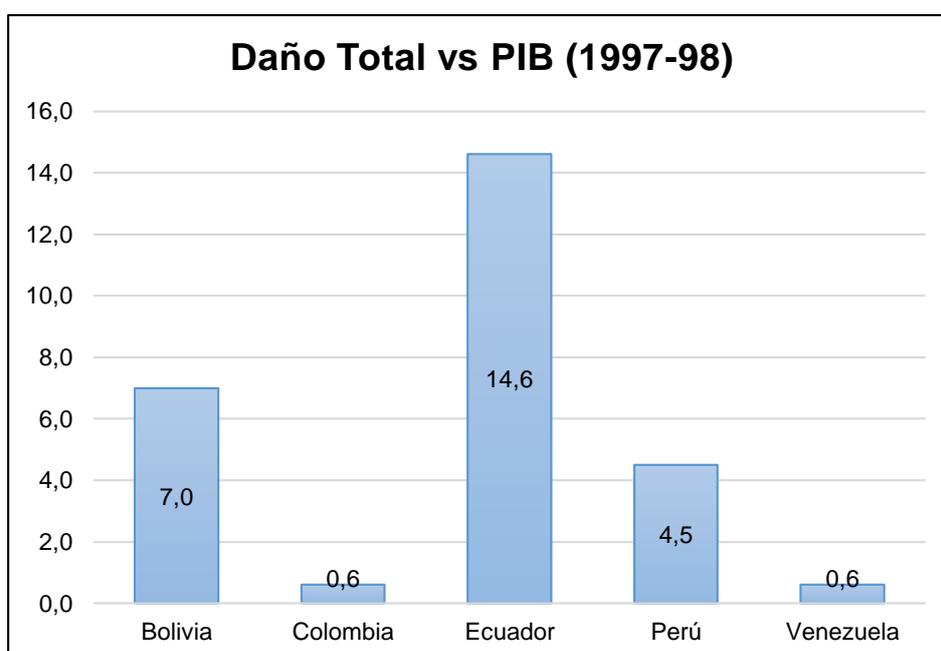
**Gráfico 1.1:** Número de desastres naturales ocurridos en el Fenómeno de El Niño 1982-83.

Fuente: EPN, La Red, IAI (2004).

- **Fenómeno del Niño 1997-98**

La generación de electricidad se vio afectada en las zonas de sequía, haciendo necesario recurrir a la operación de plantas termoeléctricas. En Perú y Ecuador, las inundaciones dañaron dos centrales hidroeléctricas cuya producción también hubo de reemplazarse con base en plantas térmicas. Si bien se evitó con ello el racionamiento, hubo de incurrirse en mayores costos de generación.

Con un incremento de 2 a 5 grados centígrados en la temperatura superficial del mar durante este tiempo (Suárez, 1998), se puede apreciar que las lluvias generadas en la Costa ecuatoriana se deben a este aumento. Para tener una idea de la magnitud de este evento, hubo precipitaciones casi ininterrumpidamente desde Enero de 1997 a mayo de 1998 con picos mensuales de lluvias que superan lecturas de eventos anteriores.



**Gráfico 1.2:** Impacto de daños en función del PIB en la Comunidad Andina.  
**Fuente:** Jovel, 2001.

Hubo desbordamientos en ríos debido al Fenómeno de El Niño, generando inundaciones, colapso de puentes, vías e incluso muertes. En la región, Ecuador fue el país que más pérdidas económicas tuvo en daños debido al Fenómeno del Niño de 1997, como se puede

observar en el **Gráfico 1.2**, llegando a cerca del 15% del Producto Interno Bruto del país. Aproximadamente se perdieron 2650.8 millones de dólares entre sectores como infraestructura, social, producción, entre otros. (CEPAL, 1998).

**Tabla II:** Pérdidas económicas en el Ecuador por El Niño 1997-98.

| <b>Concepto</b>                 | <b>Pérdidas Totales<br/>En millones de dólares</b> |
|---------------------------------|--|
| <b>Sector Social</b>            | <b>192.2</b>                                       |
| - Vivienda                      | 152.6  |
| - Salud                         | 19.5   |
| - Educación                     | 20.1   |
| <b>Infraestructura</b>          | <b>830.7</b>                                       |
| - Agua y Alcantarillado         | 17.1   |
| - Energía y electricidad        | 19   |
| - Transporte terrestre (Vías)   | 786.8  |
| - Infraestructura Urbana        | 7.8  |
| <b>Sector Productivo</b>        | <b>1291.9</b>                                      |
| - Agropecuario y pesca          | 1019.9   |
| - Industria, Comercio y Turismo | 272  |
| <b>Otros</b>                    | <b>330</b>   |
| <b>TOTAL</b>                    | <b>2650.8</b>                                      |

Fuente: CEPAL, 1998.

En los últimos meses se han producido lluvias en la zona, este intenso temporal ha llevado a desbordamientos de los ríos Chimbo, Milagro, El Mono y el estero Berlín. Esto ha provocado, según datos de la Secretaría de Gestión de Riesgos, que muchos sectores de la ciudad de Milagro y sus alrededores como Margarita 2, Las Palmas Sur, entre otras, se inunden. Incluso muchas comunidades han quedado incomunicadas debido a los desbordamientos.

Situaciones como estas se agravaron en este último año pero han sido la constante en los meses de lluvias en la zona provocando muchas veces pérdidas de cosecha, afectando la actividad comercial de la zona.

#### 1.1.4 Descripción de Proyectos Anteriores

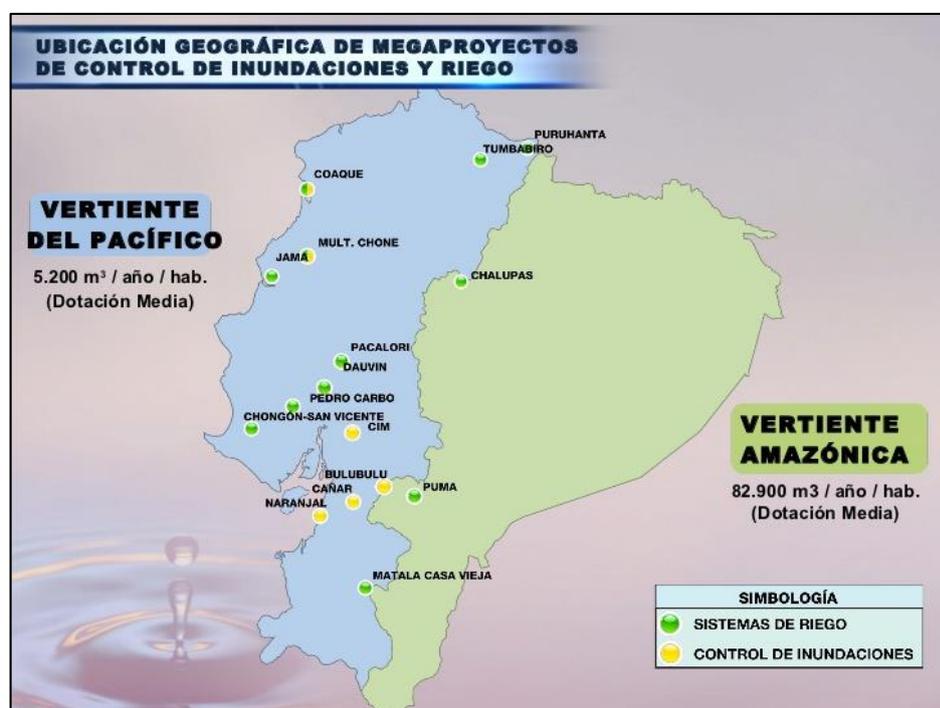
En el año 2004 se hicieron estudios para el control de inundaciones en Milagro y el directorio de la CEDEGE aprobó la realización del proyecto para dar una solución permanente de las inundaciones que afectan a la población de la Ciudad y sus sectores agrícolas.

Se planificó la construcción de un gran colector de aguas lluvias ubicadas a lo largo de una Avenida, por esta razón se requería ejecutar un gran colector que por motivos topográficos se dividió en 2 tramos. La estación de bombeo se localizaba antes de la descarga de las aguas del estero Las Damas en el río Milagro.

La Senagua en el año 2012 suscribió la consultoría para la fiscalización del Control de Inundaciones Milagro, Guayas. Estaba previsto que el proyecto de control de inundaciones Milagro estuviera listo para diciembre de 2016. Mientras que el monto de los trabajos en las cuencas y microcuencas

hidrográficas, ascendía a \$ 15'607.200, el mismo que estará listo en 30 meses.

(Andes, 2012)



**Figura 1.2:** Proyectos en Estudio de Senagua en el país.

**Fuente:** (Senagua, 2013).

## 1.2. Objetivos

### 1.1.5 Objetivo General

- Implementar alternativas para eliminar la vulnerabilidad vial, urbana y fluvial en la cuenca del Río Chimbo específicamente en el sector de la Parroquia 5 de junio del cantón Milagro.

### 1.1.6 Objetivos Específicos

- Desarrollar el diseño de un alcantarillado pluvial para eliminar la vulnerabilidad urbana en función de las inundaciones dentro de la Parroquia 5 de junio.
- Implementar el diseño de la pavimentación de la Parroquia 5 de junio para eliminar la vulnerabilidad vial dentro del sitio del proyecto.
- Proyectar alternativas en función del comportamiento hidráulico del Río Chimbo para evitar desbordamientos cumpliendo con los caudales proyectados según las precipitaciones futuras en la zona de estudio del proyecto.

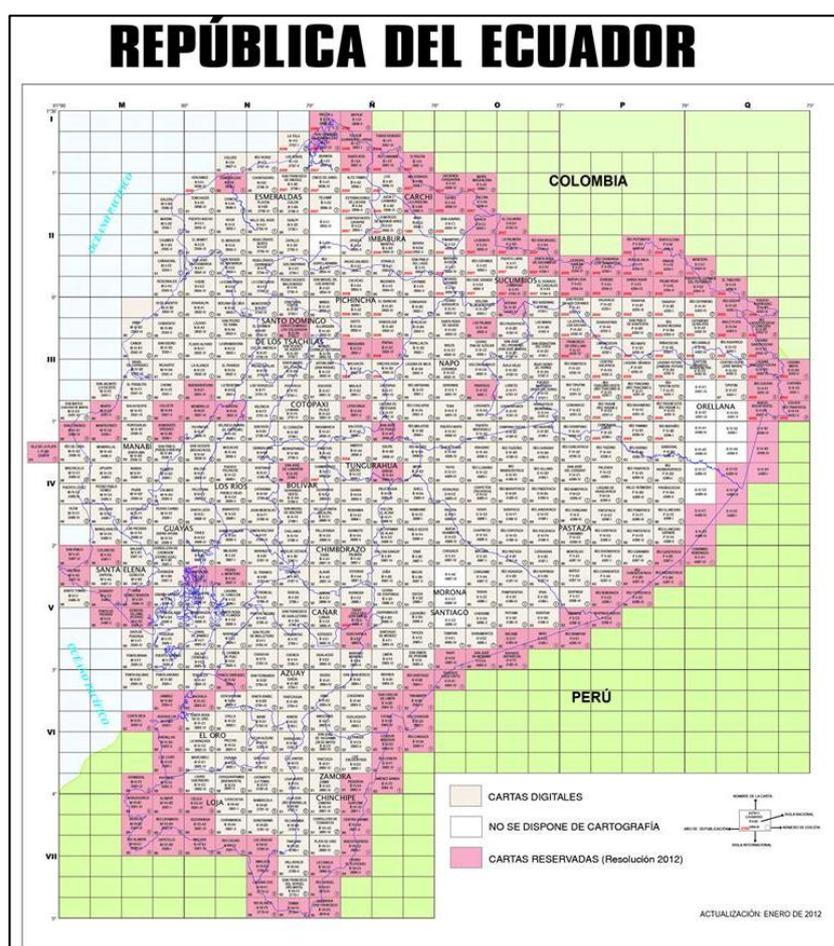
### 1.3. Información a utilizar

Para lograr el presente trabajo se recopiló varios recursos de información entre los cuales se destacan las cartas topográficas para delimitación de la cuenca de estudio, anuarios meteorológicos para el posterior análisis de precipitaciones.

#### 1.1.7 Cartas Topográficas del IGM

La primera fuente de información que se pudo utilizar fueron las Cartas Topográficas que posee el Instituto Geográfico Militar (IGM) en el Geoportal

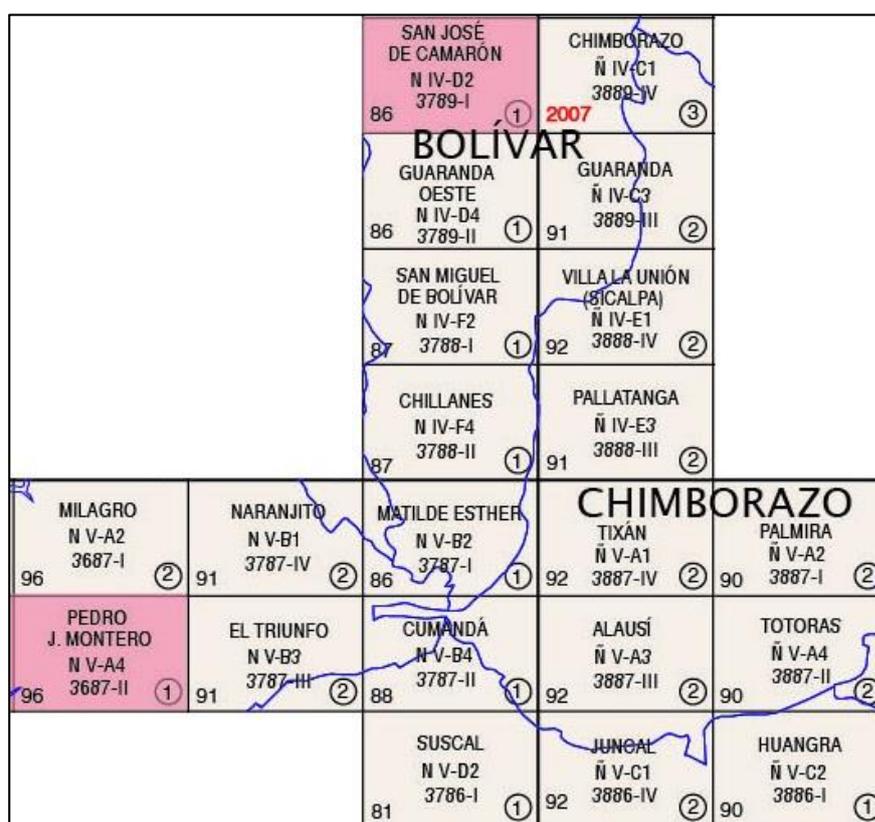
de su página web, esta información es de uso libre y se encuentra en formato Shapefile (.shp) por considerado un estándar para ser usado en varios software de Sistemas de Información Geográfica. El registro de cartas topográficas se ha realizado en todo el territorio ecuatoriano, a escala 1:50000.



**Figura 1.3:** Índice de las Cartas Topográficas en el Ecuador.  
**Fuente:** (IGM, 2016).

Para el proyecto se requirió utilizar datos de 21 Cartas Topográficas del IGM, mostradas en la **Figura 1.3**, que sirvieron para analizar el área de la cuenca Río Chimbo, por esta razón se explica la extensa cantidad de cartas a usar.

También sirvieron para identificar la zona donde se realizará el proyecto, conocer la topografía de la zona, visualizar vías de acceso, carreteras, calles de poblados en las que se presenten los problemas de vulnerabilidad, e inclusive la infraestructura que ya poseen los poblados. Las cartas en color rojo son reservadas y para su uso se debe de tener el permiso respectivo del IGM previo trámite.



**Figura 1.4:** Cartas Topográficas a usar para el Proyecto.

**Fuente:** (IGM, 2016).

En la **Tabla III** se observan los datos de cada una de las 21 Cartas Topográficas utilizadas, entre los que se mencionan el año de la publicación o las siglas de identificaciones, tanto nacionales como internacionales.

**Tabla III:** Datos referenciales de estaciones utilizadas.

| DATOS REFERENCIALES        | CARTAS TOPOGRÁFICAS |           |                  |            |                     |            |                |          |                       |                          |
|----------------------------|---------------------|-----------|------------------|------------|---------------------|------------|----------------|----------|-----------------------|--------------------------|
|                            | Milagro             | Naranjito | Pedro J. Montero | El Triunfo | San José de Camarón | Chimborazo | Guaranda Oeste | Guaranda | San Miguel de Bolívar | Villa La Unión (Sicalpa) |
| <b>Sigla Nacional</b>      | N V-A2              | N V-B1    | N V-A4           | N V-B3     | N IV-D2             | Ñ IV-C1    | Ñ IV-D4        | Ñ IV-C3  | N IV-F2               | Ñ IV-E1                  |
| <b>Sigla Internacional</b> | 3687-I              | 3787-IV   | 3687-II          | 3787-III   | 3789-I              | 3889-IV    | 3789-II        | 3889-III | 3788-I                | 3888-IV                  |
| <b>Edición</b>             | 2                   | 2         | 1                | 2          | 1                   | 3          | 1              | 2        | 1                     | 2                        |
| <b>Año de Publicación</b>  | 1996                | 1991      | 1996             | 1991       | 1986                | 2007       | 1986           | 1991     | 1987                  | 1992                     |
| <b>Serie</b>               | J721                | J721      | J721             | J721       | J721                | J721       | J721           | J721     | J721                  | J721                     |

Fuente: (IGM, 2016).

**Tabla IV:** Datos referenciales de estaciones utilizadas.

| DATOS REFERENCIALES        | CARTAS TOPOGRÁFICAS |            |                |         |         |         |          |         |        |         |         |
|----------------------------|---------------------|------------|----------------|---------|---------|---------|----------|---------|--------|---------|---------|
|                            | Chillanes           | Pallatanga | Matilde Esther | Tixán   | Palmira | Cumandá | Alausí   | Totoras | Suscal | Juncal  | Huangra |
| <b>Sigla Nacional</b>      | N IV-F4             | Ñ IV-E3    | N V-B2         | Ñ V-A1  | Ñ V-A2  | N V-B4  | Ñ V-A3   | Ñ V-A4  | N V-D2 | Ñ V-C1  | Ñ V-C2  |
| <b>Sigla Internacional</b> | 3788-II             | 3888-III   | 3787-I         | 3887-IV | 3887-I  | 3787-II | 3887-III | 3887-II | 3786-I | 3886-IV | 3886-I  |
| <b>Edición</b>             | 1                   | 2          | 1              | 2       | 2       | 1       | 2        | 2       | 1      | 2       | 1       |
| <b>Año de Publicación</b>  | 1987                | 1991       | 1986           | 1992    | 1990    | 1988    | 1992     | 1990    | 1981   | 1992    | 1990    |
| <b>Serie</b>               | J721                | J721       | J721           | J721    | J721    | J721    | J721     | J721    | J721   | J721    | J721    |

Fuente: (IGM, 2016).

### 1.1.8 Planos

Se obtuvo acceso por medio del Gobierno Autónomo Descentralizado de Milagro al trazado vial de la parroquia 5 de Junio, este servirá para el diseño del drenaje que se desee realizar y el diseño del pavimento que se colocará posteriormente.

### 1.1.9 Datos Hidrológicos

Se obtuvieron los datos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), desde los anuarios meteorológicos que son de libre acceso.

Se seleccionaron los anuarios hidrológicos desde la página web del INAHMI, donde se tomaron datos de cerca de 20 estaciones que se encuentran dentro del área de la cuenca.



**Figura 1.5:** Mapa de Estaciones Meteorológicas.  
Fuente: (INAMHI, 2016).

### 1.4. Impactos en zonas cercanas al Río Chimbo en el Fenómeno del Niño de 1997

En 1997 el Fenómeno del Niño fue devastador para nuestro país, principalmente para la región Costa, con problemas sociales, económicos, e

inclusive pérdidas humanas. Las siguientes tablas nos indican los impactos en la provincia del Guayas ocasionados por este evento.

**Tabla V:** Impactos Socioeconómicos en zona del Río Chimbo.

| Cuencas / Sistema Hidrográfico           | Impactos Socioeconómicos   |   | Por efecto de otras amenazas   |
|--|----------------------------|---|--|
|  | Río                        | Impacto   |  |
| <b>ZONA COSTERA SUR</b>                  |                            |   |  |
| <b>Provincia de GUAYAS</b>               |                            |   |  |
| TAURA Y PARTE CUENCA GUAYAS (RÍO BULULÚ) | Chimbo, Bululú y afluentes | <p><b>Inundación y desbordes:</b></p> <p><b>Asentamientos humanos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desborde del río Chimbo afecta viñedos de zonas aledañas.</li> <li>• Río El Milagro inunda poblado del mismo nombre.</li> <li>• La creciente y la fuerza del agua en el río Bululú rompió diques de control de inundaciones de la cuenca del río Guayas e inundó el 80% del área urbana de El Triunfo.</li> <li>• Desborde del río Bululú inunda varios pueblos rurales.</li> </ul> <p><b>Agricultura</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anegamiento de extensas áreas de sembradío (cacao y otros) por arrastre de lodo del río Chimbo.</li> <li>• Ruptura del dique sobre río Bululú afecta zona bananeras y caña de azúcar por inundación.</li> <li>• Desborde río Bululú (y cañas) causan daños a zonas agrícolas de maíz y caña.</li> </ul> <p><b>Vialidad</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Crecida de río Chimbo inundó y afectó vía que conduce a la Josefina.</li> <li>• Varios puentes y vías afectadas en sector Naranjito. Sobre Esteros Papayal, Hermanos Larreta, Chacal Tacú, Estero Hediondo, Estero Claro.</li> <li>• Río Bululú afecta carretera Durani-Puerto Inca.</li> <li>• Muchas otras vías afectadas.</li> <li>• Un puente destruido y dos afectados por socavación en las bases.</li> <li>• Interrupción de las vías Triunfo-Km. 26 y Buchay-Naranjito.</li> <li>• Afectación de vías Durán-El Triunfo y Ramales de Enlaces, El Triunfo con Huigra, La Tresicol, Cochancay y Puerto Inca, Bucay.</li> </ul> | <p><b>a. Lluvias</b></p> <p><b>Asentamientos humanos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inundación cantón Laguachi.</li> <li>• Inundaciones en El Triunfo y recinto Santa Rosa, Bucaramanga, Las Palmas y Verzeles son afectación de viviendas y familias.</li> <li>• Inundaciones en las poblaciones de Tricujó y Taura en varias oportunidades, a consecuencia de incremento en la precipitaciones.</li> </ul> <p><b>Agricultura</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inundación áreas agrícolas.</li> </ul> |

**Fuente:** (CAF, 1998).

La **Tabla V** muestra los impactos socioeconómicos ocasionados por inundaciones, provocando daños en poblaciones, agricultura y el sistema vial.

La **Tabla VI** muestra daños a la agricultura provocados por desborde de ríos, incluido el Chimbo. Los daños a poblaciones de la zona por efecto de ríos se muestran en la **Tabla VII**.

**Tabla VI:** Daños en la agricultura y amenazas asociadas a los mismos.

| Provincia | Sistema Hidrográfico                           | Impacto sobre la agricultura  |  |                    |
|-----------|--|---|--|--------------------|
|           |  | Impacto por ríos  |  | Por otras amenazas |
| GUAYAS    | Taura y parte de cuenca de Guayas (Río Bululú) | Ríos Norbal, Hediondo Tixay, Cumbe y río Frío de la cuenca del río Naranjal y Churate | Desbordamientos e Inundaciones de áreas agrícolas.   |                    |
|           |  | Río Chimbo  | Sedimentación en el río produce desborde y anegamiento de extensas zonas de sembradíos (cacao y otros), por desbordamiento del río con arrastre de lodo. |                    |

Fuente: (CAF, 1998).

**Tabla VII:** Asentamientos humanos afectados.

| Impacto sobre asentamientos humanos |   |                                  |   |  |
|-------------------------------------|---|----------------------------------|---|--|
| Provincia                           | Sistema Hidrográfico                              | Por efecto de ríos               |   | Por efecto de otras amenazas   |
|                                     |   | Ríos                             | Amenazas  |  |
| GUAYAS                              | Taura y parte de la cuenca de Guayas (Río Bululú) | Río Bulubulu, Chimbo y afluentes | <p><b>El Triunfo</b><br/>La crecienete y fuerza del agua del río Bulubulu rompió diques de control de inundaciones de la cuenca de Guayas e inundó a El Triunfo (80% del área urbana)</p> <p><b>Milagro</b><br/>Inundado el centro por crecientes del río Milagros</p> <p><b>Viviendas rurales y aldeañas a ríos</b><br/>Desborde del río Chimbo afecta viviendas aldeañas al cauce del mismo.<br/>Desborde del río Bululú afecta varios pueblos rurales.</p> | <p><b>Cantón Yaguachi:</b><br/>Excesivas lluvias producen fuertes inundaciones con daños en viviendas.</p> <p><b>Triunfo, Recinto Santa Rosa, Bucaramanga, Las Palmas, Vergeles:</b><br/>Fuertes lluvias afectan viviendas y familias al originar inundaciones.</p> <p><b>Tricujo, Taura:</b><br/>Inundaciones por lluvias afectan viviendas en esos centros</p> |

Fuente: (CAF, 1998).

# **CAPÍTULO 2**

## **2 INFORMACIÓN GENERADA**

En este capítulo se detallara la información generada para el desarrollo posterior de las soluciones al problema de vulnerabilidad en función de las inundaciones que afectan a la Parroquia 5 de Junio del Cantón Milagro.

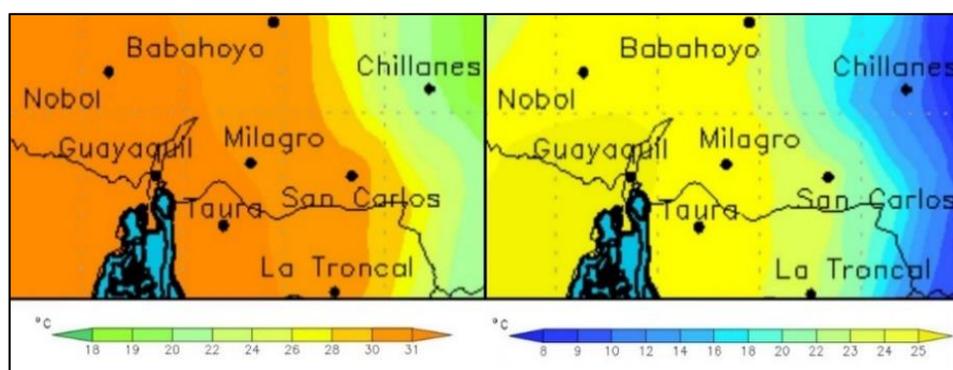
La información será dividida en dos partes la primera en todo lo concerniente al sitio donde se observa la problemática a resolver, la cual es cercana a la parroquia a orillas del Rio Chimbo y como segunda parte a los parámetros de la cuenca del Rio Chimbo, la cual afecta a la zona de estudio.

### **2.1 Clima y procesos del Rio Chimbo**

#### **2.1.1 Clima**

El clima del cantón Milagro es cálido y húmedo todo el año, ya que se encuentra en una zona tropical en la costa ecuatoriana. Tiene dos estaciones a lo largo del año, invierno y verano, siendo la primera donde se presentan problemas de sequías o inundaciones que perjudican a la agricultura local.

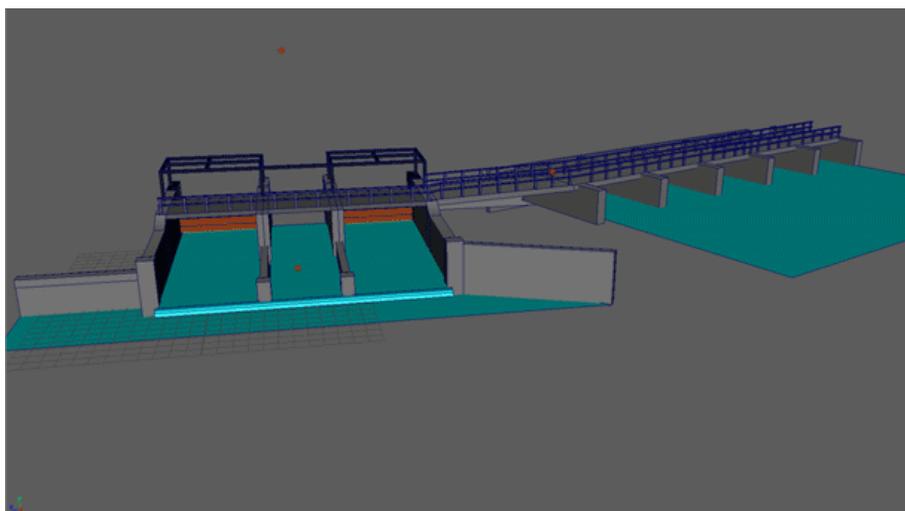
Las temperaturas medias diarias se encuentran entre los 25° y 27° Centígrados y las precipitaciones medias anuales entre los 1100 y 1800 milímetros. Por lo general, los meses de junio a diciembre son secos, donde escasean las lluvias y de enero a mayo son meses favorables para el cultivo y la agricultura. En la **Figura 2.1** se observan las temperaturas máximas y mínimas para el mes de Febrero.



**Figura 2.1:** Mapa de temperaturas Máximas y Mínimas en Febrero 2016.  
Fuente: INAMHI.

### 2.1.2 Estructuras en el río

En el río Chimbo, llegando a la confluencia con el río Taura, existe una represa que acumula agua en época de lluvias. Está ubicada aguas arriba de la zona de la parroquia 5 de Junio. Cuando se la inspeccionó, se notó que las compuertas estaban abiertas, esto por ser el mes de junio y julio de época seca. También existe un aliviadero que está del lado del río Taura.



**Figura 2.2:** Modelo 3D de Presa existente aguas arriba del proyecto.  
**Fuente:** Los autores.

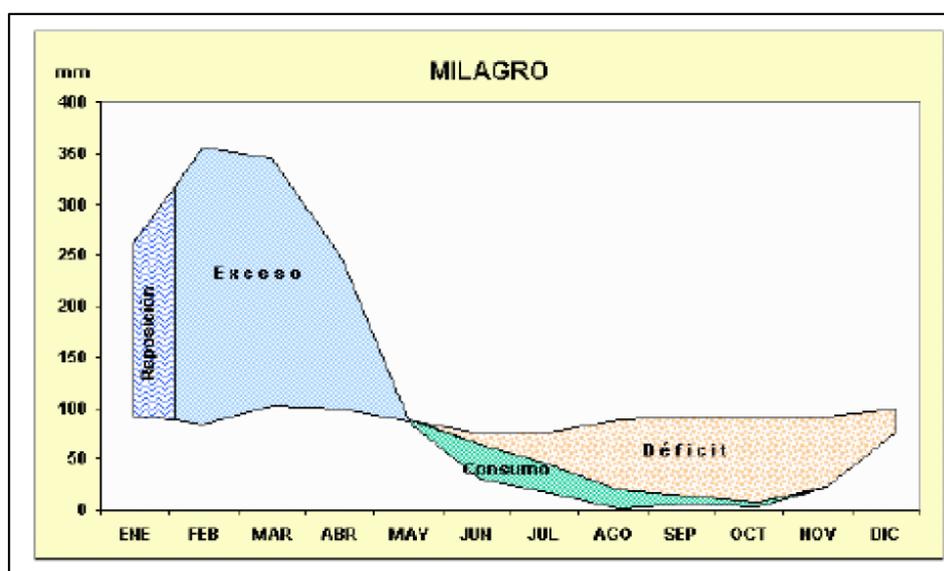


**Figura 2.3:** Presa compuesta por aliviadero y con compuertas rectangulares.  
**Fuente:** (Google Satellite, 2016).

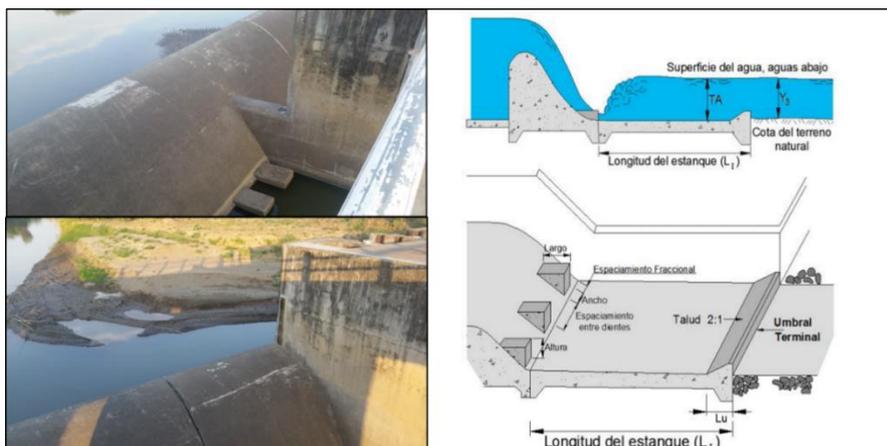
En época de lluvias la represa cierra sus compuertas, acumulando agua en la misma, controlando el balance hídrico en el río Chimbo. En la represa hay problemas con los materiales que arrastra el río, como ramas y troncos, ya que

estos impiden el correcto curso del agua, atentando al funcionamiento de la represa.

En la **Figura 2.4** se puede observar el exceso de precipitaciones en los meses iniciales del año de Enero a Abril, habiendo un déficit en la mayor parte del año donde se abren las compuertas para alimentar a ambos ríos de manera eficiente.



**Figura 2.4:** Balance de Estación Milagro.  
Fuente: INAMHI.



**Figura 2.5:** Aliviadero aguas arriba que desfoga al Río Taura, junto a presa compuerta que continua al Río Chimbo.

**Fuente:** Autores, (USBR, 2016).



**Figura 2.6:** Vistas de represa con compuertas existente aguas arriba.

**Fuente:** Autores.

### 2.1.3 Extracción de Arena de Río

En los meses secos, en el río se extrae arena para su comercialización como material de construcción. La extracción se realiza a unos 400 metros de la parroquia 5 de Junio donde las volquetas ingresan por una vía de tierra hasta

ingresar a las orillas del río y la excavadora coloca el material en las anteriores. Unos 500 metros aguas arriba también se encontró maquinaria, pudiendo ser de otros dueños que la dejaron ahí para futuras extracciones.

Se comprobó que en zonas cercanas a la extracción de arena, el cauce del río tenía secciones irregulares con depresiones abruptas y la formación de islotes cuando el río estaba en marea baja.



**Figura 2.7:** Excavadora extrayendo material en el Río Chimbo.  
**Fuente:** Autores.

#### 2.1.4 Arrastre y Acumulación de Sedimentos

En tramos donde se produce la explotación de arena se produce acumulación de sedimentos que fueron removidos en el cauce, transportándose en las crecidas del río.

### 2.1.5 Erosión natural del cauce

En su curso, las del río va arrastrando materiales, restos y sedimentos aguas abajo, esto producido por la energía del agua. En ciertas ocasiones puede inundar regiones causando pérdidas humanas y económicas. Este proceso se produce de forma natural.

## 2.2 Geología

El cantón Milagro está bajo dos formaciones según el Mapa Geológico del Ecuador, estas son el abanico aluvial mayor, donde se ubica la parroquia 5 de junio, y las arcillas marinas de estuario, ambas del período Cuaternario.

El abanico aluvial se caracteriza por originarse en zonas donde nacen cadenas montañosas, como es el caso del oriente de la provincia del Guayas, en un proceso que toma millones de años en originarse. En estos miles y millones de años se produce la erosión de estas zonas contiguas a las montañas generando materiales sedimentarios que quedarán depositados formando el terreno. Son por lo general terrenos áridos o semiáridos, y es común que en los que se muestre mayor actividad se formen inundaciones.



**Figura 2.8:** Litología del cantón Milagro y Mapa Geológico del Ecuador.  
**Fuente:** Autores.

La cuenca del Guayas posee varios tipos de suelos, los cuales se encuentran en diferentes etapas de desarrollo. Los fenómenos climatológicos como “El Niño” han ayudado a la formación de los mismos, también las lluvias y sequías en las distintas épocas del año.

El cantón Milagro está ubicado en la llanura oriental de la cuenca del Guayas, donde sus suelos generalmente tienen origen de la acumulación de los materiales detríticos erosionados y que se sedimentaron en capas una tras otra desde el período terciario. En la zona occidental de esta llanura, los suelos se originan sobre sedimentos formados de areniscas y calizas que se acumularon para formar las mesetas y los cerros bajos que se ubican al sur y sureste. (Gypam)

### **2.3 Topografía de la zona**

Se realizaron estudios de batimetría en el río Chimbo para tener datos de la profundidad en el área de interés. Se tomó medidas de la profundidad del río en al menos 12 perfiles, generados a partir de cerca de 7 puntos entre cada margen del río, tratando que en las curvas sean más cercanos los perfiles. Esto se realizó con ayuda de GPS, donde se midieron aproximadamente 700 metros con los perfiles realizados comenzando aguas arriba y llegando a la parroquia 5 de junio.

Moradores del sector indicaron que en las cercanías del puente que cruza por el río Chimbo en la carretera que se dirige a Milagro, las aguas del río son más peligrosas y se generan remolinos. Por esta razón se evitó acercarse al puente y las medidas de batimetría en el mismo serán aproximadas.

En cuanto al levantamiento topográfico en la población, entidades gubernamentales facilitaron esta información, a la que hubo de adicionarle la información realizada en campo.

A partir de los datos obtenidos, se analizaron los siguientes aspectos:

### 2.3.1 Pendiente Longitudinal del Cauce

La pendiente promedio de este tramo del río Chimbo es de 0.0015 y se notaron en pocos metros cambios bruscos de pendiente y la aparición de islotes inclusive, posiblemente debido al arrastre de sedimentos desde aguas arriba del río.

### 2.3.2 Acumulación de sedimentos

En el cauce del río los sedimentos son transportados de varias maneras, pero para este tramo del río se tiene que los sedimentos se acumulan naturalmente, debido a que se tiene una topografía irregular. Pero esta acumulación también es producida por el hombre, ya que a unos 500 metros de la parroquia 5 de junio se usa el río para extracción de arena que rebaja el lecho de río y puede resultar en problemas de erosión de riberas y bancos.

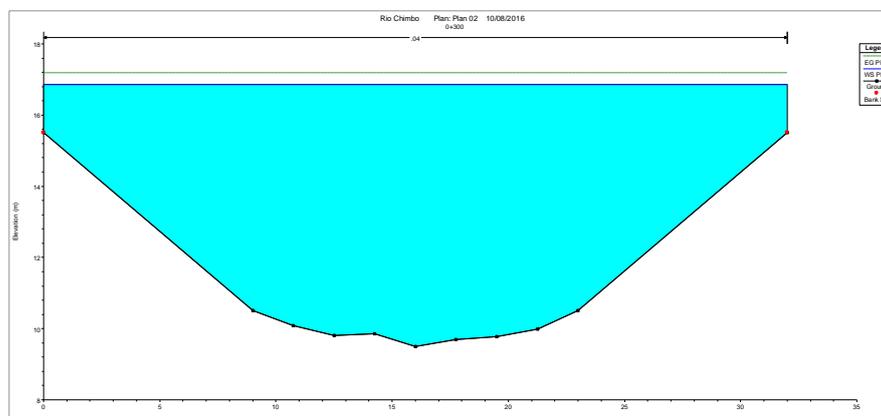


**Figura 2.9:** Maquinaria participando en extracción de arena en el río.  
**Fuente:** Autores.

### 2.3.3 Secciones irregulares

En toda la extensión de un río las secciones que se tengan serán irregulares. Del tramo estudiado se tendrán 3 tipos de secciones generadas ya sean por procesos de erosión o por la extracción de arena, entre otros. A continuación se presentan las secciones:

## Sección Transversal Tipo 1

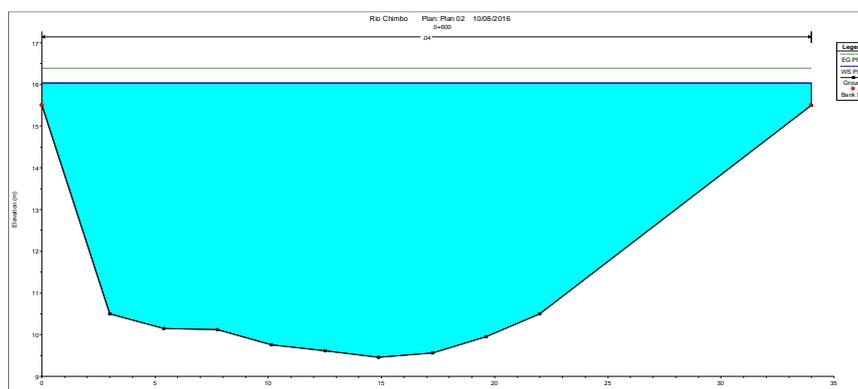


**Figura 2.10:** Perfil 10, lado izquierdo del talud un poco más recostado obtenido con software HEC-RAS.  
**Fuente:** Autores.



**Figura 2.11:** Secciones aguas arriba vista desde imagen de Google Satellite.  
**Fuente:** Autores.

## Sección Transversal Tipo 2



**Figura 2.12:** Perfil 7, lado derecho del talud un poco más recostado obtenido con software HEC-RAS.

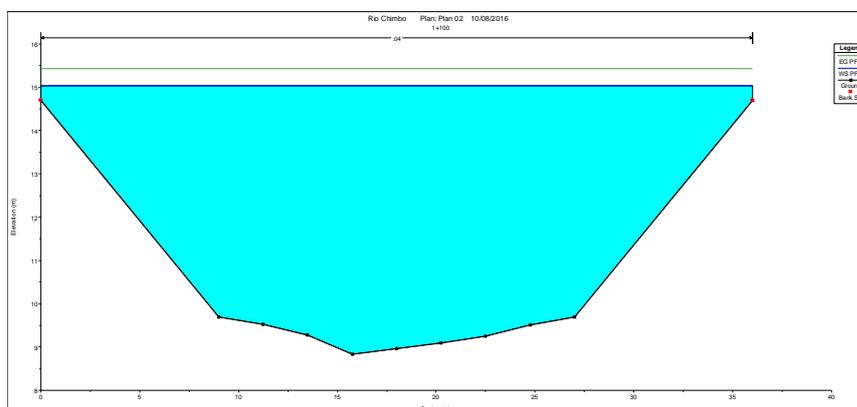
**Fuente:** Autores.



**Figura 2.13:** Secciones aguas abajo vista desde imagen de Google Satellite.

**Fuente:** Autores.

### Sección Transversal Tipo 3



**Figura 2.14:** Perfil tipo III taludes con misma pendiente obtenido con software HEC-RAS.

**Fuente:** Autores.

De las **Figura 2.10**, **Figura 2.12** y **Figura 2.14** se pueden observar los 3 tipos de perfiles que se forman en la zona de estudio estos se caracterizan por la pendiente de los taludes y la configuración del perfil en el río es decir si se encuentra en un tramo recto o en una curva.

## **2.4 Estudio de Suelo**

### **2.4.1 Registros de Perforaciones**

A continuación se presentan los registros de las dos perforaciones efectuadas en el sitio, la consultora encargada de dicha perforaciones colaboró compartiendo la información, la cual tenía como finalidad la construcción de una derivadora de material en una zona del río cercana al sector, estos



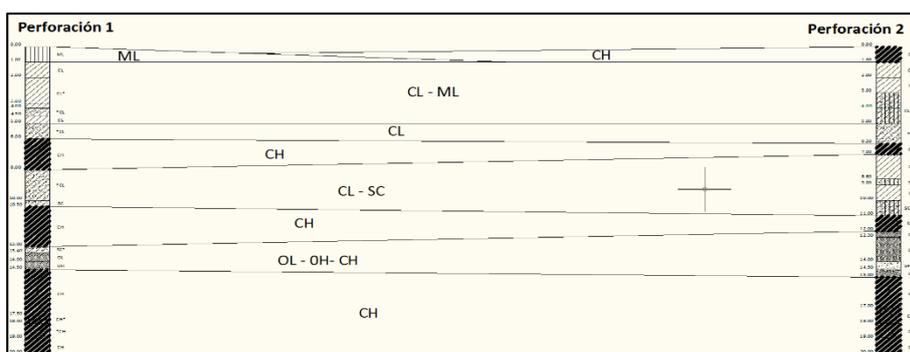
## 2.4.2 Ensayos de laboratorio

- Resultados de los ensayos de laboratorio

Los resultados encontrados tanto en las propiedades índices, como de las propiedades geomecánicas obtenidas de las muestras tomadas en las perforaciones 1 y 2, se resumirán en tablas más adelante en la sección de interpretación de los sondeos.

- Perfil Geológico

Mediante las dos perforaciones efectuadas se establece la siguiente correlación entre las capas de suelo encontradas:



**Figura 2.17:** Perfil geológico como resultado de las perforaciones.

**Fuente:** (Chávez M., 2016).

## **2.5 Geotécnica**

### 2.5.1 Interpretación de los sondeos

Las perforaciones efectuadas muestran que el sitio elegido para implantar el proyecto de derivadora Río Chimbo, muestran que se trata de un depósito aluvial con predominancia de capas de suelos arcillosos, con pocas intercalaciones de delgadas capas de arena limosa. Esto significa que posiblemente se trata de un área que, en el pasado geológico más reciente, no ha sido afectada por cambios de cauce.

La interpretación geotécnica de las capas de suelo encontradas, es la siguiente en las dos perforaciones:

**Tabla VIII:** Interpretación de sondeo de Perforación #1.

| <b>Perforación # 1 (Nivel freático – 3.80 m.)</b> |   |
|---|---|
| 0.00 – 1.00 m.                                    | Limo inorgánico (ML), mediana plasticidad.          |
| 1.00 – 2.00 m.                                    | Arcilla inorgánica (CL), alta plasticidad           |
| <i>Consistencia blanda.</i>                       |   |
| 2.00 – 4.00 m.                                    | Arcilla inorgánica (CL*), mediana plasticidad       |
| <i>Consistencia blanda.</i>                       |   |
| 4.00 – 4.50 m.                                    | Arcilla arenosa (*CL), mediana plasticidad          |
| <i>Consistencia blanda.</i>                       |   |
| 4.50 – 5.00 m.                                    | Arcilla inorgánica (CL), alta plasticidad           |
| <i>Consistencia blanda.</i>                       |   |
| 5.00 – 6.00 m.                                    | Arcilla arenosa (*CL), mediana plasticidad          |
| <i>Consistencia blanda.</i>                       |   |
| 6.00 – 8.00 m.                                    | Arcilla inorgánica (CH), altamente plástica         |
| <i>Consistencia media y blanda.</i>               |   |
| 8.00 – 10.00 m.                                   | Arcilla arenosa (*CL), mediana plasticidad          |
| <i>Consistencia blanda a media.</i>               |   |
| 10.00 – 10.30 m.                                  | Arena arcillosa (SC), mediana plasticidad           |
| <i>Compacidad floja.</i>                          |   |
| 10.30 – 13.00 m.                                  | Arcilla inorgánica (CH), altamente plástica         |
| <i>Consistencia media.</i>                        |   |
| 13.00 – 13.40 m.                                  | Mezcla de arena y arcilla (SC*), alta plasticidad   |
| <i>Compacidad media.</i>                          |   |
| 13.40 – 14.00 m.                                  | Material orgánico (OL), baja compresibilidad.       |
| 14.00 – 14.50 m.                                  | Material orgánico (OH), alta compresibilidad.       |
| <i>Consistencia media.</i>                        |   |
| 14.50 – 17.50 m.                                  | Arcilla inorgánica (CH), altamente plástica         |
| <i>Consistencia media a muy firme.</i>            |   |
| 17.50 – 18.00 m.                                  | Arcilla arenosa (CH*), altamente plástica           |
| 18.00 – 19.00 m.                                  | Mezcla de arcilla y arena (*CH), altamente plástica |
| <i>Consistencia muy firme.</i>                    |   |
| 19.00 – 20.00 m.                                  | Arcilla inorgánica (CH), altamente plástica         |
| <i>Consistencia muy firme.</i>                    |   |

**Fuente:** (Chávez M, 2016).

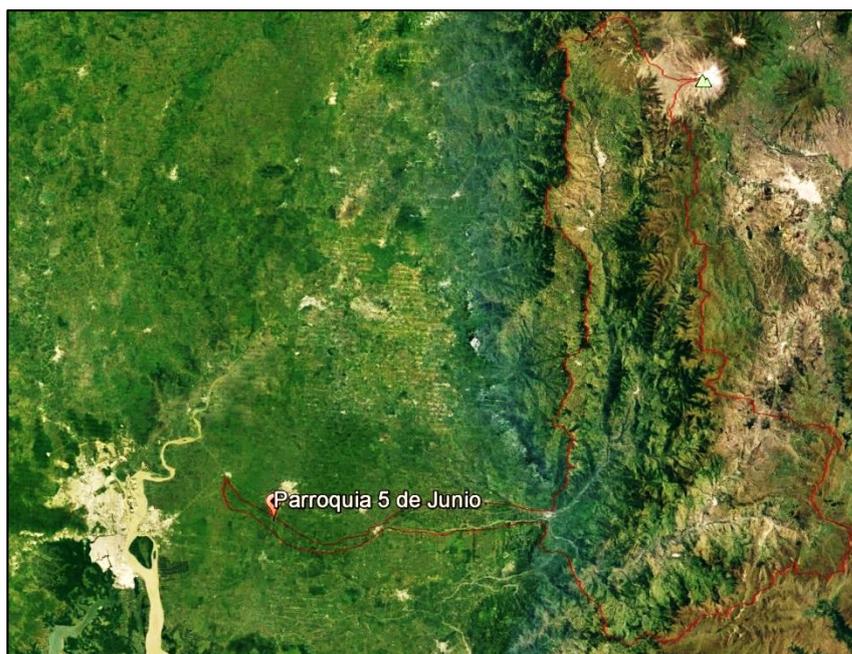
**Tabla IX:** Interpretación de sondeo de Perforación #2.

| <b>Perforación # 2 (Nivel freático – 3.80 m.)</b> |   |
|---|---|
| 0.00 – 1.00 m.                                    | Arcilla inorgánica (CH), altamente plástica               |
| 1.00 – 2.00 m.                                    | Arcilla inorgánica (CL*), mediana plasticidad             |
| <i>Consistencia media.</i>                        |   |
| 2.00 – 3.00 m.                                    | Arcilla inorgánica (CL), alta plasticidad                 |
| <i>Consistencia media.</i>                        |   |
| 3.00 – 5.00 m.                                    | Mezcla arcilla, limo y arena (CL-ML), mediana plasticidad |
| <i>Consistencia blanda.</i>                       |   |
| 5.00 – 6.30 m.                                    | Arcilla arenosa (*CL), mediana plasticidad                |
| <i>Consistencia blanda.</i>                       |   |
| 6.30 – 7.00 m.                                    | Arcilla inorgánica (CH), altamente plástica               |
| <i>Consistencia blanda.</i>                       |   |
| 7.00 – 8.60 m.                                    | Arcilla inorgánica (CL), alta plasticidad                 |
| <i>Consistencia media.</i>                        |   |
| 8.60 – 9.00 m.                                    | Mezcla de arena y limo (SM), no plástico                  |
| 9.00 – 10.00 m.                                   | Arcilla inorgánica (CL), alta plasticidad                 |
| <i>Consistencia media.</i>                        |   |
| 10.00 – 11.00 m.                                  | Mezcla arena, arcilla y limo (SC-SM), baja plasticidad    |
| <i>Compacidad muy floja.</i>                      |   |
| 11.00 – 12.00 m.                                  | Arcilla arenosa (CH*), altamente plástica                 |
| <i>Consistencia blanda.</i>                       |   |
| 12.00 – 12.30 m.                                  | Material orgánico (OL), baja compresibilidad.             |
| 12.30 – 14.00 m.                                  | Material orgánico (OH), alta compresibilidad.             |
| <i>Consistencia media.</i>                        |   |
| 14.00 – 14.50 m.                                  | Arena limosa mal graduada (SP-SM), no plástica            |
| 14.50 – 15.00 m.                                  | Material orgánico (OH), alta compresibilidad.             |
| 15.00 – 17.00 m.                                  | Arcilla inorgánica (CH), altamente plástica               |
| <i>Consistencia media.</i>                        |   |
| 17.00 – 18.00 m.                                  | Arcilla arenosa (CH*), altamente plástica                 |
| <i>Consistencia media.</i>                        |   |
| 18.00 – 19.00 m.                                  | Mezcla de arcilla y arena (CL'), altamente plástica       |
| <i>Consistencia muy firme.</i>                    |   |
| 19.00 – 20.00 m.                                  | Arcilla inorgánica (CH), altamente plástica               |
| <i>Consistencia muy firme.</i>                    |   |

**Fuente:** (Chávez M, 2016).

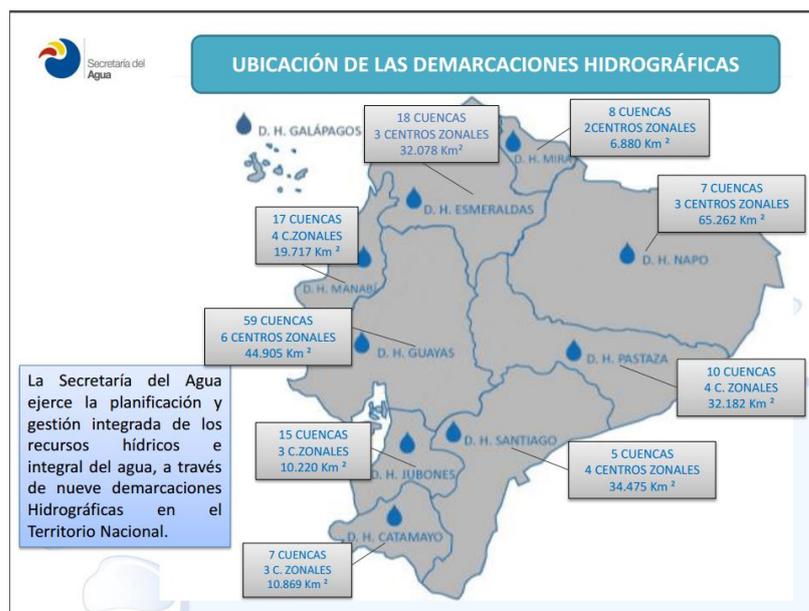
## 2.6 Delimitación de la Cuenca de drenaje del Río Chimbo.

El río Chimbo nace en la Cordillera Occidental de Los Andes, en las faldas del volcán Chimborazo y sigue su curso por la provincia de Bolívar y llega a la provincia del Guayas (**Figura 2.18**). Para delimitar la cuenca, se usaron cerca de 20 cartas topográficas, dada la extensa área de la misma.



**Figura 2.18:** Vista de la cuenca hidrográfica del río Chimbo.  
**Fuente:** (Google Satellite, 2016).

En la sierra se visualizaban con mayor facilidad las líneas divisorias de las cuencas de drenaje por la proximidad de las curvas de nivel, en la costa, al no tener tan cercanas las curvas y predominar el terreno llano, la cercanía con ríos de otra cuenca hidrográfica permite delimitar la cuenca.



**Figura 2.19:** Ubicación de Demarcaciones Hidrográficas.  
Fuente: Senagua.

En la **Figura 2.19** se puede observar las Demarcaciones Hidrográficas planificadas por la Secretaría del Agua (Senagua). La cuenca del río Chimbo se ubica en la Demarcación Hidrográfica del Guayas.

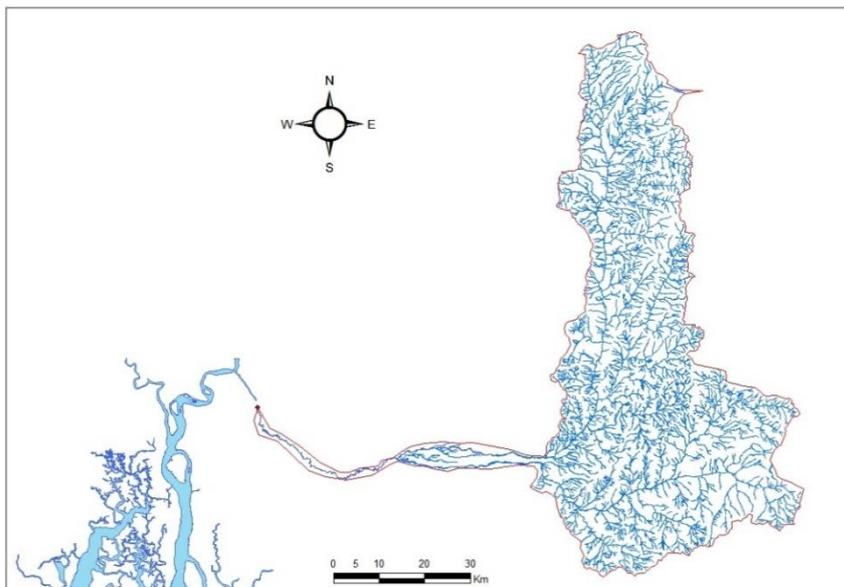
## 2.7 Parámetros de la cuenca de drenaje

### 2.7.1 Parámetros Generales

**Tabla X:** Parámetros generales de la Cuenca del Río Chimbo.

| Datos de la Cuenca        |                      |
|---------------------------|----------------------|
| <b>Área</b>               | 3871 km <sup>2</sup> |
| <b>Perímetro</b>          | 535 km               |
| <b>Longitud del Cauce</b> | 191,68 km            |
| <b>Ancho (B)</b>          | 20,2 km              |
| <b>Desnivel</b>           | 6250 m               |

Fuente: Autores.



**Figura 2.20:** Delimitación de cuenca en software ArcGis.  
**Fuente:** Autores.

### 2.7.2 Parámetros de forma

Notamos que en la Costa, la cuenca es alargada y angosta siguiendo el cauce del río dado la cercanía con ríos de otras cuencas como el Taura, Milagro, entre otros. Ya en la Sierra, pasando el cantón Cumandá en la provincia de Chimborazo, la cuenca se torna más ancha, cuadrada al sur de esta provincia. Sigue su curso de manera rectangular hasta el volcán Chimborazo, el punto de mayor altitud de la cuenca, y el Cantón Salinas, provincia de Bolívar, el punto más al norte de la cuenca.

- Índice de Gravelius o coeficiente de compacidad

Es una relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo con un área igual a la de la cuenca. No podrá ser menor a la unidad.

$$K_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$$

**Ec. ( 1 ):** Índice de Gravelius.

Donde:

- P es perímetro en km.
- A el área de la cuenca en km<sup>2</sup>.

$$K_c = \frac{535}{2\sqrt{\pi (3871)}}$$

$$K_c = 2.43$$

Se tiene que la cuenca del río Chimbo tiene un coeficiente de compacidad de  $K_c = 2.43$ , lo cual nos indica q la cuenca está lejos de tener una forma circular, y más bien posee una forma irregular.

- Factor de forma

Esta variable intenta evaluar la elongación de una cuenca de drenaje. Tomará valores inferiores a 1 cuando la cuenca sea alargada. Relaciona el ancho medio de la cuenca y la longitud del cauce, como el ancho medio es el área de la cuenca dividida para su longitud, se

tiene:

$$K_f = \frac{A}{L_c^2}$$

**Ec. ( 2 ):** Factor de Forma

$$K_f = \frac{3871}{191.68^2}$$

$$K_f = 0.105$$

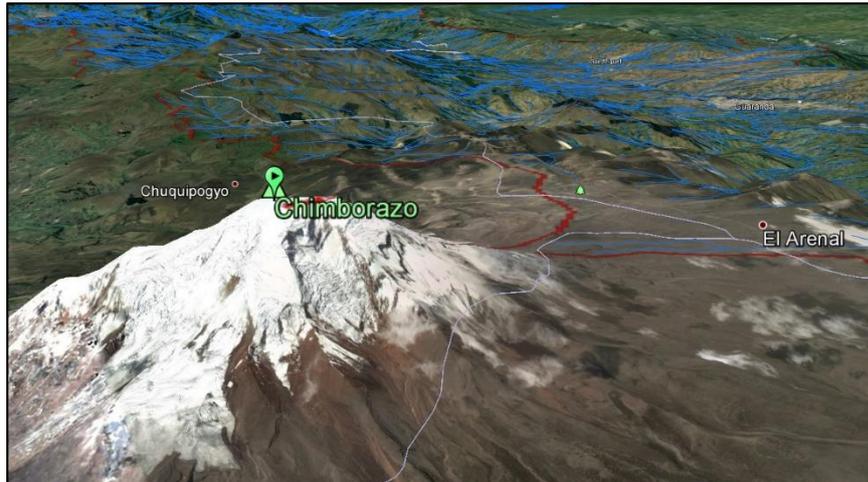
Con un factor de forma más bajo, la cuenca presentará menos crecientes comparada con una de la misma área y mayor factor de forma. Para esta cuenca resultó ser  $K_f=0.105$  lo que indica crecidas lentas y sostenidas.

### 2.7.3 Parámetros de relieve

Si la cuenca posee pendientes altas, seguramente se tendrá que la generación de escorrentías se producirá en lapsos menores de tiempo.

- Pendiente media del cauce

Este parámetro es la relación que tiene el desnivel del cauce de la cuenca, cuyo punto más alto es en las faldas del Chimborazo (**Figura 2.21**), y la longitud de la misma.



**Figura 2.21:** Nacimiento del Río Chimbo en las faldas del Volcán Chimborazo.  
Fuente: (Google Satellite, 2016).

$$j = \frac{D_A}{L_c}$$

**Ec. ( 3 ):** Pendiente media del cauce.

$$j = \frac{4.800}{191.68}$$

$$j = 0.0250 = 2.50\%$$

#### 2.7.4 Parámetros de la red de drenaje

- Numero de orden de la cuenca

La cuenca es del VII orden, cuando llega a las partes altas de la cordillera occidental. Las ramificaciones del sistema de drenaje esta en relación con el orden de la cuenca.

- Densidad de drenaje

Muestra cómo se relacionan la longitud de todos los cursos de agua en la cuenca y el área de la misma.

$$D_d = \frac{\sum L_{ci}}{A}$$

**Ec. ( 4 ):** Densidad de Drenaje.

$$D_d = \frac{13320}{3871}$$

$$D_d = 3.44$$

Con el valor de  $D_d = 3.44 \text{ km/km}^2$ , se tiene que la cuenca está bien drenada. Como el orden y la densidad de drenaje de la cuenca son de mayor magnitud, se tendrá que el tiempo de concentración sea menor, pudiendo la cuenca tener mayor capacidad de producción de caudal superficial.

## 2.8 Análisis hidrológico de la cuenca

### 2.8.1 Análisis de Precipitaciones.

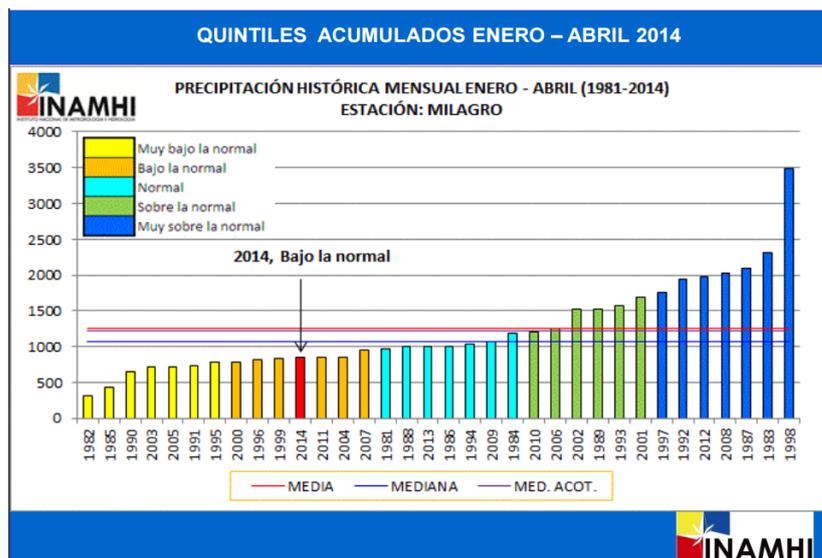
El instituto nacional de meteorología e hidrología INAMHI ha llevado a cabo la recolección de datos de precipitación desde 1981 hasta la actualidad mediante aproximadamente 384 estaciones meteorológicas en todo el país, para el análisis del proyecto se dispondrá de la información tabulada por el instituto de los anuarios de 1990 hasta 2012.

**Tabla XI:** Detalle de estaciones meteorológicas convencionales distribuidas en el país.

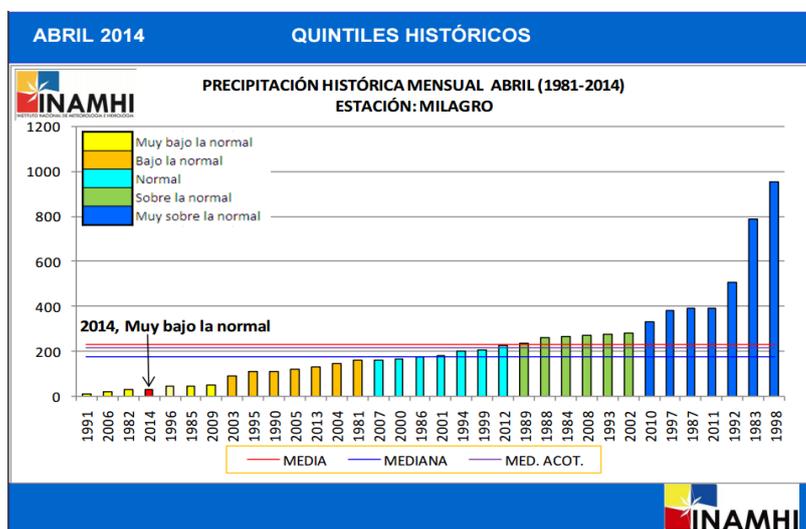
| Estación                       | Costa  | Sierra | Oriente | Insular |
|--------------------------------|--------|--------|---------|---------|
| <b>Agrometeorológica</b>       | 5      | 6      | 2       | 0       |
| <b>Climatológica Principal</b> | 16     | 31     | 4       | 3       |
| <b>Climatológica Ordinaria</b> | 46     | 44     | 6       | 1       |
| <b>Pluviométrica</b>           | 77     | 122    | 13      | 1       |
| <b>Pluviográfica</b>           | 2      | 4      | 1       | 0       |
| Subtotal                       | 146    | 207    | 26      | 5       |
| %                              | 38.02% | 53.91% | 6.77%   | 1.30%   |
| <b>Total</b>                   | 384    |        |         |         |

Fuente: INAMHI 2016.

Se puede observar que para la sección del proyecto en la **Figura 2.22** los años de mayor precipitación media anual y el nivel de dicha precipitación las cuales fueron en 1998 con una precipitación anual de 3500mm muy por encima de lo normal por efectos del fenómeno del niño.



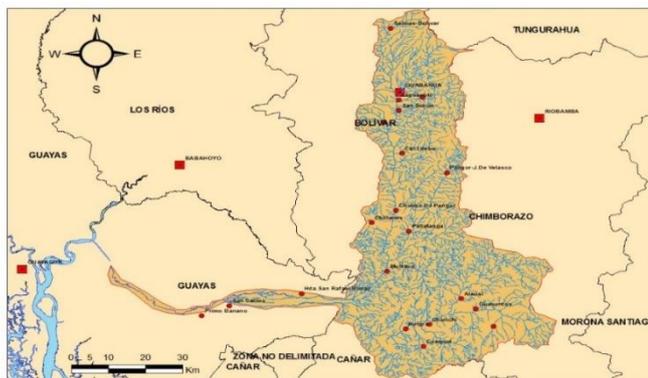
**Figura 2.22:** Precipitaciones históricas mensual en abril de 1981-2014.  
**Fuente:** INAMHI.



**Figura 2.23:** Precipitación histórica mensual de enero-abril en el período 1984-2014.  
**Fuente:** INAMHI.

Para el análisis de la precipitación en la zona de estudio se utilizara el método de polígonos de Thiessen, el cual sirve de herramienta para calcular la precipitación promedio de las estaciones más cercanas en base al área que

forman al unirse mediante polígonos y el registro de precipitación de cada estación, las cuales están ubicadas como lo indica la **Figura 2.24**.



**Figura 2.24:** Cuenca del Río Chimbo con estaciones meteorológicas más cercanas.  
Fuente: Autores.

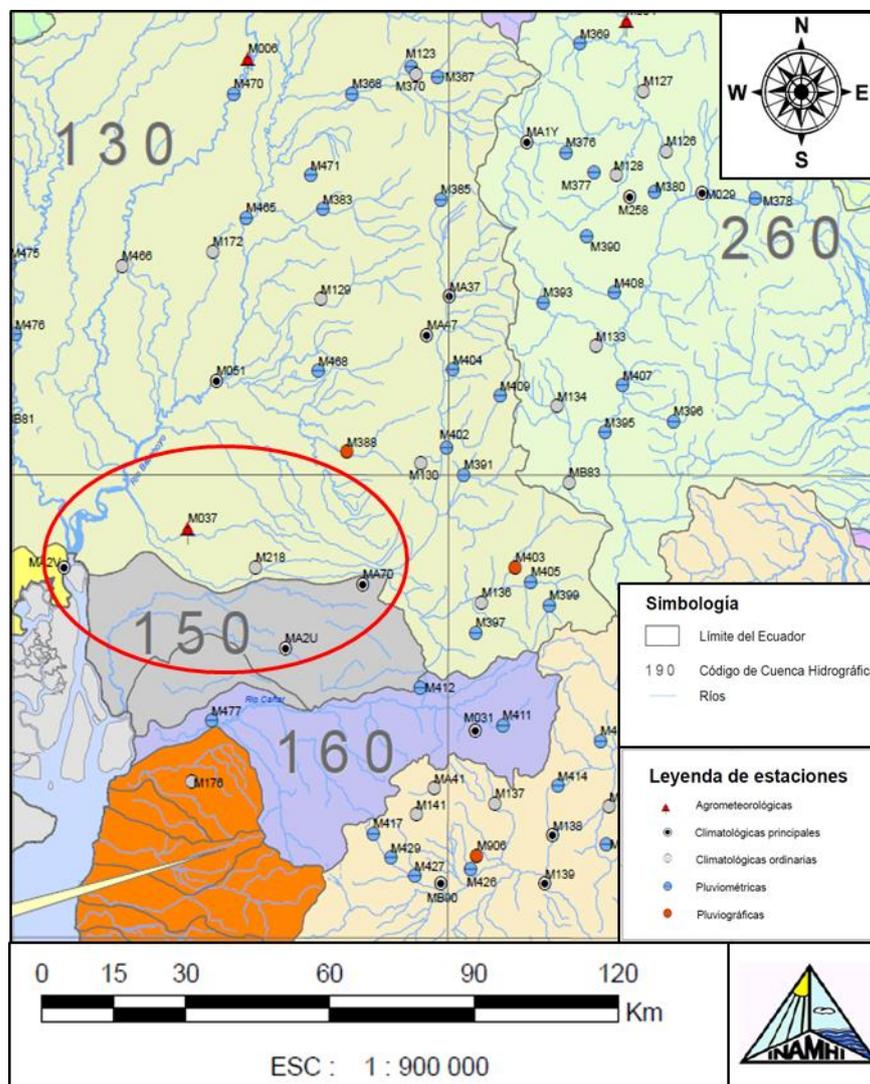
Las estaciones que se utilizaron para el método son:

**Tabla XII:** Estaciones Meteorológicas usadas para obtención de datos.

| Estación Meteorológica              | Código |
|-------------------------------------|--------|
| Achupallas - Chimborazo             | M0399  |
| Alausí                              | M0403  |
| Canilimbe                           | M0404  |
| Chillanes                           | M0130  |
| Chimbo DJ Pangor                    | M0402  |
| Chunchi                             | M0136  |
| Compud                              | M0397  |
| Guasuntos                           | M0405  |
| Huigra                              | M0392  |
| Instituto Técnico 3 de Marzo        | M1117  |
| Laguacoto                           | M1107  |
| Las Herrerías                       | M0535  |
| Multitud                            | M0540  |
| Pallatanga                          | M0391  |
| Pangor – J. de Velasco (H. Tepeyac) | M0409  |
| Salinas – Bolívar                   | M0385  |
| Ingenio San Carlos (Batey)          | M0218  |
| San Simón                           | M0030  |

Fuente: Autores.

La codificación de las estaciones es la actualizada a agosto 2016 por el INAMHI en su portal.



**Figura 2.25:** Mapa de estaciones cercanas a zona de estudio.

**Fuente:** INAMHI.

Por lo que para cada estación se calculara por métodos de regresión la Precipitación Promedio anual para el periodo de 23 años de registros, estos

cálculos se muestran en el ANEXO # Análisis de Precipitaciones del presente trabajo.

Por facilidad de cálculo se utilizó el software HidroEsta (**Figura 2.26**), el cual es un software desarrollado en la Escuela de Ingeniería Agrícola del Instituto Tecnológico de Costa Rica, herramienta que da facilidad a cálculos hidrológicos y estadísticos aplicados a la hidrología.



**Figura 2.26:** Interfaz y pantalla de inicio de Software HidroEsta.  
**Fuente:** Autores.

Se utilizó la distribución Gumbel para realizar la distribución de precipitación y encontrar la precipitación media en los 23 años de registros para cada una de las estaciones, dicho valor fue corregido por un factor de mayoración de 1.13 ya que la distribución tenía un 95% de nivel de confianza, se utilizaron tablas programadas de Excel las cuales fueron obtenidas del blog HidrojIng.

El procedimiento para obtenerlas se basó en los siguientes pasos:

1. Recopilar y ordenar registro de precipitaciones máximas por mes y años.

**Tabla XIII : Precipitaciones máximas mensuales y por año con datos faltantes.**

| Años   | Ene    | Feb    | Mar    | Abr    | May    | Jun   | Jul   | Ago   | Sep   | Oct    | Nov    | Dic    | Max    |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 1,990  | 3.50   | 15.00  | 9.10   | 102.80 | 31.10  | 10.70 | -     | 1.90  | 0.10  | 10.30  | 6.30   | 8.70   | 102.80 |
| 1,991  | 23.90  | 80.20  | 203.90 | 68.70  | 81.80  | 19.00 | 23.20 | 5.70  | 37.80 | 3.40   | 44.70  | 47.00  | 203.90 |
| 1,992  | 107.70 | 86.60  | 222.20 | 179.90 | 118.90 | 1.00  | 0.80  | 3.60  | 11.70 | 18.90  | 11.50  | 18.50  | 222.20 |
| 1,993  | 100.90 | 259.70 | 230.00 | 191.30 | 72.40  | 10.70 | 8.00  | 9.50  | 11.80 | 3.80   | 64.40  | 92.20  | 259.70 |
| 1,994  | -      | -      | -      | -      | -      | -     | -     | -     | -     | -      | -      | -      | -      |
| 1,995  | 109.30 | 131.20 | 60.70  | -      | -      | -     | 18.80 | 1.20  | 12.10 | 38.80  | 50.20  | 68.40  | 131.20 |
| 1,996  | -      | 141.90 | 63.30  | 138.70 | 29.90  | 0.80  | 5.00  | 8.10  | 5.00  | 31.80  | 3.60   | 47.90  | 141.90 |
| 1,997  | 134.80 | 76.00  | -      | 130.20 | 77.40  | 32.60 | 9.40  | 1.10  | 88.30 | 74.00  | 284.10 | 243.10 | 284.10 |
| 1,998  | 173.40 | 222.60 | 211.70 | 310.00 | 220.70 | 72.40 | 91.40 | 24.60 | 41.10 | 3.90   | 13.30  | 15.20  | 310.00 |
| 1,999  | 109.20 | 139.00 | 130.10 | 275.50 | 104.60 | 41.50 | 31.90 | 2.60  | 60.60 | 61.40  | 15.90  | 177.40 | 275.50 |
| 2,000  | 182.20 | 243.90 | 250.70 | 299.80 | 266.50 | 32.20 | 7.10  | -     | 56.10 | 0.80   | 61.80  | 78.30  | 299.80 |
| 2,001  | 3.60   | -      | 228.60 | 177.30 | 40.00  | 4.70  | 2.70  | -     | 12.20 | -      | 73.40  | 158.20 | 228.60 |
| 2,002  | 68.40  | 274.60 | 302.40 | 292.40 | 160.50 | -     | -     | -     | -     | 160.10 | 211.40 | 151.40 | 302.40 |
| 2,003  | 74.60  | 125.10 | 183.50 | 179.40 | 68.60  | 67.00 | 6.40  | -     | 2.50  | 19.60  | 9.60   | 54.90  | 183.50 |
| 2,004  | 153.50 | 147.30 | 123.40 | 168.30 | 81.70  | 20.90 | 5.00  | -     | 52.10 | -      | -      | -      | 168.30 |
| 2,005  | -      | -      | -      | -      | 1.30   | 5.80  | -     | 1.30  | 5.60  | -      | 25.00  | 79.40  | 79.40  |
| 2,006  | 172.80 | 350.60 | 307.50 | 131.90 | 55.40  | 26.60 | 2.10  | 41.60 | 6.80  | -      | 111.90 | 142.40 | 350.60 |
| 2,007  | 197.20 | 64.00  | 326.30 | 235.20 | 168.00 | 28.00 | 1.10  | 0.70  | 0.80  | 25.50  | 67.50  | 56.90  | 326.30 |
| 2,008  | 237.00 | 303.20 | 304.10 | -      | 138.00 | 38.00 | 9.20  | 29.40 | 50.90 | 51.70  | 5.40   | 43.30  | 304.10 |
| 2,009  | 278.00 | 140.50 | 192.00 | 63.00  | 35.40  | 30.60 | -     | 3.60  | -     | 5.60   | 7.00   | 55.00  | 278.00 |
| 2,010  | 129.40 | 221.50 | 183.40 | 191.20 | 67.70  | 39.50 | 41.80 | 6.90  | 12.30 | 12.60  | 40.50  | -      | 221.50 |
| 2,011  | 183.10 | 231.30 | 48.80  | 210.30 | 14.20  | 31.70 | 12.70 | 13.50 | 21.00 | 16.20  | 26.90  | 121.50 | 231.30 |
| 2,012  | 368.70 | 310.60 | 262.80 | 273.50 | 104.30 | 28.30 | 0.10  | 11.50 | 3.70  | 49.70  | 161.90 | 74.60  | 368.70 |
| Maximo | 368.70 | 350.60 | 326.30 | 310.00 | 266.50 | 72.40 | 91.40 | 41.60 | 88.30 | 160.10 | 284.10 | 243.10 |        |

Fuente: Autores.

2. Estimación de datos faltantes mediante promedio de precipitaciones mensuales.

**Tabla XIV: Estimación de datos faltantes.**

| Año  | Enero  | Febrero | Marzo  | Abril  | Mayo   | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Máximo |
|------|--------|---------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|--------|
| 1990 | 3.50   | 15.00   | 9.10   | 102.80 | 31.10  | 10.70 | 15.37 | 1.90   | 0.10       | 10.30   | 6.30      | 8.70      | 102.80 |
| 1991 | 23.90  | 80.20   | 203.90 | 68.70  | 81.80  | 19.00 | 23.20 | 5.70   | 37.80      | 3.40    | 44.70     | 47.00     | 203.90 |
| 1992 | 107.70 | 86.60   | 222.20 | 179.90 | 118.90 | 1.00  | 0.80  | 3.60   | 11.70      | 18.90   | 11.50     | 18.50     | 222.20 |
| 1993 | 100.90 | 259.70  | 230.00 | 191.30 | 72.40  | 10.70 | 8.00  | 9.50   | 11.80      | 3.80    | 64.40     | 92.20     | 259.70 |
| 1994 | 140.56 | 178.24  | 192.23 | 190.49 | 92.30  | 27.10 | 23.20 | 9.81   | 24.63      | 32.67   | 61.73     | 86.72     | 192.23 |
| 1995 | 109.30 | 131.20  | 60.70  | 190.49 | 92.30  | 27.10 | 18.80 | 1.20   | 12.10      | 38.80   | 50.20     | 68.40     | 190.49 |
| 1996 | 140.56 | 141.90  | 63.30  | 138.70 | 29.90  | 0.80  | 5.00  | 8.10   | 5.00       | 31.80   | 3.60      | 47.90     | 141.90 |
| 1997 | 134.80 | 76.00   | 192.23 | 130.20 | 77.40  | 32.60 | 9.40  | 1.10   | 88.30      | 74.00   | 284.10    | 243.10    | 284.10 |
| 1998 | 173.40 | 222.60  | 211.70 | 310.00 | 220.70 | 72.40 | 91.40 | 24.60  | 41.10      | 3.90    | 13.30     | 15.20     | 310.00 |
| 1999 | 109.20 | 139.00  | 130.10 | 275.50 | 104.60 | 41.50 | 31.90 | 2.60   | 60.60      | 61.40   | 15.90     | 177.40    | 275.50 |
| 2000 | 182.20 | 243.90  | 250.70 | 299.80 | 266.50 | 32.20 | 7.10  | 9.81   | 56.10      | 0.80    | 61.80     | 78.30     | 299.80 |
| 2001 | 3.60   | 178.24  | 228.60 | 177.30 | 40.00  | 4.70  | 2.70  | 9.81   | 12.20      | 32.67   | 73.40     | 158.20    | 228.60 |
| 2002 | 68.40  | 274.60  | 302.40 | 292.40 | 160.50 | 27.10 | 23.20 | 9.81   | 24.63      | 160.10  | 211.40    | 151.40    | 302.40 |
| 2003 | 74.60  | 125.10  | 183.50 | 179.40 | 68.60  | 67.00 | 6.40  | 9.81   | 2.50       | 19.60   | 9.60      | 54.90     | 183.50 |
| 2004 | 153.50 | 147.30  | 123.40 | 168.30 | 81.70  | 20.90 | 5.00  | 9.81   | 52.10      | 32.67   | 61.73     | 86.72     | 168.30 |
| 2005 | 140.56 | 178.24  | 192.23 | 190.49 | 92.30  | 27.10 | 23.20 | 1.30   | 5.60       | 32.67   | 25.00     | 79.40     | 192.23 |
| 2006 | 172.80 | 350.60  | 307.50 | 131.90 | 55.40  | 26.60 | 2.10  | 41.60  | 6.80       | 32.67   | 111.90    | 142.40    | 350.60 |
| 2007 | 197.20 | 64.00   | 326.30 | 235.20 | 168.00 | 28.00 | 1.10  | 0.70   | 0.80       | 25.50   | 67.50     | 56.90     | 326.30 |
| 2008 | 237.00 | 303.20  | 304.10 | 190.49 | 138.00 | 38.00 | 9.20  | 29.40  | 50.90      | 51.70   | 5.40      | 43.30     | 304.10 |
| 2009 | 278.00 | 140.50  | 192.00 | 63.00  | 35.40  | 30.60 | 23.20 | 3.60   | 24.63      | 5.60    | 7.00      | 55.00     | 278.00 |
| 2010 | 129.40 | 221.50  | 183.40 | 191.20 | 67.70  | 39.50 | 41.80 | 6.90   | 12.30      | 12.60   | 40.50     | 86.72     | 221.50 |
| 2011 | 183.10 | 231.30  | 48.80  | 210.30 | 14.20  | 31.70 | 12.70 | 13.50  | 21.00      | 16.20   | 26.90     | 121.50    | 231.30 |
| 2012 | 368.70 | 310.60  | 262.80 | 273.50 | 104.30 | 28.30 | 0.10  | 11.50  | 3.70       | 49.70   | 161.90    | 74.60     | 368.70 |
|      | Enero  | Febrero | Marzo  | Abril  | Mayo   | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |        |
| MAX  | 368.70 | 350.60  | 326.30 | 310.00 | 266.50 | 72.40 | 91.40 | 41.60  | 88.30      | 160.10  | 284.10    | 243.10    | 368.70 |

Fuente: Autores.

3. Distribución estadística mediante el método de Gumbel para los datos máximos por año.

**Tabla XV:** Distribución Gumbel de estación.

| Nº        | Año  | Mes<br>Max. Precip. | Precipitación (mm) |                 |
|-----------|------|---------------------|--------------------|-----------------|
|           |      |                     | $x_i$              | $(x_i - x)^2$   |
| 1         | 1990 | Abril               | 102.80             | 20259.7473      |
| 2         | 1991 | Marzo               | 203.90             | 1700.46865      |
| 3         | 1992 | Marzo               | 222.20             | 526.094002      |
| 4         | 1993 | Febrero             | 259.70             | 212.088567      |
| 5         | 1994 | Marzo               | 192.23             | 2799.65214      |
| 6         | 1995 | Abril               | 190.49             | 2986.2661       |
| 7         | 1996 | Febrero             | 141.90             | 10657.8243      |
| 8         | 1997 | Noviembre           | 284.10             | 1518.1357       |
| 9         | 1998 | Abril               | 310.00             | 4207.24261      |
| 10        | 1999 | Abril               | 275.50             | 921.927611      |
| 11        | 2000 | Abril               | 299.80             | 2988.07209      |
| 12        | 2001 | Marzo               | 228.60             | 273.463741      |
| 13        | 2002 | Marzo               | 302.40             | 3279.08105      |
| 14        | 2003 | Marzo               | 183.50             | 3799.08761      |
| 15        | 2004 | Abril               | 168.30             | 5903.88448      |
| 16        | 2005 | Marzo               | 192.23             | 2799.12305      |
| 17        | 2006 | Febrero             | 350.60             | 11122.4994      |
| 18        | 2007 | Marzo               | 326.30             | 6587.47491      |
| 19        | 2008 | Marzo               | 304.10             | 3476.66613      |
| 20        | 2009 | Enero               | 278.00             | 1079.99391      |
| 21        | 2010 | Febrero             | 221.50             | 558.695437      |
| 22        | 2011 | Febrero             | 231.30             | 191.45535       |
| 23        | 2012 | Enero               | 368.70             | 15267.8794      |
| <b>23</b> |      | <b>Suma</b>         | <b>5638.1</b>      | <b>103116.8</b> |

Fuente: Autores.

## 4. Estimación de variables probabilísticas

Tabla XVI : Cálculo de variables probabilísticas.

| Cálculo variables probabilísticas                         |        |    |  |
|---|--------|----|--|
| $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} =$                          | 245.14 | mm |  |
| $S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} =$ | 68.46  | mm |  |
| $\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * s =$                     | 53.38  | mm |  |
| $u = \bar{x} - 0.5772 * \alpha =$                         | 214.33 | mm |  |

Fuente: Autores.

## 5. Calculo de precipitaciones diarias máximas probables para diferentes frecuencias que en este caso son los periodos de retorno.

Tabla XVII: Cálculo de precipitaciones diarias con corrección a diferente tiempos de retorno.

| Período Retorno | Variable Reducida | Precip. (mm) | Prob. de ocurrencia | Corrección intervalo fijo                             |
|-----------------|-------------------|--------------|---------------------|---|
| Años            | YT                | XT'(mm)      | F(xT)               | XT (mm)   |
| 2               | 0.3665            | 233.8902     | 0.5000              | 264.2960  |
| 5               | 1.4999            | 294.3927     | 0.8000              | 332.6637  |
| 10              | 2.2504            | 334.4505     | 0.9000              | 377.9291  |
| 25              | 3.1985            | 385.0638     | 0.9600              | 435.1220  |
| 50              | 3.9019            | 422.6115     | 0.9800              | 477.5510  |
| 100             | 4.6001            | 459.8821     | 0.9900              | 519.6667  |
| 500             | 6.2136            | 546.0086     | 0.9980              | 616.9897  |
|                 |                   |              |                     | $F_{(x)} = e^{-e^{-\left(\frac{x-u}{\alpha}\right)}}$ |

Fuente: Autores.

6. Cálculo de precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias.

**Tabla XVIII :** Coeficientes para las relaciones a la lluvia de duración 24 horas.

| Duraciones, en horas |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1                    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 8    | 12   | 18   | 24   |
| 0.30                 | 0.39 | 0.46 | 0.52 | 0.57 | 0.61 | 0.68 | 0.80 | 0.91 | 1.00 |

Fuente: D. F. Campos A., 1978.

**Tabla XIX:** Precipitación máxima Pd por tiempos de duración.

| Tiempo de Duración | Cociente  | Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración |        |         |         |         |          |          |
|--------------------|-----------|--|--------|---------|---------|---------|----------|----------|
|                    |           | 2 años   | 5 años | 10 años | 25 años | 50 años | 100 años | 500 años |
| 24 hr              | X24       | 264.30   | 332.66 | 377.93  | 435.12  | 477.55  | 519.67   | 616.99   |
| 18 hr              | X18 = 91% | 240.51   | 302.72 | 343.92  | 348.10  | 434.57  | 472.90   | 561.46   |
| 12 hr              | X12 = 80% | 211.44   | 266.13 | 302.34  | 348.10  | 382.04  | 415.73   | 493.59   |
| 8 hr               | X8 = 68%  | 179.72   | 226.21 | 256.99  | 295.88  | 324.73  | 353.37   | 419.55   |
| 6 hr               | X6 = 61%  | 161.22   | 202.92 | 230.54  | 265.42  | 291.31  | 317.00   | 376.36   |
| 5 hr               | X5 = 57%  | 150.65   | 189.62 | 215.42  | 248.02  | 272.20  | 296.21   | 351.68   |
| 4 hr               | X4 = 52%  | 137.43   | 172.99 | 196.52  | 226.26  | 248.33  | 270.23   | 320.83   |
| 3 hr               | X3 = 46%  | 121.58   | 153.03 | 173.85  | 200.16  | 219.67  | 239.05   | 283.82   |
| 2 hr               | X2 = 39%  | 103.08   | 129.74 | 147.39  | 169.70  | 186.24  | 202.67   | 240.63   |
| 1 hr               | X1 = 30%  | 79.29  | 99.80  | 113.38  | 130.54  | 143.27  | 155.90   | 185.10   |

Fuente: Autores.

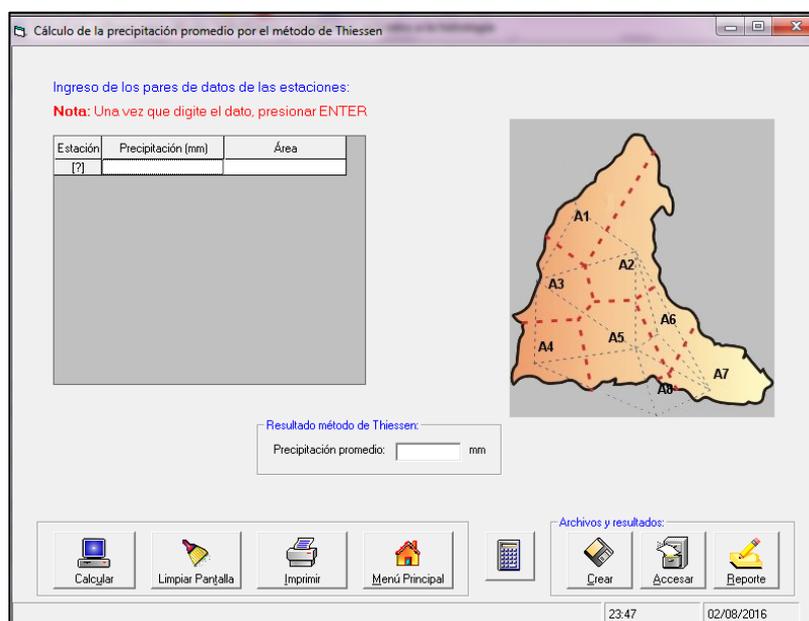
7. Intensidades de lluvia a partir de la precipitación diaria en [mm/hr].

**Tabla XX:** Intensidad de lluvia a partir de Pd según duración y frecuencias en [mm/hr].

| Tiempo de duración |      | Intensidad de la lluvia (mm/hr) según el Periodo de Retorno |         |          |          |          |          |          |
|--------------------|------|---|---------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Hr                 | min  | 2 años  | 5 años  | 10 años  | 25 años  | 50 años  | 100 años | 500 años |
| 24 hr              | 1440 | 11.0123   | 13.8610 | 15.7470  | 18.1301  | 19.8980  | 21.6528  | 25.7079  |
| 18 hr              | 1080 | 13.3616   | 16.8180 | 19.1064  | 19.3388  | 24.1429  | 26.2720  | 31.1923  |
| 12 hr              | 720  | 17.6197   | 22.1776 | 25.1953  | 29.0081  | 31.8367  | 34.6444  | 41.1326  |
| 8 hr               | 480  | 22.4652   | 28.2764 | 32.1240  | 36.9854  | 40.5918  | 44.1717  | 52.4441  |
| 6 hr               | 360  | 26.8701   | 33.8208 | 38.4228  | 44.2374  | 48.5510  | 52.8328  | 62.7273  |
| 5 hr               | 300  | 30.1297   | 37.9237 | 43.0839  | 49.6039  | 54.4408  | 59.2420  | 70.3368  |
| 4 hr               | 240  | 34.3585   | 43.2463 | 49.1308  | 56.5659  | 62.0816  | 67.5567  | 80.2087  |
| 3 hr               | 180  | 40.5254   | 51.0084 | 57.9491  | 66.7187  | 73.2245  | 79.6822  | 94.6051  |
| 2 hr               | 120  | 51.5377   | 64.8694 | 73.6962  | 84.8488  | 93.1225  | 101.3350 | 120.3130 |
| 1 hr               | 60   | 79.2888   | 99.7991 | 113.3787 | 130.5366 | 143.2653 | 155.9000 | 185.0969 |

Fuente: Autores.

Con la información de precipitación media para cada estación, se procedió a realizar el método de polígonos de Thiessen para calcular la precipitación promedio que servirá para el área de estudio del proyecto, en el anexo se detallan el resumen de la precipitaciones por estación y el proceso mostrado anteriormente. Para el presente proyecto se calculara la precipitación media anual para periodos mayores a 25 años que son los casos donde se producirán caudales mayores.



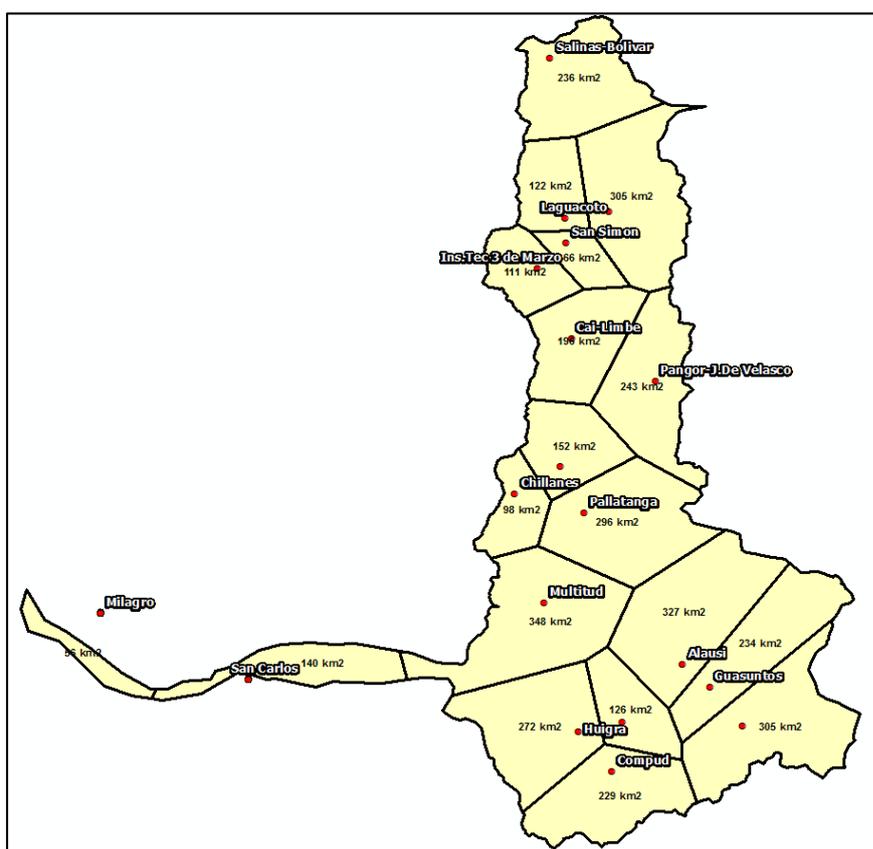
**Figura 2.27:** Interfaz de Calculo por polígonos de Thiessen.

**Fuente:** Software HidroEsta.

**Tabla XXI:** Resumen de Precipitación máxima diaria y frecuencia por polígonos de Thiessen.

| Precipitación Máxima Diaria por Duración de Lluvia y Frecuencia de la misma Distribuida por polígonos de Thiessen |                              |        |         |         |         |          |          |
|---|------------------------------|--------|---------|---------|---------|----------|----------|
| Tiempo de   | Precipitación máxima Pd (mm) |        |         |         |         |          |          |
| Duración  | 2 años                       | 5 años | 10 años | 25 años | 50 años | 100 años | 500 años |
| 24 hr   | 246.77                       | 325.54 | 374.31  | 443.59  | 492.48  | 541      | 611.76   |
| 18 hr   | 224.56                       | 296.24 | 340.62  | 354.87  | 448.16  | 492.31   | 109.13   |
| 12 hr   | 197.42                       | 260.43 | 299.45  | 354.87  | 393.98  | 432.8    | 95.94    |
| 8 hr  | 167.8                        | 221.37 | 254.53  | 301.64  | 334.89  | 367.88   | 81.55    |
| 6 hr  | 152.31                       | 198.58 | 228.33  | 270.59  | 300.41  | 330.01   | 73.15    |
| 5 hr  | 140.66                       | 185.56 | 213.36  | 252.85  | 280.71  | 308.37   | 68.35    |
| 4 hr  | 128.32                       | 169.28 | 194.64  | 230.67  | 256.09  | 281.32   | 62.36    |
| 3 hr  | 113.51                       | 149.75 | 172.18  | 204.05  | 226.54  | 248.86   | 55.16    |
| 2 hr  | 96.24                        | 126.96 | 145.98  | 173     | 192.07  | 210.99   | 46.77    |
| 1 hr  | 74.03                        | 97.66  | 112.29  | 133.08  | 147.74  | 162.3    | 35.98    |

Fuente: Autores.



**Figura 2.28:** Polígonos de Thiessen generados en la cuenca del Río Chimbo.

Fuente: Autores.

### 2.8.2 Determinación de Caudales

La determinación de caudales es un estudio por control de inundaciones es el enfoque más importante ya que se diseña la geometría de canales y ríos a partir del valor del caudal máximo obtenido en el estudio al periodo de retorno deseado.

El caudal máximo depende básicamente de la geometría de la cuenca y del nivel de precipitaciones que hay en la zona de estudio, a continuación se presentarán varios métodos para el cálculo del caudal máximo.

### 2.8.3 Formula de Sandoval

Debido a la falta de información hidrométrica en el país, la cual es indispensable para el diseño de obras hidráulicas y soluciones a control de inundaciones en el caso particular del proyecto, Sandoval crea una ecuación para calcular caudales máximos, medios y mínimos con fórmulas válidas para cuencas del Ecuador.

Se recomienda que el volumen de precipitaciones anuales en cualquier cuenca, expresado en m<sup>3</sup> es igual a:

Donde:

- $\bar{P}$  = Promedio de Precipitaciones anuales de la cuenca [mm].
- $A$  = Área de la cuenca en [km<sup>2</sup>].

$$V = 1000\bar{P} * A$$

**Ec. ( 5 ):** Volumen de Precipitaciones anuales

El volumen escurrido para el mismo periodo es igual a:

$$V_e = 31.536 * Q_o * 10^6$$

**Ec. ( 6 ):** Volumen total escurrido

Donde:

- $V_e$  = Volumen escurrido [m<sup>3</sup>]
- $Q_o$  = Caudal medio de la cuenca [m<sup>3</sup>/s]

Al igual las dos ecuaciones antes detalladas por el coeficiente de escorrentía  $C$  se pueden obtener la siguiente expresión:

$$\bar{P} * A * C * 10^3 = 31.536 * Q_o * 10^6$$

Al despejar las variables se puede obtener el caudal medio:

$$Q_o = \frac{31.71 * C * \bar{P} * A}{10^6}$$

**Ec. ( 7 ):** Caudal medio

Donde:

- $Q_o$  = Caudal medio [m<sup>3</sup>].

$$M_o = \frac{Q_o}{A} = \frac{31.71 * C * \bar{P}}{10^6} \quad \text{Ec. ( 8 ): M\u00f3dulo espec\u00edfico de escorrent\u00eda.}$$

- $C$  = Coeficiente escorrent\u00eda.

Por lo que a partir de esta ecuaci\u00f3n se puede obtener el M\u00f3dulo espec\u00edfico de escorrent\u00eda  $M_o$  es:

- $M_o$  = M\u00f3dulo espec\u00edfico de escorrent\u00eda  $\left[\frac{m^3}{s}/km^2\right]$ .

Y el coeficiente de escorrent\u00eda:

$$C = \frac{Q_o * 10^6}{31.71 * \bar{P} * A} = \frac{M_o * 10^6}{31.71 * \bar{P}}$$

**Ec. ( 9 ):** Coeficiente de escorrent\u00eda.

En el Ecuador es posible conseguir las precipitaciones anuales de alg\u00fan sitio por las estaciones meteorol\u00f3gicas instaladas por el INAMHI tal como se calcul\u00f3 en la secci\u00f3n anterior, en el cual se determin\u00f3 dicha precipitaci\u00f3n media anual en base a las estaciones cercanas a la cuenca de estudio mediante el m\u00e9todo de pol\u00edgonos de Thiessen, pero los datos como caudales son un m\u00e1s complicados ya que existen menos estaciones de este tipo en el pa\u00eds, en el presente trabajo se presentan ecuaciones para calcular dichos caudales.

$$Q_{\max} = a \frac{\bar{P}\sqrt{A}}{(1 + \lg A)} (0,5 \ln T - 0,7)$$

**Ec. ( 10 ):** Coeficiente de escorrentía.

El valor de  $a$  es un factor que esta entre 0.01 – 0.1, el cual depende de la variabilidad de las precipitaciones del sitio para lo cual se ha tomado  $a=0.075$  para tomar un factor de seguridad al estimar el caudal máximo, sabiendo que en el sitio de estudio se presentan avenidas extraordinarios en períodos afectados por el fenómeno del niño y su variabilidad no es alta.

#### 2.8.4 Fórmula de Verni-King

Verni y King proponen una expresión para el cálculo de caudales en cuencas grandes como la del presente proyecto, la Ec.(11) presenta a la precipitación máxima diaria en el periodo de retorno analizado, al área de la cuenca y al coeficiente que está en función del tiempo de retorno analizado.

$$Q = C(T) * 0.00618 * P_{24}^{1.24} * A^{0.88}$$

**Ec. ( 11 ):** Caudal por Verni-King

Donde:

- $C(T)$ = coeficiente de escorrentía en función del periodo de retorno.

| A [km2] | P [mm] | T [años] | C(T)  |
|---------|--------|----------|-------|
| 3871    | 450    | 25       | 0.576 |

$$C(T) = 0.3 * T^{0.19}$$

**Ec. ( 12 ):** Coeficiente de escorrentía por Verni-King

### 2.8.5 Fórmula de Témez

Donde:

- $P_{24}$ = Precipitación máximo diario [mm]
- $F_s$ = Factor de reducción por simultaneidad.

$$F_s = 1 - \frac{\log A}{15}$$

**Ec. ( 13 ):** Factor de reducción por simultaneidad.

| A [km2] | Tc [min] | Fs   |
|---------|----------|------|
| 3871    | 31.22    | 0.76 |

### 2.8.6 Caudal mínimo y caudal ecológico

$$Q_{min} = \frac{\bar{P} * A}{10^6} = Q_{eco}$$

**Ec. ( 14 ):** Caudal mínimo o ecológico.

Para cada cuenca, la vida animal y vegetal tiene que adaptarse al medio o condiciones naturales del sitio donde habita, esto está relacionado directamente con el volumen de agua disponible, incluyendo cualquier tipo de variación estacional que se produzca, en la expresión anterior que describe las condiciones mínimas de equilibrio para no alterar las condiciones de vida de

ningún ser dentro de la cuenca, a este caudal se le conoce como caudal ecológico.

El caudal mínimo que se propone corresponde aproximadamente al 97% de probabilidad de ocurrencia de los caudales en la cuenca y en cualquier caso, el caudal ecológico no supera un valor igual a 2.5 veces el caudal mínimo.

### 2.8.7 Comparación de caudales obtenidos

Comparando los caudales máximos obtenidos con las 3 formulas empleadas podemos notar la diferencia de valores entre sí en la **Tabla XXII** que se muestra a continuación:

**Tabla XXII:** Caudales máximos con diferentes metodologías.

| Qmax para Río Chimbo             |                     |        |        |        |        |        |         |
|----------------------------------|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Tiempo de retorno                |                     | 5      | 10     | 25     | 50     | 100    | 500     |
| Precipitación diaria máxima [mm] |                     | 325.54 | 374.31 | 443.59 | 492.48 | 541    | 611.76  |
| Q<br>máx.                        | Sandoval & Aguilera | 34.67  | 171.81 | 410.32 | 629.14 | 881.83 | 1497.88 |
|                                  | Verni King          | 91.70  | 124.38 | 182.73 | 237.30 | 304.16 | 480.95  |
|                                  | Témez               | 106.20 | 174.70 | 289.42 | 390.51 | 504.99 | 770.61  |

**Fuente:** Autores.

Se puede notar que existe un incremento con respecto a los caudales propuesto por Sandoval & Aguilera comparado con los otros dos métodos, para el presente estudio se escogerán las condiciones de período de retorno de 25 años con un caudal máximo para el diseño de las alternativas de 425

m<sup>3</sup>/s para guardar un margen de seguridad y que el diseño sea óptimo y seguro.

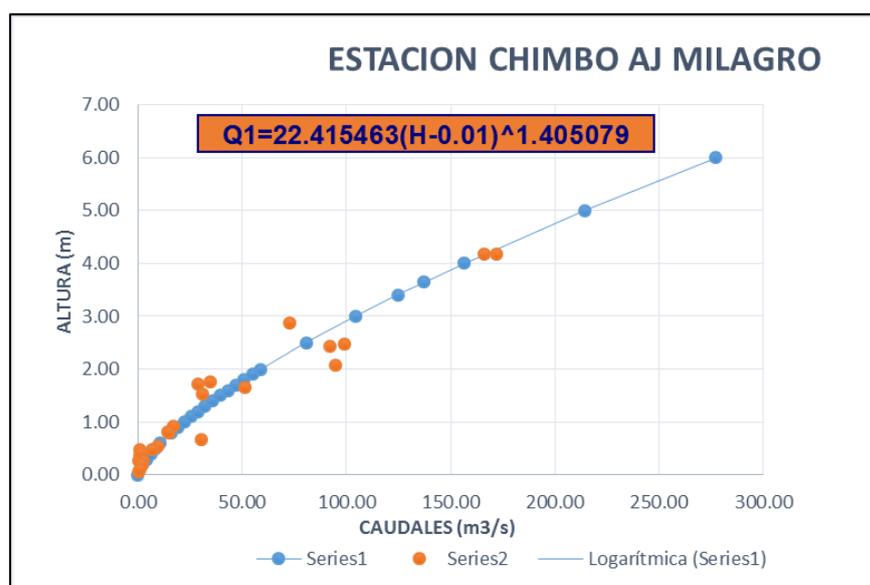
#### 2.8.8 Comparación de caudales con registros de estaciones.

En esta sección se utilizaron datos de estaciones hidrológicas para comparar el dato de caudal real con la proyección a 25 años de periodo de retorno, dando como resultado que para la máxima profundidad medida actualmente el valor de  $Q=277$  m<sup>3</sup>/s menor al  $Q_{max}$  en 25 años de  $425$ m<sup>3</sup>/s, esto debido a que las condiciones toman un caudal mayor al habitual en el caso de la existencia de una avenida extraordinaria en dicho periodo.

**Tabla XXIII:** Datos para obtener curva generada Q vs H.

| CURVA GENERADA |        |
|----------------|--------|
| H              | Q      |
| m              | m3/s   |
| 0.00           | 0.00   |
| 0.23           | 2.58   |
| 0.30           | 3.94   |
| 0.40           | 5.97   |
| 0.50           | 8.23   |
| 0.60           | 10.68  |
| 0.80           | 16.09  |
| 0.90           | 19.03  |
| 1.00           | 22.10  |
| 1.10           | 25.30  |
| 1.20           | 28.62  |
| 1.30           | 32.06  |
| 1.40           | 35.60  |
| 1.50           | 39.25  |
| 1.60           | 43.00  |
| 1.70           | 46.85  |
| 1.80           | 50.79  |
| 1.90           | 54.83  |
| 2.00           | 58.94  |
| 2.50           | 80.77  |
| 3.00           | 104.45 |
| 3.40           | 124.60 |
| 3.64           | 137.17 |
| 4.00           | 156.66 |
| 5.00           | 214.50 |
| 6.00           | 277.26 |

**Fuente:** Autores.



**Figura 2.29:** Curva generada por Estación Chimbo AJ Milagro.

**Fuente:** Autores.

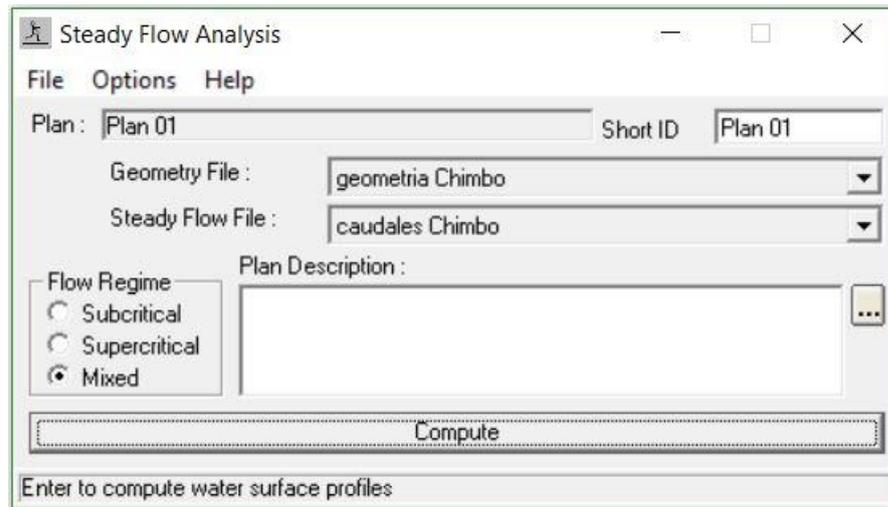
## 2.9 Análisis Hidráulico con software

Mediante la utilización del programa AutoCAD Civil 3D se pudo exportar la topografía, los alineamientos y las secciones transversales del Río Chagüe al software Hec-Ras, a través el cual se realizó el análisis hidráulico del tramo de estudio.

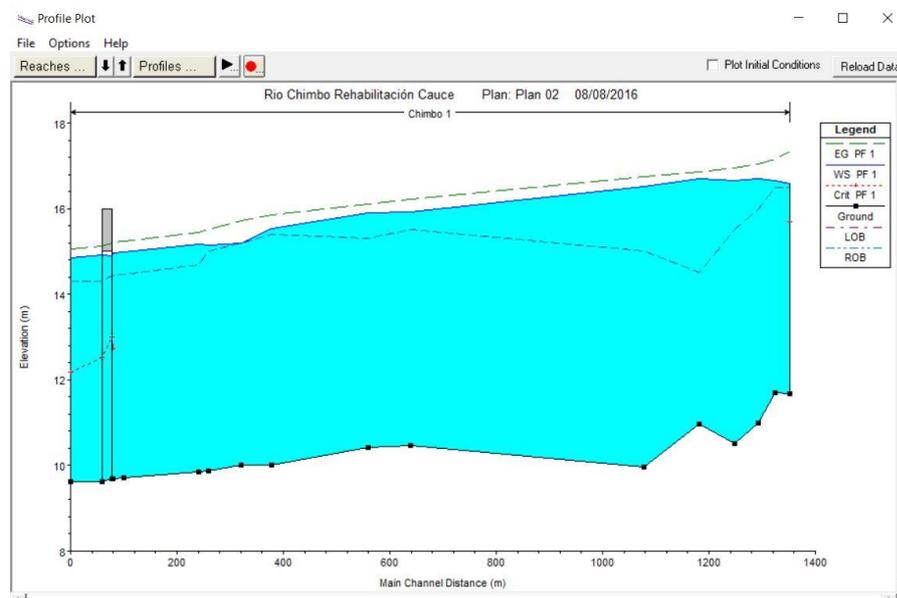
Para realizar el moldeamiento del río se efectuaron las siguientes suposiciones:

- Se asume un flujo permanente en el río. Se considera que el caudal es constante a lo largo del tramo de estudio, sin analizar las pérdidas o aportaciones de caudal.
- Se adoptó valores de coeficiente de rugosidad de Manning de 0.04 para lecho del río y las riveras de inundación.
- Se corrió el programa con valores de caudales de 10, 15, 20, 30, 50 y 103 m<sup>3</sup>/s siendo el último el máximo caudal esperado para un período de retorno de 25 años.
- Se definió una sola condición de borde para todos los caudales, siendo esta de calado normal aguas arriba con una pendiente del 0.8%.
- Se analizó el río con un régimen de flujo supercrítico.

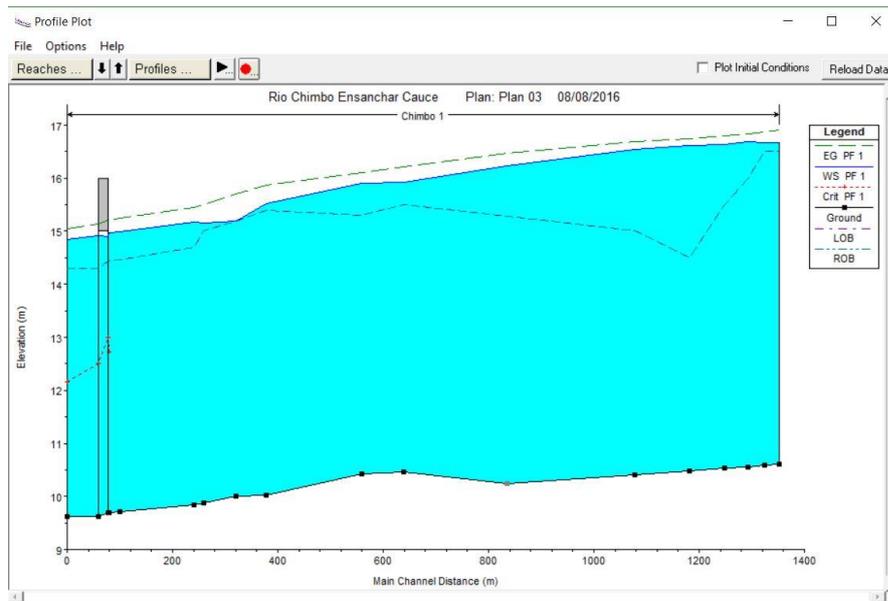
Una vez efectuada la simulación se pueden observar los siguientes gráficos:



**Figura 2.30:** Interfaz de análisis en Hec-Ras.  
**Fuente:** Autores.



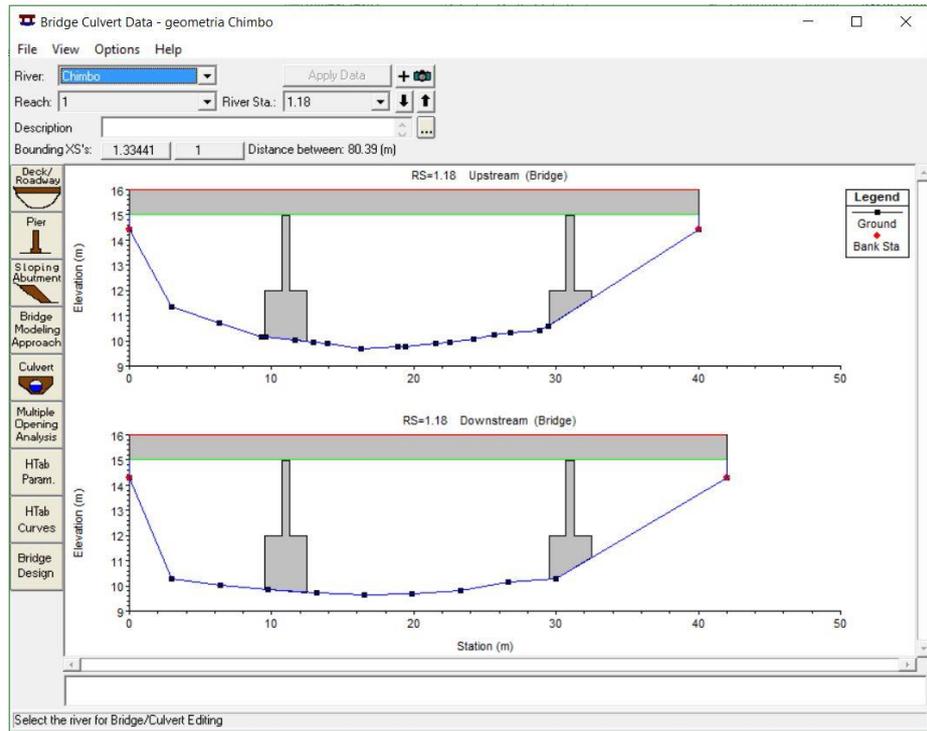
**Figura 2.31:** Vista de perfil rehabilitando el cauce del río.  
**Fuente:** Autores.



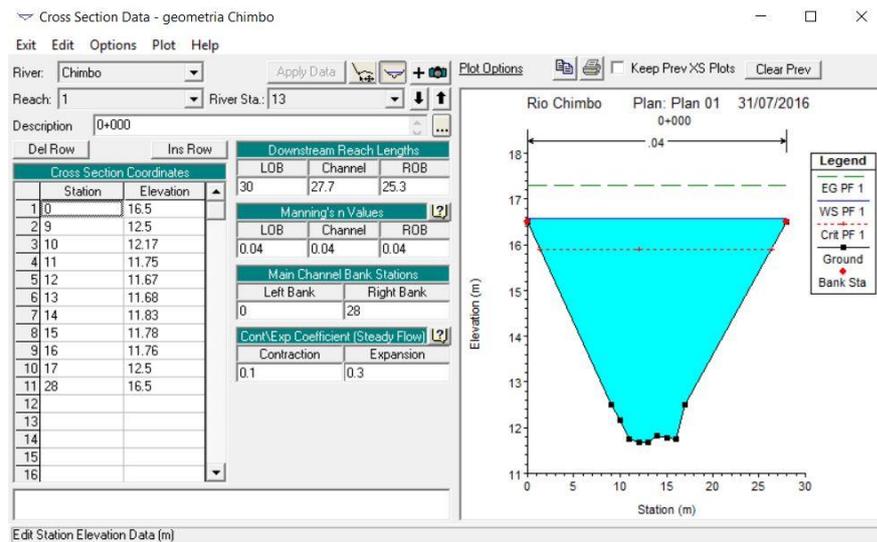
**Figura 2.32:** Vista de perfil ensanchando el cauce del río.  
**Fuente:** Autores.



**Figura 2.33:** Vista Superior del río Chimbo cerca de Parroquia 5 de Junio.  
**Fuente:** Autores.



**Figura 2.34:** Vista del Puente cercano a la parroquia 5 de Junio.  
**Fuente:** Autores.

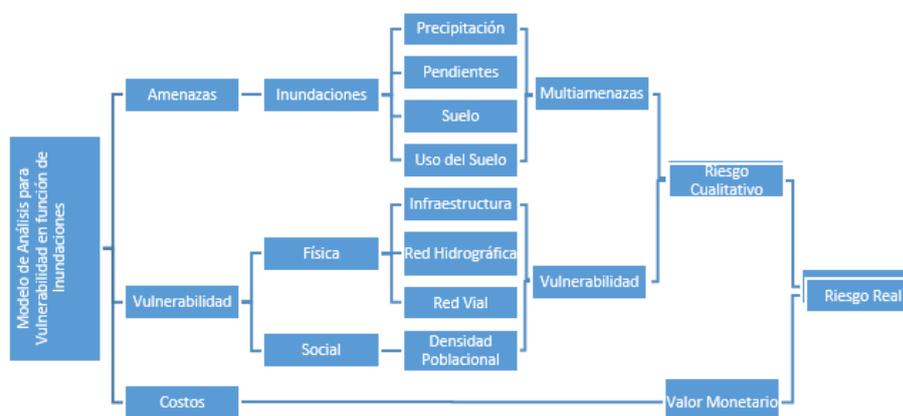


**Figura 2.35:** Perfil actual del Rio Chimbo en una de la mediciones de campo.  
**Fuente:** Autores.



**Figura 2.36:** Dirección del río Chimbo, aguas abajo hacia la parroquia.  
**Fuente:** Autores.

## 2.10 Vulnerabilidad.



**Figura 2.37:** Esquema de Análisis para Vulnerabilidad en función de Inundaciones.

**Fuente:** (SNET- Servicio Nacional de Territorios de El Salvador).

### 2.10.1 Vulnerabilidad en zona de estudio

Al mencionar la vulnerabilidad, se habla del grado en que una sociedad, en este caso los habitantes de la parroquia 5 de Junio, estará expuesta, o por el

contrario, protegida de los posibles impactos que generen las amenazas naturales (Menos Vulnerabilidad, Menos Desastres, EIRD). Estas amenazas pueden ser deslizamientos, inundaciones e incluso terremotos, etc.

El grado de vulnerabilidad dependerá de la ubicación y las condiciones de vida de los habitantes, tales como el uso de suelo, tipo de construcciones, distribución de la población o capacidad de organización de la población, por mencionar algunas. Teniendo en cuenta lo anterior, es una variable de la que el ser humano posee influencia pudiendo reducir la vulnerabilidad con mejores condiciones de vida y con mejores maneras de responder ante estos riesgos. (Vega, Vega, Inf. Vulnerabilidad) (Lewis, 1999).

#### 2.10.2 Vulnerabilidad en función de inundaciones

Las inundaciones se producen cuando zonas que están despejadas de agua pasan a ser ocupadas por ésta, ya sea por subida de mareas, desbordamiento de ríos o por avalanchas productos de tsunamis inclusive. Son una de las mayores catástrofes naturales en número de víctimas produciendo cerca de la mitad de las muertes por desastres naturales en el mundo. En países como el nuestro, estos eventos son más graves para la población ya que en épocas de lluvias son repetidos estos eventos.

Las lluvias excesivas son producto de precipitaciones prolongadas (temporales), tormentas locales severas, o bien pueden producirse por ambas. Estos fenómenos se relacionan con eventos como ondas tropicales, frentes fríos y huracanes. Otro evento que incide en la precipitación el fenómeno de El Niño (Vega, Vega) (Ramírez, 1992).

**Tabla XXIV:** Elementos afectados por inundaciones en el año 2015 (Enero – Junio).

| TIPO DE INFRAESTRUCTURA                   | Elemento Probablemente Amenazado | AÑO 2015    |             |              |             |              |              |
|---|----------------------------------|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
|   |                                  | ENERO       | FEBRERO     | MARZO        | ABRIL       | MAYO         | JUNIO        |
| Infraestructura de Salud                  | Centros de Salud                 | 17          | 16          | 1            | 5           | 16           | 30           |
|   | Clínica                          | 27          | 31          | 1            | 7           | 36           | 69           |
|   | Dispensarios                     | 103         | 125         | 10           | 39          | 83           | 119          |
|   | Hospitales                       | 21          | 23          | 1            | 11          | 13           | 29           |
|   | Policlínicos                     | 13          | 12          | 0            | 0           | 17           | 49           |
|   | Puestos de Salud                 | 48          | 57          | 0            | 0           | 4            | 16           |
|   | Subcentros de Salud              | 90          | 97          | 1            | 66          | 79           | 145          |
| <b>TOTAL INFRAESTRUCTURA DE SALUD</b>     |                                  | <b>319</b>  | <b>361</b>  | <b>14</b>    | <b>128</b>  | <b>248</b>   | <b>457</b>   |
| Infraestructura de Educación              | Est. En zona urbana              | 1082        | 902         | 58           | 584         | 1554         | 2458         |
|   | Est. En zona rural               | 764         | 1457        | 42           | 1032        | 932          | 1431         |
| <b>TOTAL INFRAESTRUCTURA DE EDUCACION</b> |                                  | <b>1846</b> | <b>2359</b> | <b>100</b>   | <b>1616</b> | <b>2486</b>  | <b>3889</b>  |
| Infraestructura Vial                      | Rutas locales (km)               | 2106        | 2295        | 0.65         | 2578        | 4154         | 9685         |
|   | Rutas primarias (km)             | 1672        | 2168        | 28.9         | 1758        | 2302         | 5972         |
|   | Rutas secundarias (km)           | 2567        | 3576        | 68.32        | 2186        | 3544         | 5587         |
| <b>TOTAL INFRAESTRUCTURA VIAL</b>         |                                  | <b>6345</b> | <b>8039</b> | <b>97.87</b> | <b>6522</b> | <b>10000</b> | <b>21244</b> |

Fuente: Secretaria Gestión de Riesgos.

**Tabla XXV:** Elementos afectados por inundaciones en el año 2015 (Julio – Diciembre).

| TIPO DE INFRAESTRUCTURA                   | Elemento Probablemente Amenazado | AÑO 2015     |              |               |               |                |               |
|---|----------------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|----------------|---------------|
|   |                                  | JULIO        | AGOSTO       | SEPTIEMBRE    | OCTUBRE       | NOVIEMBRE      | DICIEMBRE     |
| Infraestructura de Salud                  | Centros de Salud                 | 14           | 15           | 6             | 11            | 35             | 6             |
|   | Clínica                          | 29           | 24           | 16            | 23            | 61             | 11            |
|   | Dispensarios                     | 76           | 84           | 47            | 38            | 182            | 39            |
|   | Hospitales                       | 11           | 16           | 6             | 8             | 32             | 9             |
|   | Policlínicos                     | 18           | 1            | 6             | 23            | 36             | 3             |
|   | Puestos de Salud                 | 21           | 14           | 12            | 5             | 46             | 15            |
|   | Subcentros de Salud              | 83           | 59           | 21            | 61            | 163            | 44            |
| <b>TOTAL INFRAESTRUCTURA DE SALUD</b>     |                                  | <b>252</b>   | <b>213</b>   | <b>114</b>    | <b>169</b>    | <b>555</b>     | <b>127</b>    |
| Infraestructura de Educación              | Est. En zona urbana              | 1271         | 197          | 102           | 124           | 1531           | 224           |
|   | Est. En zona rural               | 1463         | 1113         | 185           | 792           | 1034           | 651           |
| <b>TOTAL INFRAESTRUCTURA DE EDUCACION</b> |                                  | <b>2734</b>  | <b>1310</b>  | <b>287</b>    | <b>916</b>    | <b>2565</b>    | <b>875</b>    |
| Infraestructura Vial                      | Rutas locales (km)               | 502.68       | 386.65       | 176.42        | 228.43        | 905.35         | 431.68        |
|   | Rutas primarias (km)             | 225.22       | 168.12       | 42.36         | 281.59        | 762.72         | 90.47         |
|   | Rutas secundarias (km)           | 8.8          | 8.83         | 0             | 0             | 0              | 3.18          |
| <b>TOTAL INFRAESTRUCTURA VIAL</b>         |                                  | <b>736.7</b> | <b>563.6</b> | <b>218.78</b> | <b>510.02</b> | <b>1668.07</b> | <b>525.33</b> |

Fuente: Secretaria Gestión de Riesgos.

**Tabla XXVI:** Resumen de infraestructura afectada en el año 2015.

| TIPO DE INFRAESTRUCTURA                   | Elemento Probablemente Amenazado | 2015  |
|---|----------------------------------|-------|
|   |                                  | TOTAL |
| Infraestructura de Salud                  | Centros de Salud                 | 14    |
|   | Clínica                          | 28    |
|   | Dispensarios                     | 79    |
|   | Hospitales                       | 15    |
|   | Policlínicos                     | 15    |
|   | Puestos de Salud                 | 20    |
|   | Subcentros de Salud              | 76    |
| <b>TOTAL INFRAESTRUCTURA DE SALUD</b>     |                                  | 246   |
| Infraestructura de Educación              | Est. En zona urbana              | 841   |
|   | Est. En zona rural               | 908   |
| <b>TOTAL INFRAESTRUCTURA DE EDUCACION</b> |                                  | 1749  |
| Infraestructura Vial                      | Rutas locales (km)               | 1954  |
|   | Rutas primarias (km)             | 1289  |
|   | Rutas secundarias (km)           | 1462  |
| <b>TOTAL INFRAESTRUCTURA VIAL</b>         |                                  | 4706  |

Fuente: Autores.

### Probabilidad de Ocurrencia de Inundación

La consecución de eventos como niveles de precipitación, probabilidades de precipitación normal y estadística de eventos adversos dando como resultado la probabilidad de ocurrencia de inundaciones en la zona de estudio, al saber estos niveles la Secretaria General de Gestión de Riesgos evaluó mensualmente para ciudades y cantones del país la vulnerabilidad de los diferentes tipos de infraestructura.

### Población potencialmente amenazada

En los sectores donde se crea esta vulnerabilidad existe una población en cuestión, la cual es potencialmente amenazada por la ocurrencia de inundaciones por estos eventos adversos, a continuación se muestra la tabla

con la cantidad de pobladores potencialmente amenazados y podemos notar que en el cantón Milagro en varios meses supera los 13500 habitantes que representa cerca del 10% de la población total del cantón.

**Tabla XXVII:** Población Potencialmente Amenazada en el Ecuador.

| Cantón                      | AÑO 2015 |         |       |       |        |        |       |        |            |         |           |           | PROMEDIO | #  |
|-----------------------------|----------|---------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|----------|----|
|                             | ENERO    | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO   | JUNIO  | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DICIEMBRE |          |    |
| Alfredo Baquerizo Moreno    | 0        | 0       | 0     | 0     | 12715  | 12715  | 12715 | 0      | 0          | 12715   | 12715     | 0         | 5298     | 4  |
| Balao                       | 0        | 0       | 0     | 0     | 0      | 3383   | 0     | 0      | 0          | 0       | 0         | 0         | 282      | 18 |
| Balzar                      | 0        | 0       | 0     | 1279  | 4533   | 8964   | 9474  | 2272   | 0          | 10108   | 10320     | 15        | 3914     | 6  |
| Colimes                     | 0        | 0       | 0     | 0     | 557    | 2652   | 4909  | 0      | 0          | 3276    | 5668      | 0         | 1422     | 11 |
| Coronel Marcelino Maridueña | 0        | 0       | 0     | 0     | 2242   | 2242   | 2242  | 0      | 0          | 2242    | 2242      | 0         | 934      | 13 |
| Daule                       | 0        | 0       | 0     | 0     | 0      | 4348   | 0     | 0      | 0          | 3254    | 0         | 0         | 634      | 15 |
| Duran                       | 0        | 0       | 0     | 0     | 299    | 3383   | 0     | 0      | 0          | 3383    | 0         | 0         | 589      | 16 |
| El Empalme                  | 0        | 0       | 0     | 13884 | 18483  | 262    | 18483 | 18483  | 0          | 2456    | 18483     | 194       | 7561     | 1  |
| El Triunfo                  | 0        | 0       | 0     | 336   | 3418   | 3249   | 3281  | 0      | 0          | 2973    | 3705      | 0         | 1414     | 12 |
| General Antonio Elizalde    | 0        | 0       | 0     | 0     | 1033   | 795    | 1137  | 0      | 0          | 1033    | 1404      | 0         | 450      | 17 |
| Guayaquil                   | 0        | 0       | 0     | 0     | 0      | 6970   | 0     | 0      | 0          | 1524    | 0         | 0         | 708      | 14 |
| <b>Guayas</b>               |          |         |       |       |        |        |       |        |            |         |           |           |          |    |
| Milagro                     | 0        | 0       | 0     | 0     | 13559  | 13559  | 13320 | 0      | 0          | 13559   | 13350     | 0         | 5612     | 3  |
| Naranjal                    | 0        | 0       | 0     | 0     | 414    | 11521  | 1156  | 0      | 0          | 3448    | 1156      | 0         | 1475     | 10 |
| Naranjito                   | 0        | 0       | 0     | 0     | 5188   | 5188   | 5188  | 0      | 0          | 5188    | 5188      | 0         | 2162     | 9  |
| Nobol                       | 0        | 0       | 0     | 0     | 0      | 439    | 0     | 0      | 0          | 0       | 787       | 0         | 102      | 19 |
| Palestina                   | 0        | 0       | 0     | 0     | 0      | 597    | 517   | 0      | 0          | 0       | 0         | 0         | 93       | 20 |
| Pedro Carbo                 | 0        | 0       | 0     | 0     | 0      | 0      | 0     | 0      | 0          | 0       | 102       | 0         | 9        | 22 |
| Playas                      | 0        | 0       | 0     | 0     | 0      | 160    | 0     | 0      | 0          | 0       | 0         | 0         | 13       | 21 |
| Samborondon                 | 0        | 0       | 0     | 0     | 4513   | 14214  | 0     | 0      | 0          | 12707   | 1313      | 0         | 2729     | 7  |
| Simon Bolivar               | 0        | 0       | 0     | 0     | 12650  | 12650  | 12650 | 0      | 0          | 12650   | 12650     | 0         | 5271     | 5  |
| Urbina Jado                 | 0        | 0       | 0     | 0     | 7842   | 7461   | 40    | 0      | 0          | 2688    | 10449     | 0         | 2373     | 8  |
| Yaguachi                    | 0        | 0       | 0     | 0     | 19743  | 22530  | 7962  | 0      | 0          | 22530   | 9699      | 0         | 6872     | 2  |
| <b>Total Mensual</b>        | 0        | 0       | 0     | 15499 | 107189 | 137282 | 93074 | 20755  | 0          | 115734  | 109231    | 209       | 49914    |    |

**Fuente:** Secretaría de Gestión de Riesgos – Dirección de Monitoreo de eventos adversos componentes Escenarios (Diciembre, 2014).

### 2.10.3 Vulnerabilidad actual

En la **Tabla XXVIII** podemos observar que la provincia del Guayas posee el 18,13% de la población amenazada por ocurrencia de inundaciones en comparación a la población amenazada del país, conforme específicamente al cantón Milagro observamos en la misma tabla que 30288 personas están amenazadas bajo el escenario de inundaciones y ocupa el segundo cantón de Guayas con mayor cantidad solo superada por San Jacinto de Yaguachi.

**Tabla XXVIII:** Población Potencialmente Amenazada en Provincia del Guayas.

| Población Potencialmente Amenazada |                            |                  |               |
|------------------------------------|----------------------------|------------------|---------------|
| Provincia                          | Cantón                     | Personas Totales | Porcentaje    |
| Guayas                             | Alfredo Baquerizo Moreno   | 24229            | 2.38%         |
|                                    | Balzar                     | 3746             | 0.37%         |
|                                    | Empalme                    | 25514            | 2.51%         |
|                                    | El Triunfo                 | 17721            | 1.74%         |
|                                    | <b>Milagro</b>             | <b>30288</b>     | <b>2.97%</b>  |
|                                    | Naranjito                  | 13376            | 1.31%         |
|                                    | Samborondon                | 1285             | 0.13%         |
|                                    | San Jancito de Yaguachi    | 34885            | 3.43%         |
|                                    | Simon Bolivar              | 23898            | 2.35%         |
|                                    | Crnel. Marcelino Maridueña | 7392             | 0.73%         |
|                                    | Gnral. Antonio Elizalde    | 2321             | 0.23%         |
|                                    | <b>Total Guayas</b>        | <b>184655</b>    | <b>18.13%</b> |
| <b>Total Ecuador</b>               | <b>1018515</b>             | <b>100%</b>      |               |

**Fuente:** Secretaría de Gestión de Riesgos – Dirección de Monitoreo de eventos adversos componentes Escenarios (Diciembre, 2014).

#### 2.10.4 Vulnerabilidad Futura

La secretaria nacional de gestión de riesgos realizó un estudio mediante métodos estadísticos de cómo sería la situación de vulnerabilidad en función de las inundaciones proyectado al año 2050, en ese estudio se analizaron varios escenarios con tres diferentes softwares.

#### 2.11 Problemáticas de la zona estudio

En base a la información generada en el actual capítulo se han detectado los siguientes problemas que dejan vulnerable a la parroquia en caso de inundaciones, se detallará cada uno de las problemáticas en cuestión.

### 2.11.1 Parroquia situada en llanura de inundación.

Por la topografía del sitio la parroquia se asienta en una llanura, en la cual al haber altas precipitaciones y a falta de un sistema de alcantarillado pluvial eficiente causa inundaciones y a su vez pérdidas materiales.

### 2.11.2 Plantaciones y cultivos afectados por crecidas del río.

El Río Chimbo en épocas de estiaje toma un nivel medio del agua entre 0.50 a 2.00 metros aproximadamente, pero en épocas de altas precipitaciones precisamente entre enero a abril, el nivel del agua se eleva y afecta plantaciones de banano que existen en las márgenes del río, así como cultivos y viviendas afectadas por las mismas crecidas.

### 2.11.3 Obstrucción en Presa aguas arriba.

La Presa Bypass que existe aguas arriba de la zona del proyecto que divide al Río Chimbo en un tributario como el Río Taura y el otro tramo sigue el sentido del río, se ve afectado por la acumulación de residuos de árboles como troncos, maleza, entre otros.

#### 2.11.4 Perfiles irregulares en cauce del río.

La actividad antropológica en la zona así como el nivel de precipitaciones que afecta a las márgenes del río ha afectado directamente con deslizamientos y cambios irregulares en el cauce del río, la extracción de material ha dado como resultado secciones muy irregulares que han disminuido la capacidad natural del cauce.

#### 2.11.5 Presencia de islotes en el cauce natural.

El arrastre de sedimentos en el cauce del río ha causado que se acumulen y formen pequeñas formaciones de sedimento sólido que hace cambiar las condiciones naturales del flujo y produce cambios de velocidad no deseados a lo largo de su extensión.

#### 2.11.6 Deslizamientos de taludes.

Al deslizarse el material del talud del río provoca que todo ese material se sedimente y a su vez se transporte por todo el cauce del río, cambiando las condiciones del flujo y afectando las plantaciones y viviendas que existen en las márgenes cercanas a dichos taludes.

#### 2.11.7 Sobre dragado en zonas del río.

Existe perfiles del río donde existen una exageración en el dragado ya que esta actividad no se realiza en toda la extensión del río, sino más bien en tramos donde es fácil acceder con maquinaria, esto hace que en dichas zonas existan grandes huecos que afectan.

# **CAPÍTULO 3**

## **3 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

### **3.1 Informe de la Estimación de Riesgo en la Parroquia Coop. 5 de Junio del Cantón Milagro.**

Para estimar los riesgos que existen en la Coop. 5 de Junio, se elabora un informe basado en los manuales del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) y la Dirección Nacional de Prevención (DINAPRE), ambas instituciones peruanas, y que se ajustan a las necesidades para la presentación de los riesgos que se producen en esta Parroquia, del cantón Milagro, provincia del Guayas.

#### **3.1.1 Situación General**

Se efectuará una evaluación de riesgos de la Parroquia 5 de Junio del Cantón Milagro, en la provincia del Guayas.

El informe tiene la participación de los autores del proyecto “Solución a la Vulnerabilidad Vial, Urbana y Fluvial producida por inundaciones en la cuenca

del Río Chimbo” y la finalidad es evaluar los riesgos existentes en el sector como base al estudio del proyecto.



**Figura 3.1:** Letrero en el puente sobre el Río Chimbo en la Coop. 5 de Junio.  
**Fuente:** Autores.

#### a) Ubicación Geográfica

La parroquia 5 de Junio se encuentra ubicada en el cantón Milagro de la provincia del Guayas sobre el río Chimbo al lado de la carretera hacia Virgen de Fátima. (**Figura 3.1**)

La parroquia se encuentra ubicada al suroeste del cantón, a 6 km del Centro de Milagro aproximadamente, tiene una superficie de 0,11 km<sup>2</sup> y una población inferior a los 2000 habitantes, de ahí que en ocasiones se le siga considerando recinto.

La parroquia 5 de Junio se encuentra a una altitud entre 10 y 20 m.s.n.m. aproximadamente, siendo creciente la altitud en sentido Este

a Oeste, por lo que el cauce del Río Chimbo seguiría el flujo hacia el Este siendo un ramal del Río Babahoyo.

Las coordenadas geográficas del centro de la Parroquia 5 de junio son las siguientes:

- LS 2° 11' 02"
- LGW 79° 37' 03"

## **b) Descripción física de la zona**

### **Accesibilidad**

El cantón Milagro se encuentra comunicado con el resto del país, mediante la red vial estatal, por 4 carreteras. El acceso a la parroquia 5 de Junio se realiza desde la Troncal de la Costa E25 en el tramo que va de Milagro a Naranjal. En el puente de la carretera E25 sobre el río Chimbo, al costado derecho de la misma.

### **Clima**

Al encontrarse en la región Costa tiene un clima cálido y húmedo todo el año. Su temperatura es de unos 25°C en promedio con una temperatura media anual que fluctúa entre los 21°C y 30°C. En la estación de invierno es cuando se suelen presentar grandes sequías o inundaciones con riesgos a la agricultura y el comercio de la zona.

### **Unidades Geomorfológicas**

Notamos en la figura 3-2 que sobre la Parroquia 5 de Junio se encuentra una formación de tipo abanico aluvial lo cual se explicaría dado la cercanía a la cordillera Occidental de Los Andes ecuatorianos. Precisamente, el abanico aluvial se caracteriza por originarse en zonas donde nacen cadenas montañosas, como es el caso del oriente de la provincia del Guayas, en un proceso que toma millones de años en originarse.

En estos miles y millones de años se produce la erosión de estas zonas contiguas a las montañas generando materiales sedimentarios que quedarán depositados formando el terreno. Son por lo general terrenos áridos o semiáridos, y es común que en los que se muestre mayor actividad se formen inundaciones.



**Figura 3.2:** Litología en la zona de estudio y Mapa Geológico del Ecuador.  
**Fuente:** Autores.

### c) Características Generales del área o del asentamiento humano infraestructura y servicios

#### Infraestructura de Servicios Urbanos

La Coop. 5 de Junio posee sistema de alumbrado público y también energía eléctrica en las viviendas, como se muestra en la Figura 3-3. También tienen agua potable en el sector. Conversando con los pobladores, mencionaron que la principal carencia en la parroquia es el alcantarillado, no existe una red de alcantarillado público en la misma, por lo que los pobladores usan pozos ciegos, letrinas u otros métodos para realizar sus necesidades. Otros también mencionaron que al existir líneas de buses que circulan en el sector, estos levantan

polvo y dañan las calles del sector, las cuales son de deficiente estructura.



**Figura 3.3:** Poste de alumbrado público y cables de energía eléctrica en el sector.  
**Fuente:** Autores.

### **Infraestructura y Obras de Servicios Públicos**

- Entre los servicios públicos en el sector podemos destacar:
- Centro de educación primaria
- Iglesia
- Campo deportivo

### **Infraestructura Urbana**

Si bien las viviendas están distribuidas de manera ordenada mediante parcelas y en su construcción se utilizan materiales como madera para columnas, pisos o cerramientos, bloques de cemento para paredes, etc.

En la década de los sesentas comenzó a poblarse la Coop. 5 de Junio, por lo que sus construcciones son de la época teniendo casi 50 años, su estado de conservación en promedio es de regular a malo.

### **Generalidades**

El cantón Milagro cuenta con los siguientes datos generales:

Población: 166.600 habitantes

Área: 401 Km<sup>2</sup>

Altitud: entre 5 y 50 m.s.n.m

Las viviendas que se ubican en la Parroquia 5 de Junio (Figura 3-4) no poseen servicios básicos como una red de agua potable, carecen de veredas y vías pavimentadas. Existe una iglesia y varios establecimientos de comercio a un costado de la carretera a Milagro.



**Figura 3.4:** Imagen satelital de la Coop. 5 de Junio.  
**Fuente:** (Google Satellite, 2016).

La Parroquia 5 de Junio tiene unos 0,11 Km<sup>2</sup>, cuenta con aproximadamente 220 parcelas y su población total se estima en 2000 personas. La misma se encuentra a unos 15 m.s.n.m.

### **Sector Potencialmente afectable**

Cuando ocurren lluvias de gran magnitud, prácticamente toda la Coop. 5 de Junio se ve afectada, empeorando esta situación cuando el río Chimbo se desborda. Esto se produce por estar ubicado a orillas del río y estar en una planicie con pocas diferencias de alturas.

#### 3.1.2 Identificación de Peligros

##### **Antecedentes**

Como se mencionó en el primer capítulo, las inundaciones producidas por el fenómeno de El Niño son devastadoras para el país, y el cantón Milagro no es la excepción. Además de esto, en cada invierno son habituales las inundaciones en la cabecera cantonal y en los poblados del cantón, provocadas también por crecidas y desbordes de ríos.

##### **Peligros Naturales y Tecnológicos**

Dentro de los peligros identificados en la zona se tienen los siguientes:

- Evaluación por sismos

Si bien ninguna vivienda está construida bajo alguna norma de construcción, después del último terremoto del 16 de abril del 2016,

devastador para las provincias de Manabí y Esmeraldas, no se detectaron viviendas destruidas por el mismo, ocurriendo solo daños menores en estas estructuras.

- Inundaciones

Al ubicarse en una llanura de inundación, prácticamente todos los años el cantón Milagro sufre inundaciones que afectan a las cosechas de los agricultores, perjudicando una de las principales fuentes de ingresos del cantón. El último temporal, a inicios del 2016, alrededor de 200 personas fueron trasladadas a alberges dado los niveles de la inundación, que en varios casos llenó de agua sus viviendas.



**Figura 3.5:** Río Chimbo a orillas de la Coop. 5 de Junio en época de verano donde el nivel del mismo es bajo.

**Fuente:** Autores.

### **Contaminación Ambiental**

Al estar al costado de la carretera que dirige a Milagro, la principal contaminación en la Coop. 5 de Junio la producen los buses y autos que por esta circulan por el puente (**Figura 3.5**) y la carretera. El CO<sub>2</sub> y el ruido que provocan perjudican la salud de los moradores.

La contaminación de los ríos, en especial el del río Milagro al cruzar por la cabecera cantonal, es un grave problema ya que las especies que ahí habitan mueren envenenadas, esto se presume que ocurre por residuos que ciertas industrias arrojan al río.

### **Caminos deteriorados**

Las calles de la parroquia 5 de Junio, están hechas de material lastrado, que generan polvo en verano mientras que invierno se forman lodazales. También se forman huecos por la mala composición del pavimento.



**Figura 3.6:** Calles de la Coop. 5 de Junio, material de pavimento pobre y con desechos alrededor.

**Fuente:** Autores.

Para cuantificar el peligro, se tendrán 4 niveles, desde un peligro bajo hasta un peligro muy alto, a partir de las características de la siguiente tabla:

**Tabla XXIX:** Niveles, descripción y valores de las zonas de peligro.

| NIVEL                  | DESCRIPCION O CARACTERISTICAS  | VALOR           |
|------------------------|--|-----------------|
| (Peligro Bajo)         | Terrenos planos o con poca pendiente, roca y suelo compacto y seco, con alta capacidad portante. Terrenos altos no inundables, alejados de barrancos o cerros deleznales. No amenazados por peligros, como actividad volcánica, maremotos, etc. Distancia mayor a 500 m. desde el lugar del peligro tecnológico.   | 1 < de 25%      |
| PM (Peligro Medio)     | Suelo de calidad intermedia, con aceleraciones sísmicas moderadas. Inundaciones muy esporádicas, con bajo tirante y velocidad. De 300 a 500 m. desde el lugar del peligro tecnológico.   | 2 De 26% a 50%  |
| (Peligro Alto)         | Sectores donde se esperan altas aceleraciones sísmicas por sus características geotécnicas. Sectores que son inundados a baja velocidad y permanecen bajo agua por varios días. Ocurrencia parcial de la licuación y suelos expansivos. De 150 a 300 m. desde el lugar del peligro tecnológico   | 3 De 51% a 75%  |
| PMA (Peligro Muy Alto) | Sectores amenazados por alud- avalanchas y flujos repentinos de piedra y lodo ("lloclla"). Áreas amenazadas por flujos piroclásticos o lava. Fondos de quebrada que nacen de la cumbre de volcanes activos y sus zonas de deposición afectables por flujos de lodo. Sectores amenazados por deslizamientos o inundaciones a gran velocidad, con gran fuerza hidrodinámica y poder erosivo. Sectores amenazados por otros peligros: maremoto, heladas, etc. Suelos con alta probabilidad de ocurrencia de licuación generalizada o suelos colapsables en grandes proporciones. Menor de 150 m. desde el lugar del peligro tecnológico | 4 De 76% a 100% |

**Fuente:** Ministerio de Perú – INDECI.

Para la parroquia 5 de Junio se tiene un terreno plano donde no se aprecian aceleraciones sísmicas. Las inundaciones son un problema cuando el río se desborda, por lo general en época invernal. El polvo y el ruido se producen en las vías de la parroquia y en la carretera ubicada al pie de la anterior. También hay que tomar en cuenta que peligros como maremotos (zona lejana a la costa ecuatoriana) o actividad volcánica (la mayor parte de volcanes ubicados en la sierra) no son amenaza para la población.

Tomando en cuenta todos los parámetros mencionados en el párrafo anterior se considerará en la parroquia 5 de Junio y sus alrededores los siguientes niveles de peligro:

- Evaluación de Sismos: Bajo
- Peligro de Inundaciones: Alto
- Contaminación Ambiental: Alto
- Vías de la parroquia: Alto
- Servicios para la población: Medio

### 3.1.3 Análisis de la Vulnerabilidad

Se definirá de manera cuantitativa las construcciones y las personas que pueden ser perjudicadas por los peligros en encuentren en la Parroquia 5 de Junio.

Si bien la vía de acceso al pueblo, la carretera E25 que se dirige a Milagro, está en excelente estado, las calles de la parroquia son de material afirmado, en muchos lugares deficientes ya que se originan huecos, o vegetación en el centro de la vía que dificulta el paso de los vehículos. En invierno las lluvias provocan un lodazal en las calles, mientras que en verano generan partículas de polvo levantadas por el viento.

Aunque si existen viviendas construidas recientemente, cierta parte de la infraestructura de la parroquia tiene cerca de 50 años, y aunque no haya habido daños considerables por el terremoto de abril pasado, las técnicas empleadas no son las mejores, por lo que no se descarta futuros daños a las edificaciones.

1. En la Coop. 5 de Junio no existe una red de alcantarillado, lo que complica la situación en épocas de lluvias, en las que el desborde del río Chimbo inunda a la parroquia.

2. Si bien es cierto que si existe recolección de basura por parte del Municipio de Milagro, existen escombros en ciertas calles que generan malestar a los automotores que circulan por el lugar.



**Figura 3.7:** Calles sin aceras y bordillo, no poseen sistema de alcantarillado.  
**Fuente:** Autores.

### **Vulnerabilidad Ambiental y Ecológica**

Las condiciones atmosféricas en la Coop. 5 de Junio son normales en comparación de los alrededores de la parroquia, se le asignará una vulnerabilidad baja (10%). En cuanto a la calidad del agua y el aire se tendrá un nivel moderado de contaminación (35%), debido al polvo y el paso de automotores en el puente de la vía a Milagro. No existe explotación de recursos naturales en el sector, tampoco deforestación, por lo que se tiene una vulnerabilidad baja (10%) en condiciones ecológicas.

Se asignará un valor de 18% a la Vulnerabilidad Ambiental y Ecológica.

**Tabla XXX: Vulnerabilidad Ambiental y Ecología**

| VARIABLE                                 | NIVEL DE VULNERABILIDAD  |  |   |   |
|--|--|--|---|---|
|  | VB - (Vulnerabilidad Baja)   | VM - (Vulnerabilidad Media)  | VA - (Vulnerabilidad Alta)  | VMA - (Vulnerabilidad Muy Alta)   |
|  | < 25 %   | 26 A 50 %  | 51 A 75 %   | 76 A 100 %  |
| Condiciones Atmosféricas                 | Niveles de temperatura al promedio normales  | Niveles de temperatura ligeramente superior al promedio normal   | Niveles de temperatura superiores al promedio normal  | Niveles de temperatura superiores estables al promedio normal   |
| Composición y Calidad del aire y el agua | Sin ningún grado de Contaminación  | Con un nivel moderado de contaminación   | Alto grado de contaminación   | Nivel de contaminación no apto  |
| Condiciones Ecológicas                   | Conservación de los recursos naturales, crecimiento poblacional planificado, no se practica la deforestación y contaminación | Nivel moderado de explotación de los recursos naturales; ligero crecimiento de la población y del nivel de contaminación | Alto nivel de explotación de los recursos naturales, incremento de la población y del nivel de contaminación. | Explotación indiscriminada de recursos naturales; incremento de la población fuera de la planificación, deforestación y contaminación |

**Fuente: INDECI.**

## Vulnerabilidad Física

El material de construcción usada en las viviendas por lo general es de concreto pero sin una adecuada técnica basada en las normas de construcción, incluso existen viviendas de caña en zonas cercana al río, se asignará una vulnerabilidad Media (45%). Como el río se encuentra a orillas de la población, la vulnerabilidad es muy alta (90%), con respecto a las viviendas. En cuanto al suelo se asignará una vulnerabilidad media (50%) y las leyes se cumplen en pocas ocasiones (60%).

Se asignará un valor de 61% a la Vulnerabilidad Física.

**Tabla XXXI: Vulnerabilidad Física.**

| VARIABLE  | NIVEL DE VULNERABILIDAD   |   |  |   |
|---|---|---|--|---|
|   | VB - (Vulnerabilidad Baja)  | VM - (Vulnerabilidad Media)                                       | VA - (Vulnerabilidad Alta)   | VMA - (Vulnerabilidad Muy Alta)   |
|   | < 25 %  | 26 A 50 %   | 51 A 75 %  | 76 A 100 %  |
| Material de construcción utilizada en viviendas   | Estructura sismorresistente con adecuada técnica constructiva (de concreto o acero) | Concreto, acero o madera, sin adecuada técnica constructiva       | Estructuras de adobe, piedra o madera, sin refuerzos estructurales | Estructuras de adobe, caña y otros de menor resistencia, en estado precario   |
| Localización de viviendas (*)   | Muy alejada > 5 Km  | Medianamente cerca 1 – 5 Km                                       | Cercana 0.2 – 1 Km   | Muy cercana 0.2 – 0 Km  |
| Características geológicas, calidad y tipo de suelo   | Zonas sin fallas ni fracturas, suelos con buenas características geotécnicas        | Zona ligeramente fracturada, suelos de mediana capacidad portante | Zona medianamente fracturada, suelos con baja capacidad portante   | Zona muy fracturada, fallada, suelos colapsables (relleno, mapa freática alta con turba, material inorgánico, etc.) |
| Leyes existentes  | Con leyes estrictamente cumplidas   | Con leyes medianamente cumplidas                                  | Con leyes sin cumplimiento   | Sin ley   |
| (*) Es necesario especificar la distancia, de acuerdo a la ubicación del tipo de vulnerabilidad |   |   |  |   |

**Fuente:** INDECI.

## Vulnerabilidad Económica

La actividad económica que prevalece es la agricultura, con amplio cultivos de bananos en los alrededores, si hablamos de la parroquia propiamente dicha, hay varios comedores y comercios en los costados de la carretera, se le asignará una vulnerabilidad media (30%). El acceso al mercado laboral será idéntico dado que la población trabaja ya sea de la agricultura o del comercio (30%). El nivel de ingresos cubre las necesidades básicas de los trabajadores, por lo que se le pondrá un porcentaje del 60%, es decir, una vulnerabilidad alta. En cuanto a la situación de pobreza se asignará una vulnerabilidad media (50%).

Se asignará un valor de 43% a la Vulnerabilidad Económica.

**Tabla XXXII: Vulnerabilidad Económica.**

| VARIABLE                                 | NIVEL DE VULNERABILIDAD  |   |  |  |
|--|--|---|--|--|
|  | VB - (Vulnerabilidad Baja)   | VM - (Vulnerabilidad Media)   | VA - (Vulnerabilidad Alta)   | VMA - (Vulnerabilidad Muy Alta)                      |
|  | < 25 %   | 26 A 50 %   | 51 A 75 %  | 76 A 100 %   |
| Actividad Económica                      | Alta productividad y Recursos bien distribuidos. Productos para el comercio exterior o fuera de la localidad | Medianamente productiva y distribución regular de los recursos. Productos para el comercio interior, a nivel local. | Escasamente productiva y distribución deficiente de los recursos. Productos para el autoconsumo. | Sin productividad y nula distribución de recursos.   |
| Acceso al mercado laboral                | Oferta laboral > Demanda   | Oferta laboral = Demanda  | Oferta laboral < Demanda   | No hay Oferta Laboral.                               |
| Nivel de ingresos                        | Alto nivel de ingresos   | Suficientes nivel de ingresos   | Nivel de ingresos que cubre necesidades básicas  | Ingresos inferiores para cubrir necesidades básicas. |
| Situación de pobreza o Desarrollo Humano | Población sin pobreza  | Población con menor porcentaje pobreza  | Población con pobreza mediana  | Población con pobreza total o extrema                |

**Fuente:** INDECI.

## Vulnerabilidad Social

Este tipo de vulnerabilidad se trata de conocer el nivel de participación de los pobladores, así como la organización de los mismos para afrontar situaciones de peligro en caso de desastres.

El nivel de organización en la parroquia es mediano, con la población poco organizada (60%). La participación en trabajos comunales es medianamente alta con la mayoría participando, se le asignará una vulnerabilidad media (40%). La relación entre instituciones locales y las organizaciones locales es muy débil (75%) con poco apoyo de instituciones. También existe una baja integración de las mismas teniendo un vulnerabilidad alta (70%)

Se asignará un valor de 61% a la Vulnerabilidad Social.

**Tabla XXXIII: Vulnerabilidad Social.**

| VARIABLE  | NIVEL DE VULNERABILIDAD          |                              |                                  |                                 |
|---|----------------------------------|------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
|   | VB - (Vulnerabilidad Baja)       | VM - (Vulnerabilidad Media)  | VA - (Vulnerabilidad Alta)       | VMA - (Vulnerabilidad Muy Alta) |
|   | < 25 %                           | 26 A 50 %                    | 51 A 75 %                        | 76 A 100 %                      |
| Nivel de Organización   | Población totalmente organizada. | Población organizada         | Población escasamente organizada | Población no organizada.        |
| Participación de la población en los trabajos comunales                 | Participación total              | Participación de la mayoría. | Mínima Participación             | Nula participación              |
| Grado de relación entre las instituciones y organizaciones locales.     | Fuerte relación                  | medianamente relacionados    | Débil relación                   | No existe                       |
| Tipo de integración entre las organizaciones e Institucionales locales. | Integración total.               | Integración parcial          | Baja integración                 | No existe integración           |

Fuente: INDECI.

### Vulnerabilidad Cultural e Ideológica

La gran parte de la población no tiene un conocimiento profundo sobre las causas y consecuencias de los desastres, pero están conscientes de que los perjudica, algunos pobladores, por lo general los de mayor edad, si conocen por qué se producen los mismos, por esto se considera una vulnerabilidad entre media y alta (55%). Así mismo la percepción real de los desastres escasea en los habitantes (55%). La actitud frente a estos es en parte previsor, ya que muchos no tienen recursos para prevenir los mismos o simplemente no desean realizarlo, otros por el contrario, sabiendo los peligros que generan estos desastres toman las medidas necesarias. (45%)

Se asignará un valor de 52% a la Vulnerabilidad Cultural e Ideológica.

**Tabla XXXIV: Vulnerabilidad Cultural e Ideológica.**

| VARIABLE                                       | NIVEL DE VULNERABILIDAD   |  |   |   |
|--|---|--|---|---|
|  | VB - (Vulnerabilidad Baja)  | VM - (Vulnerabilidad Media)  | VA - (Vulnerabilidad Alta)  | VMA - (Vulnerabilidad Muy Alta)   |
|  | < 25 %  | 26 A 50 %  | 51 A 75 %   | 76 A 100 %  |
| Conocimiento sobre la ocurrencia de desastres  | Conocimiento total de la población sobre las causas y consecuencias de los desastres    | La mayoría de la población tiene conocimientos sobre las causas y consecuencias de los desastres | Escaso conocimiento de la población sobre las causas y consecuencias de los desastres | Desconocimiento total de la población sobre las causas y consecuencias de los desastres |
| Percepción de la población sobre los desastres | La totalidad de la población tiene una percepción real sobre la ocurrencia de desastres | La mayoría de la población tiene una percepción real de la ocurrencia de los desastres.          | La minoría de la población tiene una percepción realista y más místico y religioso.   | Percepción totalmente irreal – místico – religioso                                      |
| Actitud frente a la ocurrencia de desastres    | Actitud altamente previsor  | Actitud parcialmente previsor  | Actitud escasamente previsor  | Actitud fatalista, conformista y con desidia.   |

Fuente: INDECI.

### Vulnerabilidad Política

Al ser una parroquia, se puede decir que si posee autonomía la población, de forma parcial dado que en ocasiones no responden las autoridades, pero se ven impedidos de actuar en casos de desastres graves, en la que necesitan ayuda de autoridades del gobierno central, por lo que tendrán un porcentaje de 45%. El respaldo político es entre parcial y minoritario, en parte a la falta de obras en el pueblo, con un porcentaje del 65% de vulnerabilidad. La participación de la población es media, se produce en contadas ocasiones, por lo general en situaciones de riesgo, se tendrá una vulnerabilidad media (50%).

Se asignará un valor de 53% a la Vulnerabilidad Política.

**Tabla XXXV:** Vulnerabilidad Política.

| VARIABLE                | NIVEL DE VULNERABILIDAD     |                                |                                    |                                 |
|-------------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
|                         | VB - (Vulnerabilidad Baja)  | VM - (Vulnerabilidad Media)    | VA - (Vulnerabilidad Alta)         | VMA - (Vulnerabilidad Muy Alta) |
|                         | < 25 %                      | 26 A 50 %                      | 51 A 75 %                          | 76 A 100 %                      |
| Autonomía local         | Total autonomía             | Autonomía parcial              | Escasa autonomía                   | No existe autonomía             |
| Liderazgo político      | Aceptación y respaldo total | Aceptación y respaldo parcial. | Aceptación y respaldo Minoritario. | No hay aceptación ni respaldo   |
| Participación ciudadana | Participación total         | Participación mayoritaria      | Participación minoritaria          | No hay participación            |

**Fuente:** INDECI.

### **Vulnerabilidad Científica y Tecnológica**

Se refiere al nivel de acceso a la información de la problemática existente y el conocimiento científico de la población a sus problemas. La mayoría de los peligros naturales han sido tratados en trabajos, aunque tal vez no relacionados al sector de 5 de Junio, pero sí al río Chimbo, se le asignará un valor de 35%, es decir, una vulnerabilidad media. No existen instrumentos de medición en la zona (85%) y la población en general no conoce de la existencia de los trabajos de investigación realizados (85%), se asigna una vulnerabilidad alta. La población a pesar de no conocer las investigaciones que se realizan, si comprenden la necesidad de cumplir con las recomendaciones que dan las autoridades basadas en las investigaciones que se han realizado (40%).

Se asignará un valor de 62% a la Vulnerabilidad Científica y Tecnológica.

**Tabla XXXVI:** Vulnerabilidad Científica y Tecnológica.

| VARIABLE  | NIVEL DE VULNERABILIDAD   |  |   |   |
|---|---|--|---|---|
|   | VB - (Vulnerabilidad Baja)  | VM - (Vulnerabilidad Media)  | VA - (Vulnerabilidad Alta)  | VMA - (Vulnerabilidad Muy Alta)                     |
|   | < 25 %  | 26 A 50 %  | 51 A 75 %   | 76 A 100 %  |
| Existencia de trabajos de investigación sobre Desastres naturales en la localidad | La totalidad de los peligros naturales fueron estudiados                | La mayoría de los peligros naturales fueron estudiados               | Existen pocos estudios de los peligros naturales                  | No existen estudios de ningún tipo de los peligros. |
| Existencia de Instrumentos para medición (sensores) de fenómenos completos.       | Población totalmente instrumentada                                      | Población parcialmente instrumentada                                 | Población con escasos instrumentos                                | Población sin instrumentos                          |
| Conocimiento sobre la existencia de estudios                                      | Conocimiento total de los estudios existentes                           | Conocimiento parcial de los estudios                                 | Mínimo conocimiento de los estudios existentes                    | No tienen conocimiento de los estudios              |
| La Población cumple las conclusiones y recomendaciones                            | La totalidad de la población cumplen las conclusiones y recomendaciones | La mayoría de la población cumple las conclusiones y recomendaciones | Se cumple en mínima proporción las conclusiones y recomendaciones | No cumplen las conclusiones y recomendaciones       |

Fuente: INDECI.

## Vulnerabilidad Total

**Tabla XXXVII:** Vulnerabilidad Total en la Parroquia 5 de Junio.

| Tipo                     | Nivel de Vulnerabilidad |          |         |             | Total           |
|--------------------------|-------------------------|----------|---------|-------------|-----------------|
|                          | V. Baja                 | V. Media | V. Alta | V. Muy Alta |                 |
|                          | <25%                    | 26-50%   | 51-75%  | 76-100%     |                 |
| Ambiental y Ecológica    | 18                      |          |         |             | 18              |
| Física                   |                         |          | 61      |             | 61              |
| Económica                |                         | 43       |         |             | 43              |
| Social                   |                         |          | 61      |             | 61              |
| Cultural e Ideológica    |                         |          | 52      |             | 52              |
| Política e Institucional |                         |          | 53      |             | 53              |
| Científica y Tecnológica |                         |          | 62      |             | 62              |
|                          |                         |          |         |             | <b>Total</b>    |
|                          |                         |          |         |             | <b>350</b>      |
|                          |                         |          |         |             | <b>Promedio</b> |
|                          |                         |          |         |             | <b>50</b>       |

Fuente: Autores.

A partir de la tabla anterior se puede apreciar que, tomando en cuenta todos los tipos de vulnerabilidad, con un porcentaje del 50%, se tendrá una vulnerabilidad media en el poblado.

### 3.1.4 Cálculo del Riesgo

#### a) Determinación de los Niveles de Riesgo

Con ayuda de la siguiente tabla se encontrará el riesgo en la parroquia 5 de Junio:

**Tabla XXXVIII:** Matriz de Peligro y de Vulnerabilidad.

|                  |                     |                      |                     |                         |
|------------------|---------------------|----------------------|---------------------|-------------------------|
| Peligro Muy Alto | Riesgo Alto         | Riesgo Alto          | Riesgo Muy Alto     | Riesgo Muy Alto         |
| Peligro Alto     | Riesgo Medio        | Riesgo Medio         | Riesgo Alto         | Riesgo Muy Alto         |
| Peligro Medio    | Riesgo Bajo         | Riesgo Medio         | Riesgo Medio        | Riesgo Alto             |
| Peligro Bajo     | Riesgo Bajo         | Riesgo Bajo          | Riesgo Medio        | Riesgo Alto             |
|                  | Vulnerabilidad Baja | Vulnerabilidad Media | Vulnerabilidad Alta | Vulnerabilidad Muy Alta |

**Fuente:** Autores.

Dado que la vulnerabilidad resultó ser de nivel medio, con los niveles de peligro presentados se tendrá el siguiente Riesgo para todos los peligros expuestos:

|                             |           |              |
|-----------------------------|-----------|--------------|
| Evaluación de Sismos        | PB x VM = | RIESGO BAJO  |
| Peligro de Inundaciones     | PA x VM = | RIESGO MEDIO |
| Contaminación Ambiental     | PA x VM = | RIESGO MEDIO |
| Vías de la parroquia        | PA x VM = | RIESGO MEDIO |
| Servicios para la población | PM x VM = | RIESGO MEDIO |

### 3.2 Planteamiento de alternativas para resolver la problemática

Como solución a la problemática de inundaciones en la parroquia 5 de junio, las plantaciones y producción del sector se han propuesto de manera necesaria realizar las siguientes tres actividades:

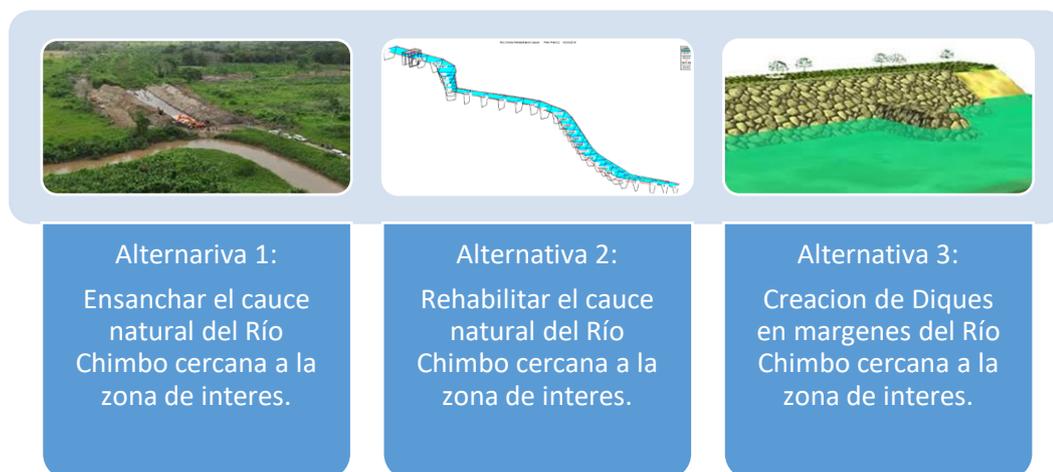
- Diseño y construcción de una red de alcantarillado pluvial en la Parroquia.
- Implementación de una capa de pavimento en las calles principales de la parroquia y vía principal que conecta a la entrada de la misma.
- Mantenimiento de Presa existente aguas arriba mediante construcción de elemento prismático para evitar basura en la misma.



**Figura 3.8** Resumen de índices de estabilidad por alternativa.

**Fuente:** Autores.

Acompañando a las actividades mencionadas se realizará una de las tres alternativas que se muestran en la **Figura 3.9**.



**Figura 3.9:** Representación de alternativas para el presente proyecto.  
**Fuente:** Autores.

### 3.3 Diseño de Sistema de Alcantarillado Pluvial

En esta sección se indicarán las bases de diseño que se tomaron para el diseño de sistema de alcantarillado pluvial en la zona de la parroquia 5 de junio.

#### 3.3.1 Período de Diseño

El período de diseño es el tiempo que se espera que una construcción o estructura trabaje de perfecta manera bajo los parámetros para lo cual se ha diseñado. Se adoptará en función del material a usar, y también tomando en

cuenta características que puedan cambiar a lo largo del tiempo que se quiera diseñar, tales como desarrollo poblacional, industrial, económico.

Así por ejemplo, para el PVC, que tiene una vida útil de aproximadamente 25 años, se puede usar un período de 50 años tomando en cuenta los parámetros mencionados anteriormente. Según normas internacionales se recomienda un período de diseño de entre 20 y 25 años para tuberías laterales y de 50 años o más para colectores principales.

El período de diseño que se utilizará para el estudio del sistema de alcantarillado es de 25 años.

### 3.3.2 Areas de Drenaje

Es la superficie donde toda el agua de lluvia, nieve o hielo converge en un mismo punto de baja elevación, generalmente el final de la cuenca. Estas áreas se definieron según los datos topográficos de la zona. Para los cálculos, se usaron los planos topográficos.

Se tomó la topografía de la zona, determinando de manera concreta el flujo del agua para así tener medidas de tubería según la demanda que se genera en la zona.

### 3.3.3 Caudales de Diseño

#### **Caudal de Aguas Lluvias**

Se lo determinó basado en el método racional con las curvas de intensidad, duración y frecuencia empíricas obtenidas en el INHAMI para la zona 3.

$$Q = C * I * A$$

- Q = Caudal de aguas lluvia
- C = Coeficiente de escurrimiento o impermeabilidad
- I = Intensidad de lluvia
- A = Area de drenaje o aportación

Como el área a determinar es de 0.11Ha no hay problema en que puedan sobredimensionarse los caudales ya que el método racional es propenso a este problema cuando hay superficies mayores a 0.5Ha.

#### **Coeficiente de Escurrimiento**

Es la correlación entre el agua que escurre en el área donde se va a realizar el diseño y la precipitación total en la misma área. Este valor varía por la vegetación existente en la zona, que tan impermeable sea el terreno o el tiempo que la lluvia humedece el suelo. La **Tabla XXXIX** muestra valores de C para diferentes tipos de superficie.

**Tabla XXXIX:** Coeficiente de Escurrimiento (C) según el tipo de Superficie

| Tipo de Superficie                             | C           |
|--|-------------|
| Cubierta metálica                              | 0.95        |
| Cubierta con teja ordinaria o impermeabilizada | 0.90        |
| Pavimentos asfálticos en buenas condiciones    | 0.85 – 0.90 |
| Pavimentos de hormigón                         | 0.80 – 0.85 |
| Empedrados (juntas pequeñas)                   | 0.75 – 0.80 |
| Empedrados (juntas ordinarias)                 | 0.40 – 0.50 |
| Pavimentos con macadam                         | 0.25 – 0.60 |
| Superficies no pavimentadas                    | 0.10 – 0.30 |
| Parques y jardines                             | 0.05 – 0.25 |

**Fuente:** Normas IEOS.

**Tabla XL:** Coeficiente de Escurrimiento (C) según el tipo de zonificación.

| Tipo de Zonificación   | C           |
|--|-------------|
| Zonas centrales densamente construidas, con vías y calzadas pavimentadas           | 0.70 – 0.90 |
| Zonas adyacentes al centro de menor densidad poblacionales con calles pavimentadas | 0.70        |
| Zonas residenciales medianamente pobladas  | 0.55 – 0.65 |
| Zonas residenciales con baja densidad  | 0.35 – 0.55 |
| Parques, campos de deporte   | 0.10 – 0.20 |

**Fuente:** (Normas IEOS).

## Intensidad de Lluvia

Es la relación que se tiene entre la cantidad de agua que ha precipitado por unidad de área y el tiempo que ha pasado para obtener esa cantidad. Para determinar las intensidades de lluvia, que son primordiales al momento de obtener el caudal de diseño de la red, se han empleado ecuaciones pluviométricas que resultan de un estudio hidrológico.

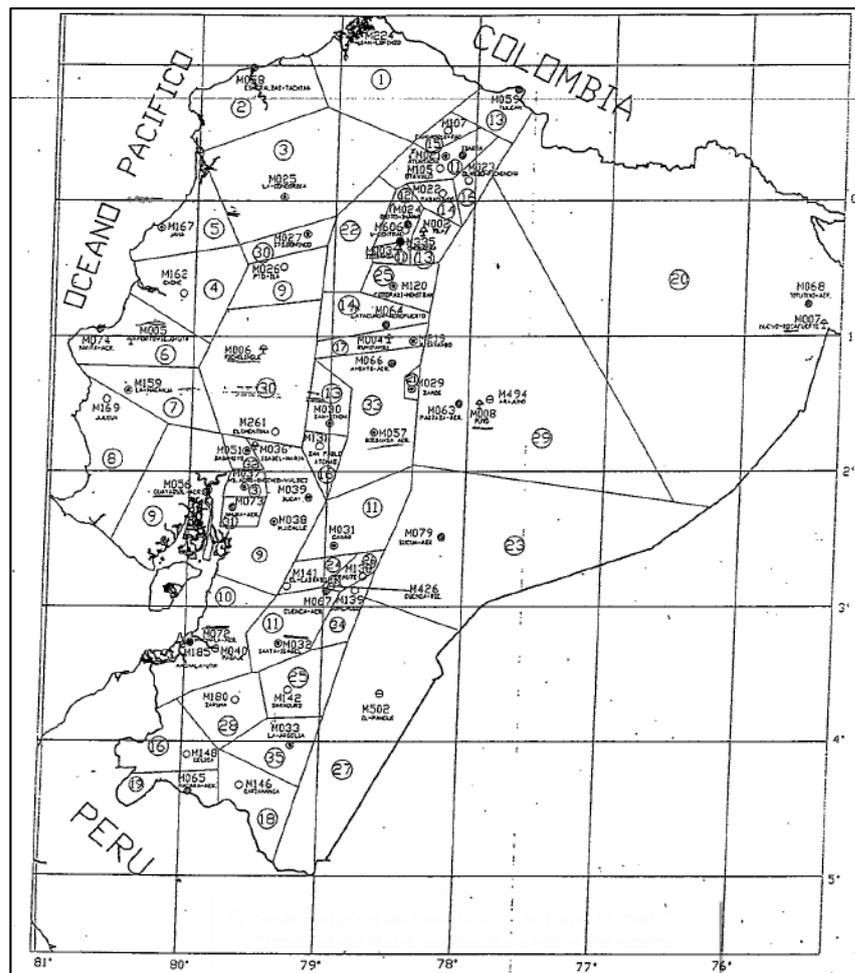


Figura 3.10: Mapa de Zonificación de Intensidades de Precipitación.

Fuente: INAMHI.

Para la Zona 3 se tiene por ecuaciones

$$I_{TR} = 53.369 * Id_{TR} * t^{-0.3278}$$

$$5\text{min} < 90\text{min}$$

$$I_{TR} = 308.38 * Id_{TR} * t^{-0.7782}$$

$$90\text{min} < 1440\text{min}$$

Donde:

- $I_{TR}$ = Intensidad de precipitación para un periodo de retorno en mm/h.
- $I_{dTR}$ = Intensidad Diaria para un período de retorno dado en mm/h.
- $t$ = Tiempo de duración de la lluvia en minutos.
- $TR$ = Periodo de Retorno.

La Curva de Intensidades Máximas para la zona 3 está compuesta por dos rectas, de ahí que se tengas 2 ecuaciones distintas. Se usará la primera dado que el menor a 90 min y mayor a 5 min. La tabla 3 muestra los valores de intensidad diaria y la intensidad de precipitación para los períodos de retorno mostrados.

**Tabla XLI:** Cálculo de Intensidad de Precipitación.

| TR  | Idtr | T      |        |        |        |
|-----|------|--------|--------|--------|--------|
|     |      | 5      | 15     | 30     | 60     |
| 1   | 4.03 | 126.90 | 88.53  | 70.53  | 56.20  |
| 2   | 4.54 | 142.96 | 99.73  | 79.46  | 63.31  |
| 3   | 4.9  | 154.30 | 107.64 | 85.76  | 68.33  |
| 5   | 5.16 | 162.49 | 113.35 | 90.31  | 71.95  |
| 10  | 5.76 | 181.38 | 126.53 | 100.81 | 80.32  |
| 25  | 6.45 | 203.11 | 141.69 | 112.89 | 89.94  |
| 50  | 6.92 | 217.91 | 152.01 | 121.11 | 96.50  |
| 100 | 7.37 | 232.08 | 161.90 | 128.99 | 102.77 |

**Fuente:** Autores.

### Tiempo de Concentración

Para el área de drenaje, este será el tiempo en se demora una gota de agua en atravesar la misma, desde el punto más alejado al punto final, por lo general el más bajo del área de drenaje.

### Topografía de la zona

La Parroquia 5 de Junio se encuentra ubicada en una llanura de inundación, si bien la pendiente media del terreno no es muy pronunciada, esta es afectada por la presencia de crecidas en el Rio Chimbo, por lo cual el diseño de una red de alcantarillado es de suma importancia para el sector.



**Figura 3.11:** Topografía de Parroquia 5 de Junio (Google Satellite, Curvas de Nivel en Civil 3D, Modelo Digital de Elevaciones con ArcGis).

**Fuente:** Autores.

Siguiendo la recomendación de la norma CPE INEN 5 Parte 9.2 , se ha dispuesto la separación entre curvas de nivel para el estudio de cada metro, debido a pendientes entre el 2 y 5 % en el terreno.

**Tabla XLII:** Intervalos entre curvas de nivel.

| <b>Pendiente Media del Terreno (%)</b> | <b>Equidistancia (m)</b> |
|--|--------------------------|
| < 2                                    | 0.5                      |
| 2 al 5                                 | 1.0                      |
| 5 al 10                                | 2.0                      |
| 10 al 20                               | 2.5                      |
| > 20                                   | 5.0                      |

**Fuente:** (CPE INEN 5 Parte 9.2).



**Figura 3.12:** Separación de curvas de nivel 1m curvas secundarias y cada 5 metros curvas principales.

**Fuente:** Autores.

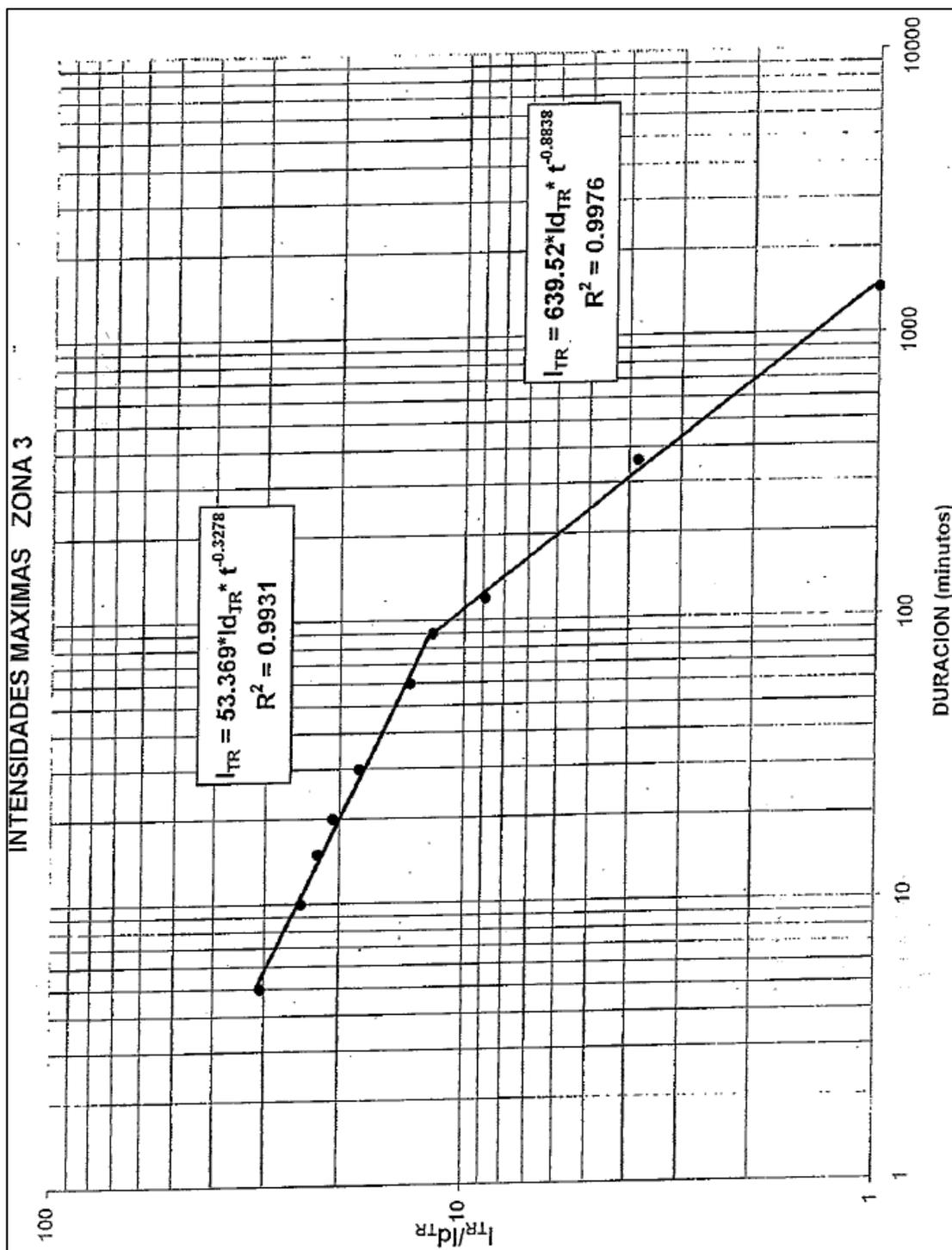


Figura 3.13: Curva de Intensidad - Duración para zona de estudio.  
Fuente: INAMHI.

### 3.3.4 Diseño de Pavimento Suelo-Cemento mediante método PCA (Portland Concrete Association)

La Asociación del Concreto Portland ha realizado una serie de investigaciones recopilando información de diversas fuentes que estudian el rendimiento del pavimento en servicio. Este estudio tomó esta información para obtener un procedimiento de diseño para pavimentos suelo-cemento.

Las propiedades estructurales del Suelo-Cemento por lo general dependen de la edad, tipo e incluso las condiciones de curado del suelo. **Tabla XLIII** muestra los valores máximos y mínimos para la variedad de clases de suelo-cemento. El valor del radio de curvatura servirá como una medida de la resistencia a la flexión.

**Tabla XLIII:** Propiedades Estructurales Básicas del Suelo–Cemento.

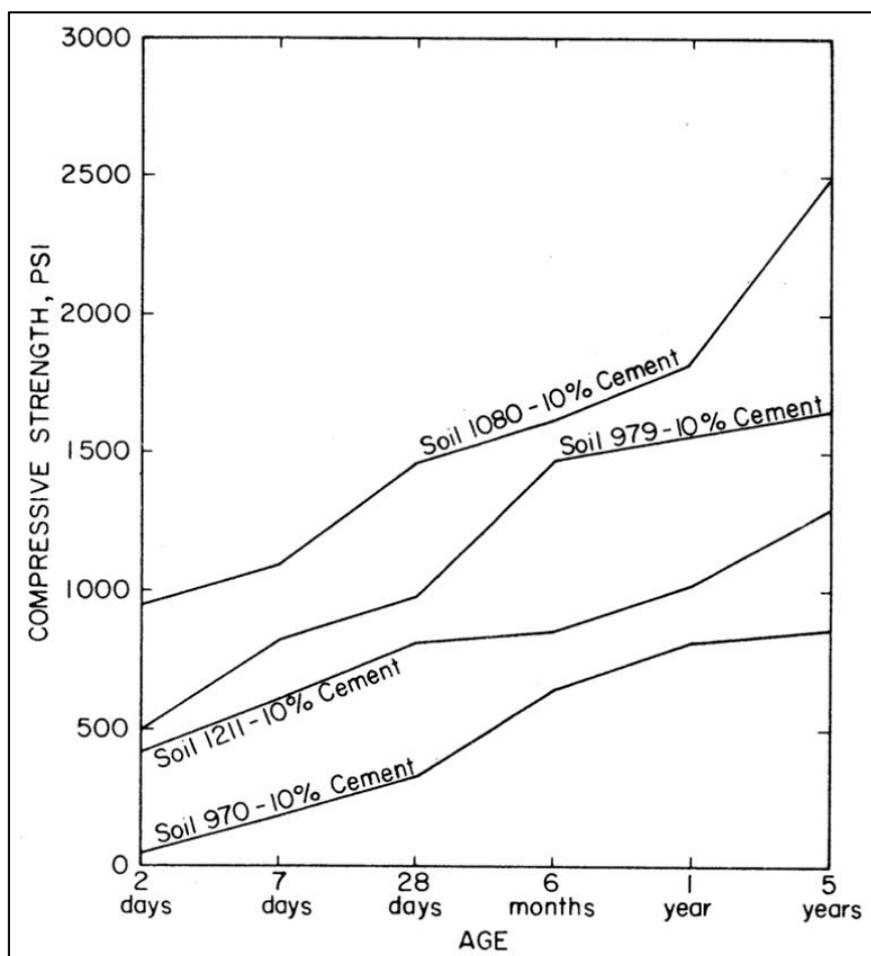
| Propiedad   | Valores a 28 días       |
|---|-------------------------|
| <b>Resistencia a la compresión, saturada</b>                | 400 - 900 psi           |
| <b>Módulo de Ruptura</b>                                    | 80 - 180 psi            |
| <b>Módulo de Elasticidad (modulo estático a la flexión)</b> | 600,000 – 2'000,000 psi |
| <b>Coefficiente de Poisson</b>                              | 0.12 – 0.14             |
| <b>Radio de curvatura crítico, en viga de 6x6x30 pulg.</b>  | 4,000 – 7,500 pulg      |

Fuente: (PCA).

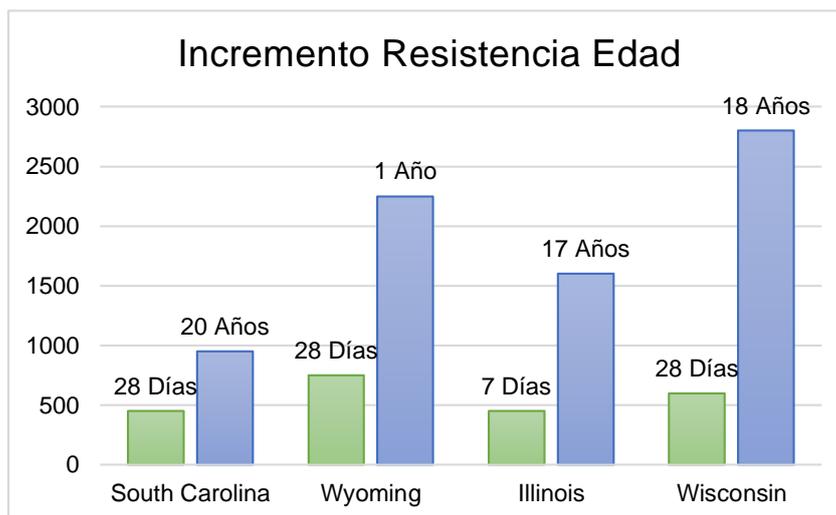
Una de las grandes ventajas del pavimento de suelo-cemento es que su resistencia promedio con el pasar del tiempo va a ir aumentando, llegando a valores mucho mayores que los mostrados a los 28 días. En la **Figura 3.14** se

puede observar el incremento de la resistencia con el paso del tiempo para 4 diferentes muestras de suelo-cemento de laboratorio.

En el **Gráfico 3.1** se trata a muestras tomadas en campo por 4 diferentes departamentos de transportes en los Estados Unidos, y se comprueba el aumento de la resistencia con el paso del tiempo. Con esto se tiene una tolerancia para el diseño del espesor del pavimento.



**Figura 3.14:** Incremento de la resistencia con la edad, especímenes de laboratorio.  
Fuente: (PCA).



**Gráfico 3.1:** Incremento de la resistencia con la edad.  
**Fuente:** (PCA).

Las características de carga-deflexión muestran que la resistencia del pavimento de suelo-cemento se evalúa de manera más exacta por el grado de flexión, es por esto que para formular el diseño se toma como factor principal el valor del radio de curvatura.

En cuanto a las propiedades de fatiga, las investigaciones dicen que el radio de curvatura a la flexión incide en el número de repeticiones de carga hasta la falla, similar a lo que sucede en otros materiales.

También incide el tipo de suelo en los resultados a la fatiga, dividiéndolos por tipos de textura: finos y granulares. Según la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes (AASHTO por sus siglas en inglés) se los separa en los siguientes grupos:

Suelos de gradación fina – Grupos A-2-6, A-2-7, A-4, A-5, A-6, y A-7

Suelos granulares – Grupos A-1, A-3, A-2-4, y A-2-5

### **Procedimientos de diseño**

Según la PCA, se deberá analizar 5 factores para determinar el espesor de diseño:

#### 1. Resistencia del suelo.

Para el lugar de estudio, la parroquia 5 de Junio, se tiene un suelo de fundación débil, se tomará un valor de 100 lb/pulg<sup>3</sup> para el módulo de Westergaard de reacción del suelo (k), para esto se usó la Tabla 42 como guía ya que los datos presentados en la misma están apoyados en ensayos y pruebas de laboratorio realizados para tipos de suelos de una manera general.

Para suelos con valores menores a los mostrados en la **Tabla XLIV**, es decir, que sean muy blandos, se los deberá mejorar conforme indiquen los métodos desarrollados en el Manual de Construcción de Suelo-Cemento de la Portland Concrete Association.

**Tabla XLIV:** Relaciones entre tipos de Suelos y Valores de Soporte.

| Tipo de Suelo  | Resistencia del Suelo | Rango de CBR (%) | Rango del Valor R | Rango del Módulo k (lb/pulg <sup>3</sup> ) |
|--|-----------------------|------------------|-------------------|--|
| Suelos de grano fino en los cuales predominan los tamaños de partículas de limo y arcilla                          | Baja                  | 3 a 6            | 8 a 27            | 100-150                                    |
| Arenas pobremente graduadas y suelos que son predominantemente arenosos con cantidades moderadas de limo y arcilla | Media                 | 6 a 10           | 27 a 45           | 150-200                                    |
| Suelos gravosos, arenas bien graduadas, y mezclas de arenas y gravas, relativamente libres de finos plásticos      | Alta                  | Más de 10        | 50 o más          | 200 o más                                  |

Fuente: (PCA).

### Periodo de diseño del pavimento

Normalmente se selecciona un valor de 20 años pero al ser un valor arbitrario y que el diseño no se verá afectado por algún cambio en el mismo, el diseñador puede tomar un valor diferente de este y facilitar el volumen total de tráfico de manera compatible.

Trafico, incluyendo volumen y distribución de pesos por eje (configuración de cargas de ejes simple y tándem, de camiones convencionales).

En este parámetro influirán valores como el Tráfico Promedio Diario (TPD), tráfico a futuro, distribución eje-carga y el factor de fatiga.

La **Tabla XLV** nos ofrece los factores de proyección para 20 años a partir de la tasa de crecimiento del tráfico donde las más altas serán las de carreteras y vías que conecten ciudades. Para caminos rurales como los de la Coop. 5 de Junio las tasas de crecimiento serán incluso más bajas que el 2%.

**Tabla XLV:** Tasas anuales de crecimiento de tráfico y factores de proyección correspondientes.

| Tasa anual de crecimiento de tráfico (%) | Factor de proyección para un periodo de diseño de 20 años |
|--|---|
| 1  | 1.1   |
| 1 ½                                      | 1.1   |
| 2  | 1.2   |
| 2 ½                                      | 1.3   |
| 3  | 1.4   |
| 3 ½                                      | 1.5   |
| 4  | 1.5   |
| 4 ½                                      | 1.6   |
| 5  | 1.7   |
| 5 ½                                      | 1.8   |
| 6  | 1.9   |

Fuente: (PCA).

Para el diseño en las calles de la Coop. 5 de Junio tomaremos una tasa de crecimiento anual del 1% resultando, según la **Tabla XLV**, en un factor de proyección de 1.1 para un periodo de diseño de unos 20 años. El valor del crecimiento de tráfico no será relevante para este tipo de caminos.

Al no tener datos de distribución de cargas por eje para caminos con un tráfico ligero o en caminos secundarios, se usará la **Tabla XLVI** donde se encuentran valores de TPD y de Factor de Fatiga para diferentes tipos de caminos.

**Tabla XLVI:** Factores de Fatiga representativos para pavimentos de tráfico ligero.

| Facilidad                              | TPD           | Total de camiones (%) Aprox. | Camiones pesados (%) Aprox | Factor de Fatiga |
|--|---------------|------------------------------|----------------------------|------------------|
| <b>Calles puramente residencial</b>    | 300 a 700     | 8                            | 3                          | 5 a 12           |
| <b>Calles colectoras residenciales</b> | 700 a 4,000   | 8                            | 3                          | 12 a 20          |
| <b>Caminos secundarios</b>             | Hasta 2,000 + | 14 a 20                      | 5 a 8                      | 12 a 30          |

Fuente: (PCA).

En este procedimiento, nombramos como “Factor de Fatiga” al valor individual que representa los efectos del consumo total de fatiga que generan los volúmenes y pesos de cargas de ejes simples y tándem.

Los rangos de Factor de Fatiga aquí mostrados están en función de varios parámetros para el tráfico de calles como las de la Coop. 5 de junio:

- La mitad del número indicado de cargas pesadas por eje, por dirección.
- Las distribuciones de cargas por ejes varían de 12,000 a 20,000 libras por eje individual.
- Los promedios ponderados de cargas por eje varían entre 13,000 y 16,000 libras por eje individual.

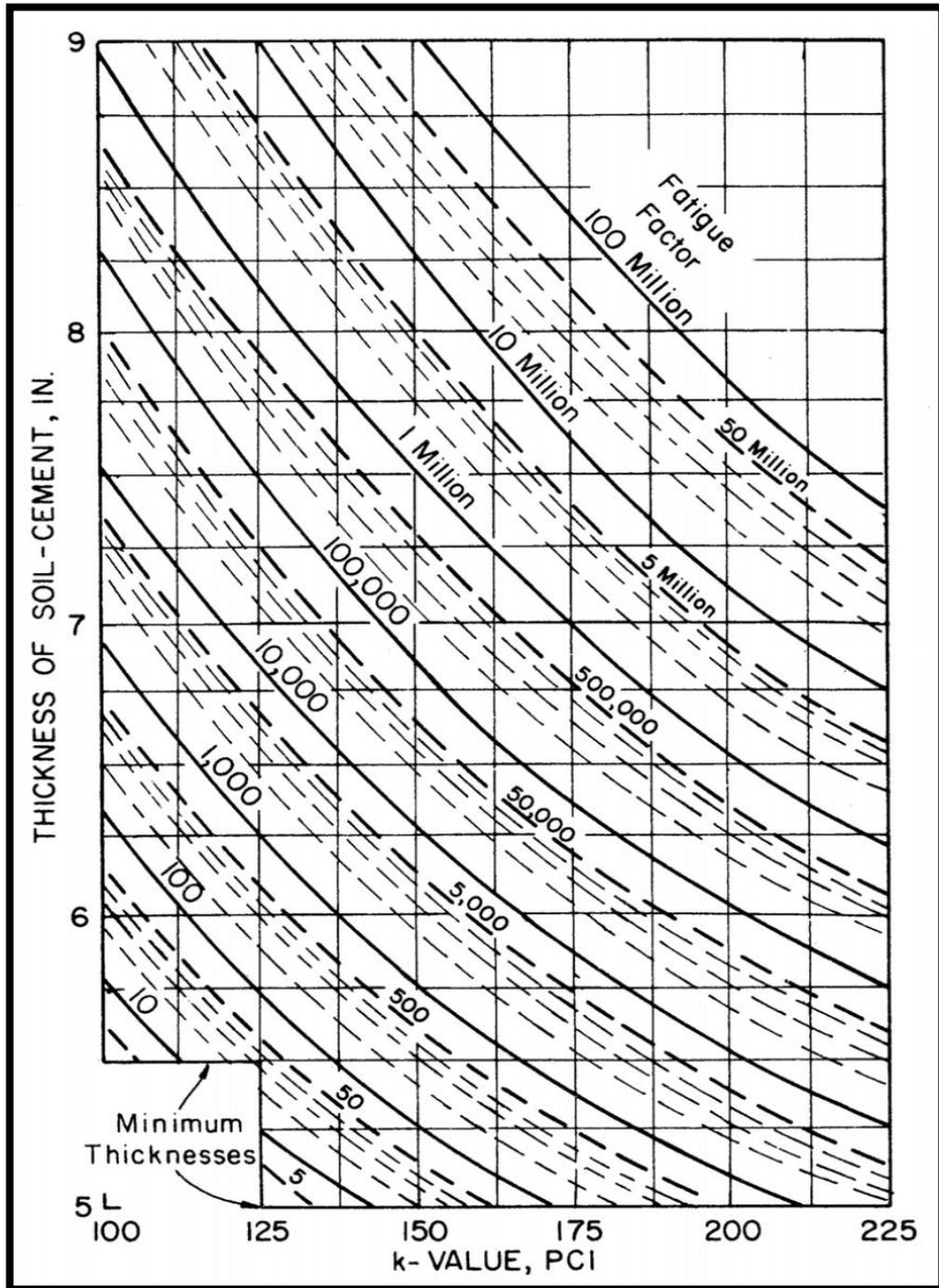
Para calles en donde sólo se movilizaran vehículos de los residentes del sector, los Factores de Fatiga representan también a los volúmenes de camiones que sean lo suficientemente pesados para modificar el espesor en

el diseño, siendo estas cargas alrededor de 12,000 libras o incluso más por cada eje. Se escogió un valor de 12 para el Factor de Fatiga, siendo este el rango más alto según el TPD para calles residenciales como se muestra en la **Tabla XLVI**.

### **Espesor de la capa de base suelo-cemento.**

Para el diseño se usará un suelo-cemento granular. Con los datos del Coeficiente de Reacción  $k$  y el Factor de Fatiga, mediante la Figura 3-14, se encuentra el espesor de esta capa de base.

- $TPD \text{ de Diseño} = 600 \times 1.1 = 660$
- $k = 100 \text{ lb/pulg}^3$
- $Factor \text{ de Fatiga asignado} = 12$



**Figura 3.15:** Carta para diseño de espesores para suelo-cemento granular.  
**Fuente:** (PCA).

Con los datos del proyecto tendremos una capa de suelo-cemento con un espesor de al menos 5.9 pulgadas.

### **Espesor de la capa bituminosa superficial.**

Este espesor dependerá, entre otros factores, del clima, tipo de superficie e incluso el volumen de tráfico. La **Tabla XLVII** se ha realizado a partir de la experiencia de investigaciones realizadas por la PCA donde se tomaron en cuenta estas y otras variables para el diseño de la capa superficial.

**Tabla XLVII:** Espesores de Superficie Bituminosa.

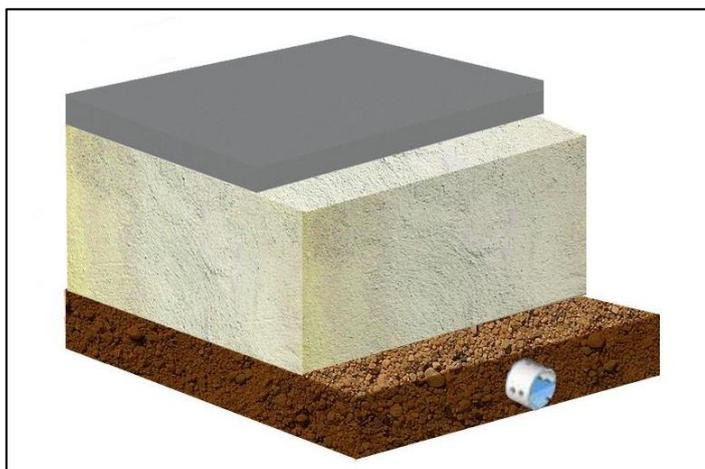
| Espesor de Suelo – Cemento (pulg) | Espesor de Superficie Bituminosa Recomendado (pulg) | Espesor Mínimo de Superficie Bituminosa (pulg) |                        |
|-----------------------------------|---|--|------------------------|
|                                   |   | Área sin congelamiento                         | Área con congelamiento |
| <b>5 - 6</b>                      | $\frac{3}{4}$ - 1 $\frac{1}{2}$                     | SBST   | DBST                   |
| <b>7</b>                          | 1 $\frac{1}{2}$ - 2                                 | DBST   | 1                      |
| <b>8</b>                          | 1 $\frac{1}{2}$ - 2 $\frac{1}{2}$                   | 1  | 1 $\frac{1}{2}$        |
| <b>9</b>                          | 2 - 3   | 2  | 2                      |

**Fuente:** (PCA).

Para el caso del proyecto, el espesor de la capa bituminosa de superficie debería estar entre los  $\frac{3}{4}$  de pulgada y las 1  $\frac{1}{2}$  pulgadas, siendo lo mínimo una capa de rodadura con un tratamiento superficial bituminoso simple (SBST)

Así, el diseño apropiado para la construcción será con una capa de base de 6 pulgadas de suelo-cemento y aplicar tratamiento superficial bituminoso doble

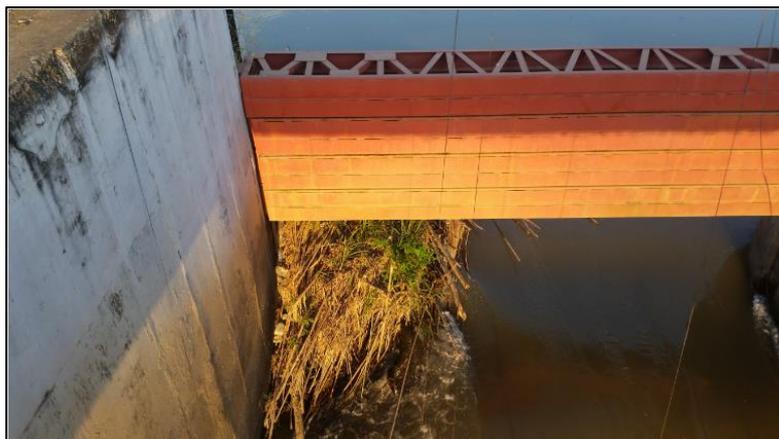
de 1 pulgada en la superficie. El corte del pavimento se puede visualizar en la **Figura 3.16**.



**Figura 3.16:** Esquema del pavimento diseñado.  
**Fuente:** Autores.

### **3.4 Creación de elemento prismático de protección en represa existente**

En la presa existente existe acumulación de desechos tales como ramas, troncos, hierba entre otros, las actividades que realiza el ente encargado siempre es la limpieza de esta presa una vez al año habiendo gastos altos por maquinaria y personal capacitado.

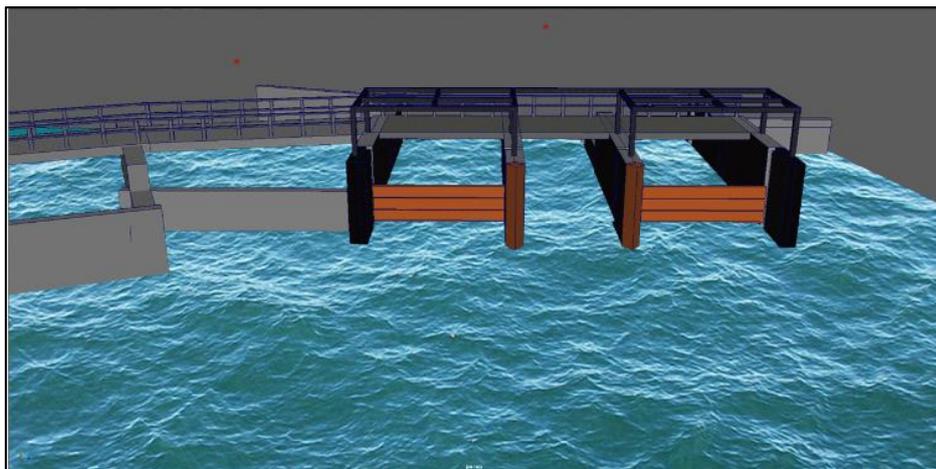


**Figura 3.17:** Acumulación de ramas y cobertura vegetal en la represa existente.  
**Fuente:** Autores.

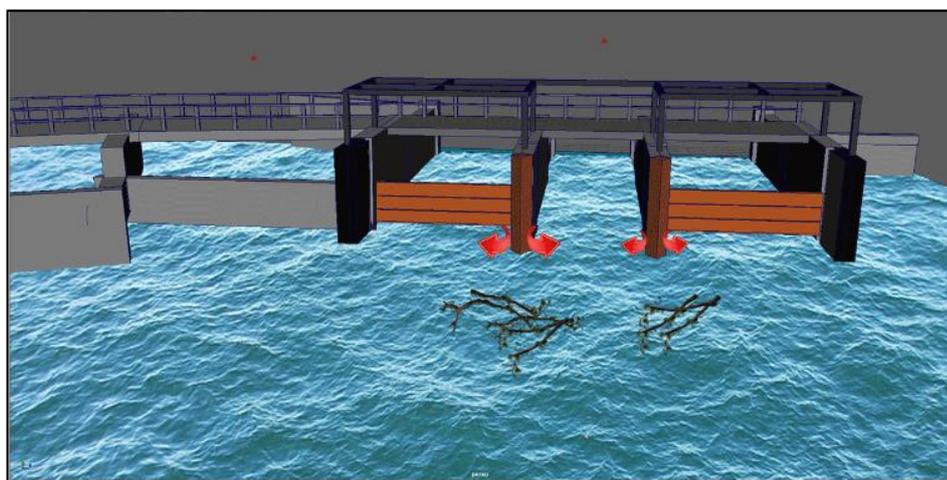
En este aspecto se propone crear un elemento prismático de tipo punta apuntando a la corriente del río para que rompa troncos y desvíe estos materiales evitando la obstrucción en la presa.



**Figura 3.18:** Palizada en la represa.  
**Fuente:** Prefectura del Guayas.



**Figura 3.19:** Animación de la presa existente.  
**Fuente:** Autores.



**Figura 3.20:** Animación de la presa con estructura de protección.  
**Fuente:** Autores.

### **3.5 Alternativa: Rehabilitación del cauce.**

Rehabilitar el cauce del río es una solución muy común para que el río tenga una capacidad mayor y se puedan proyectar caudales con secciones con geometría más óptima que la natural.

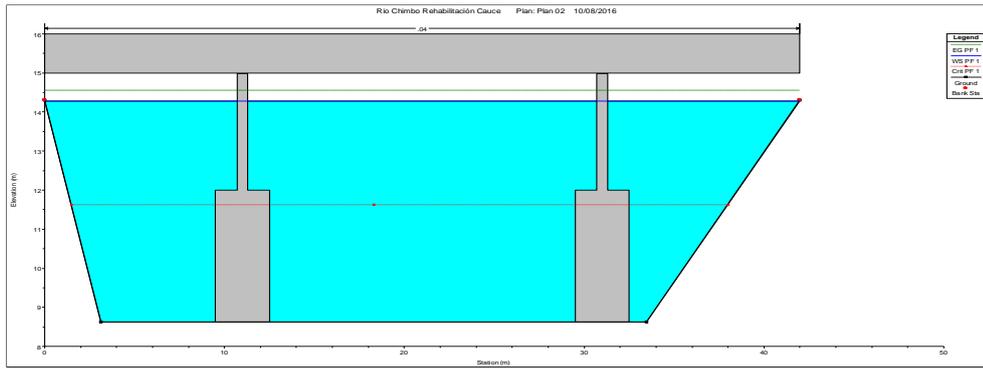
**Tabla XLVIII:** Coeficientes de rugosidad para varias superficies de canales abiertos.

| Material                            |            | Coefficiente de rugosidad de Manning típico |
|-------------------------------------|------------|---|
| <b>Concreto</b>                     |            | 0.012                                       |
| <b>Fondo de grava con lados de:</b> | - concreto | 0.020                                       |
|                                     | - piedra   | 0.023                                       |
|                                     | - riprap   | 0.033                                       |
| <b>Canales naturales</b>            |            |   |
| - Limpios y rectos                  |            | 0.030                                       |
| - Limpios y curvos                  |            | 0.040                                       |
| - Curvos con hierbas y piscinas     |            | 0.050                                       |
| - Con matorrales y árboles          |            | 0.100                                       |
| <b>Planicies de inundación</b>      |            |   |
| - Pastos                            |            | 0.035                                       |
| - Cultivos                          |            | 0.040                                       |
| - Hierbas y pequeños matorrales     |            | 0.050                                       |
| - Matorrales densos                 |            | 0.070                                       |
| Árboles densos                      |            | 0.100                                       |

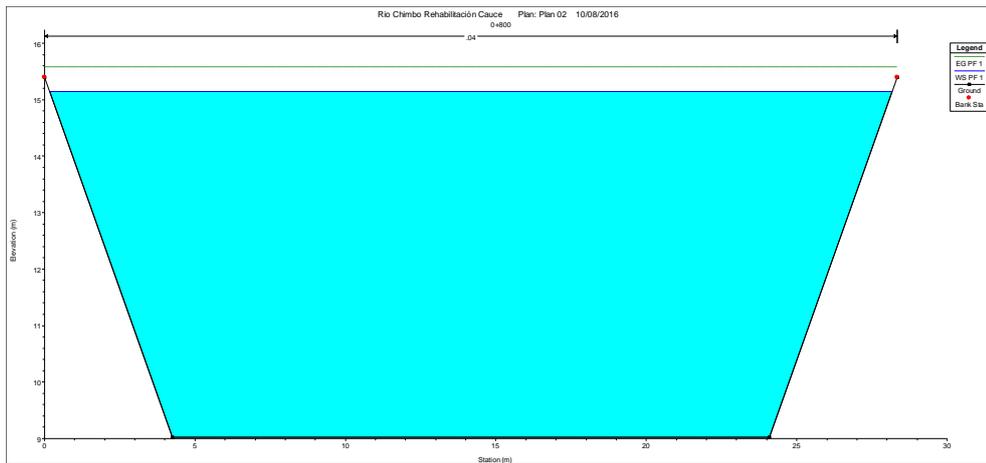
Fuente: (Chow, 1959).

La **Tabla XLVIII** muestra los coeficientes de rugosidad de Manning para varios materiales. En el presente proyecto se utilizó un coeficiente de 0.04 correspondiente a Canales naturales limpios y curvos. Esto se aplica a todos los proyectos que se tomaron en cuenta como alternativas.

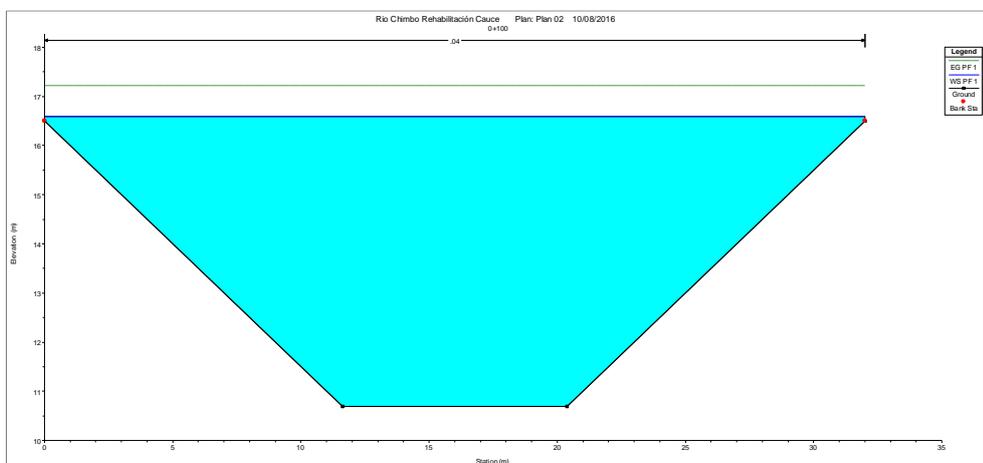
Para los caudales proyectados a 25 años de 425 m<sup>3</sup>/s muchas secciones del río no cumplen con este requerimiento.



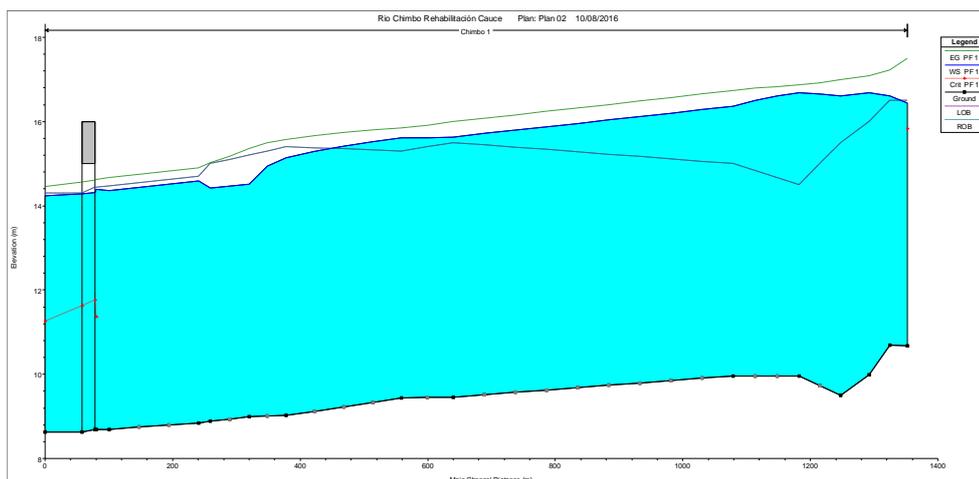
**Figura 3.21:** Sección donde se encuentra el puente.  
**Fuente:** Autores.



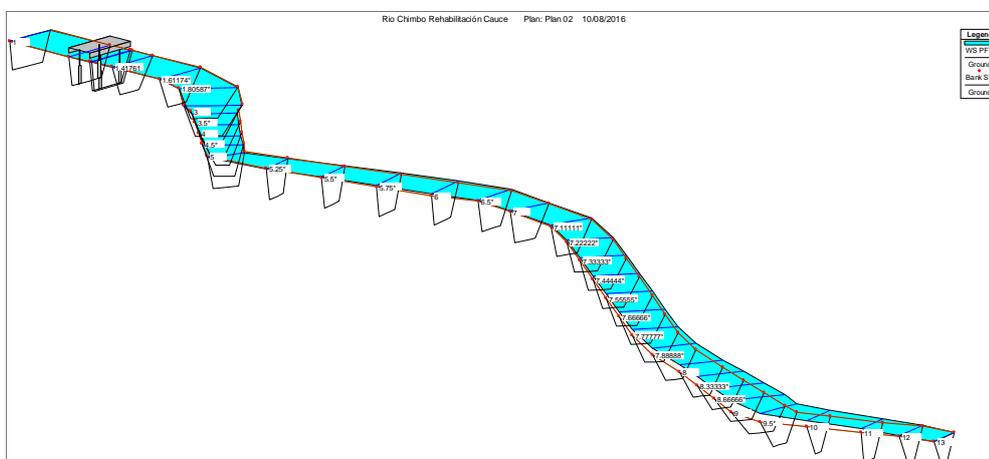
**Figura 3.22:** Sección del cauce en el perfil 5.  
**Fuente:** Autores.



**Figura 3.23:** Sección del cauce en el perfil 12.  
**Fuente:** Autores.



**Figura 3.24:** Perfil longitudinal del río.  
Fuente: Autores.

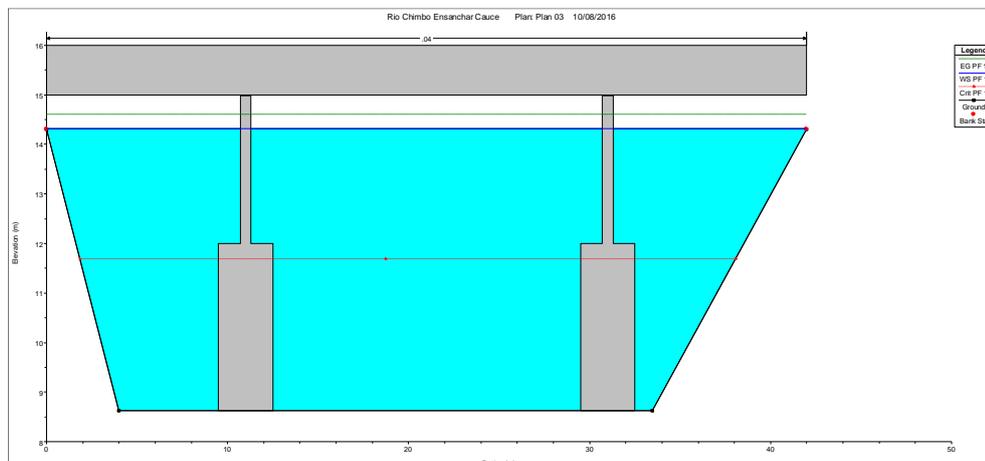


**Figura 3.25:** Tramo del cauce del río Chimbo.  
Fuente: Autores.

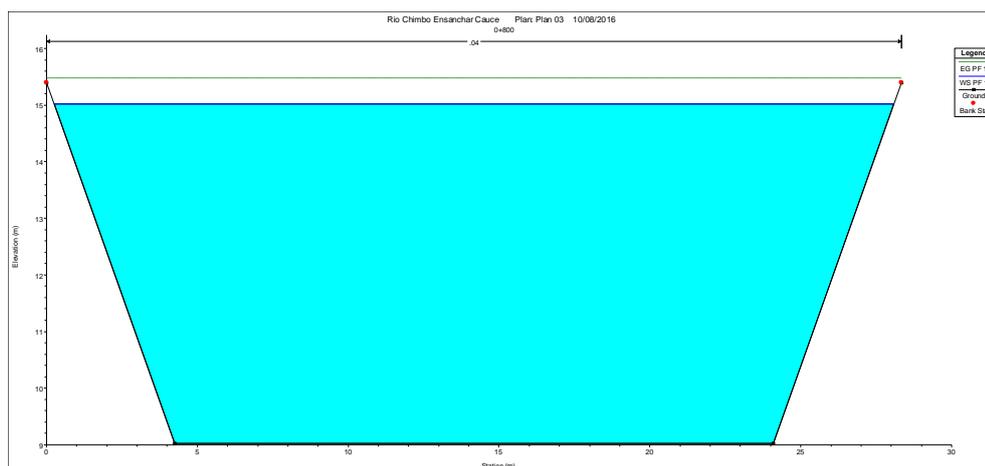
### 3.6 Alternativa: Ensanchamiento del cauce

Para el ensanchamiento o ampliación del río Chimbo se hizo el mismo análisis hidrológico que en la alternativa de rehabilitación, pero a su vez se calcularon los canales con una sección transversal mayor a la original e incluso mayor al diseño de rehabilitación.

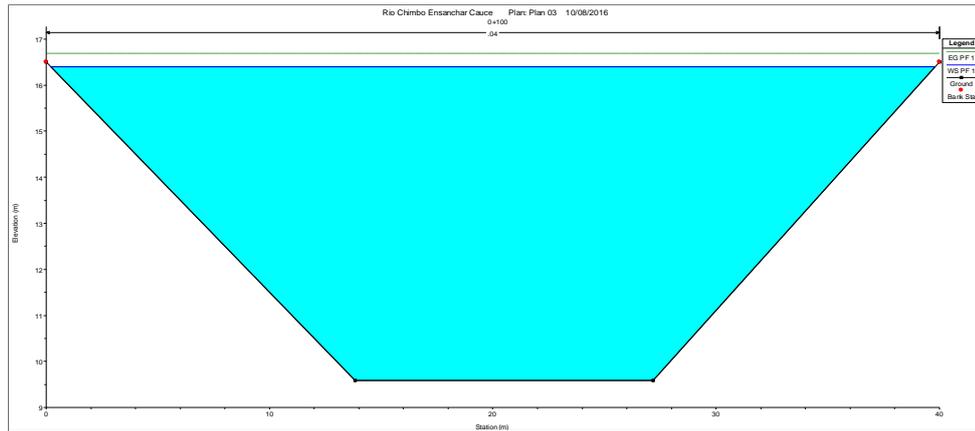
En muchos tramos incluso, se ha bajado la cota inicial para poder así tener más área transversal donde puede circular el cauce del río sin causar daño a la parroquia.



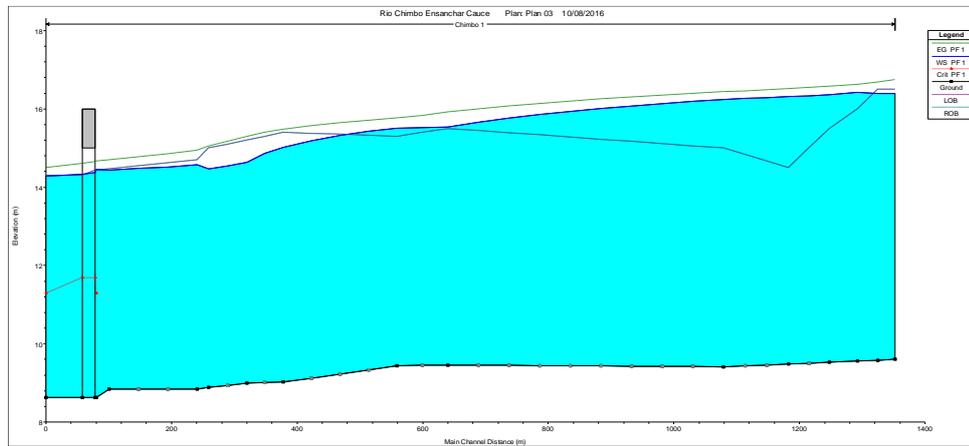
**Figura 3.26:** Sección donde se encuentra el puente.  
Fuente: Autores.



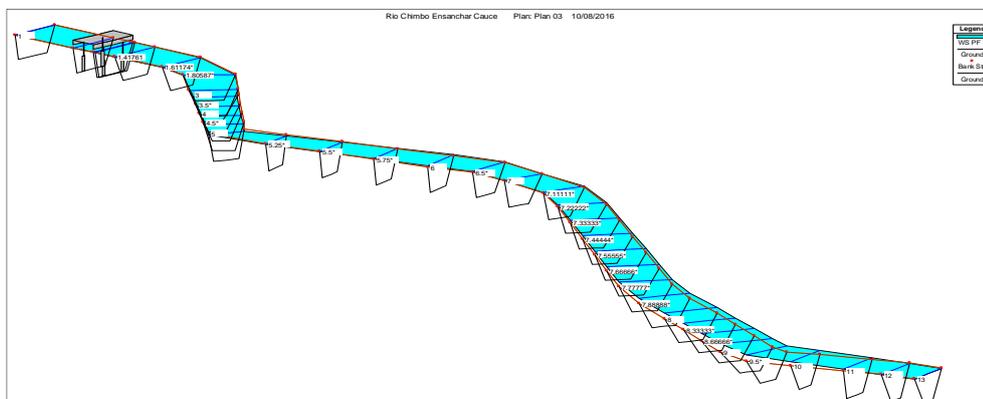
**Figura 3.27:** Sección del cauce en el perfil 5.  
Fuente: Autores.



**Figura 3.28:** Sección del cauce en el perfil 12.  
Fuente: Autores.



**Figura 3.29:** Perfil longitudinal del río.  
Fuente: Autores.



**Figura 3.30:** Tramo del cauce del río Chimbo.  
Fuente: Autores.

### 3.7 Alternativa: Construcción de diques en las márgenes del río.

Para el proyecto una de las alternativas será el diseño de diques de contención a las orillas del río Chimbo, en lugares en los que se necesite encauzar el flujo en forma adecuada o formar un nuevo margen de río. Su construcción deberá ser realizada cuidando que la pendiente soporte las velocidades en el cauce del río.

**Tabla XLIX:** Velocidades máximas recomendadas.

| Suelo                   | v (agua limpia) m/s | v (agua con sedimentos) m/s |
|-------------------------|---------------------|-----------------------------|
| <b>Arena fina</b>       | 0.45                | 0.76                        |
| <b>Suelo arenoso</b>    | 0.53                | 0.76                        |
| <b>Limo aluvial</b>     | 0.60                | 1.06                        |
| <b>Ceniza volcánica</b> | 0.76                | 1.06                        |
| <b>Arcilla dura</b>     | 1.14                | 1.52                        |
| <b>Lutitas</b>          | 1.82                | 1.82                        |
| <b>Grava fina</b>       | 0.76                | 1.52                        |
| <b>Grava gruesa</b>     | 1.22                | 1.82                        |
| <b>Cantos</b>           | 1.52                | 1.67                        |

Fuente: (Fortier y Scobey).

Para diseñar la pendiente estable del cauce se tendrá la siguiente ecuación:

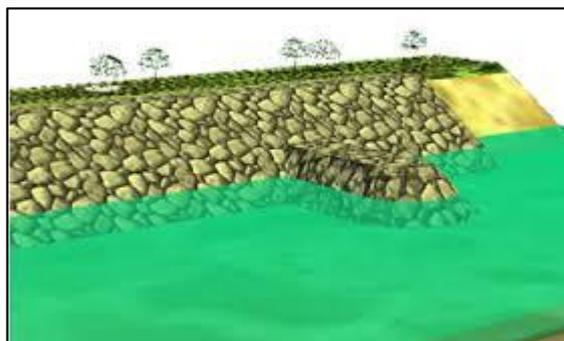
$$ie = \frac{(v\mu\ell)^{10/3} * B^{4/3} * n^2}{Q^{4/3}}$$

En el presente proyecto se tendrán los siguientes valores para cada una de las variables:

- Velocidad máxima permisible ( $\mu\ell$ ) = 1.06 para limo aluvial donde el río transporta sedimentos
- Relación entre la velocidad media y velocidad del fondo ( $v$ )  $\cong$  1.3 a 1.5, se escogerá 1.3 para este tramo del río Chimbo
- Perímetro húmedo, que puede considerarse igual al ancho del río (B) = 40 metros
- Coeficiente de Manning (n) = 0.040 para cultivos en planicies de inundación
- Caudal de diseño (Q) = 425 m<sup>3</sup>/s

Realizando los cálculos de la ecuación, resulta que la pendiente estable del cauce del río será de 0.02%. Se recomienda instalar estructuras con pequeña altura y que tengan un espacio reducido entre sí, esto para no perjudicar el cauce.

El principal inconveniente de esta propuesta es el transporte de material nuevo al sitio donde se construirán los diques, dado que para llegar a la zona de estudio se debe recorrer 500 metros aproximadamente en un camino donde existen viviendas, perjudicando a pobladores. Además de esto, la razón principal es el costo que resulte de la compra y transporte de este material, que se lo tiene que colocar en el margen del río en donde exista el inconveniente.

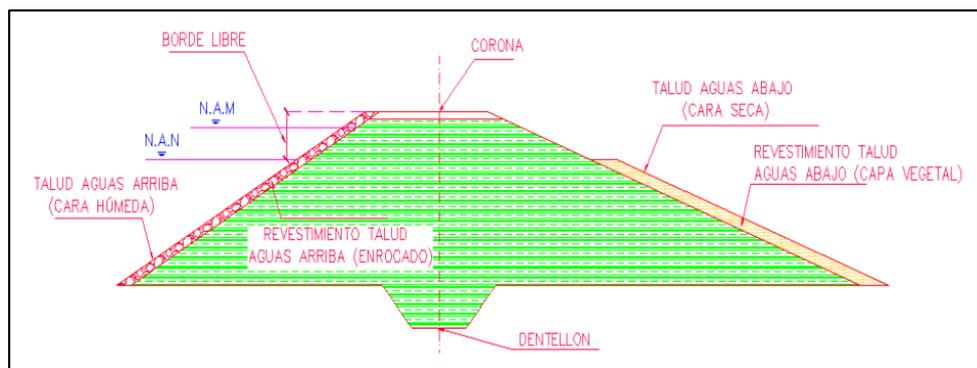


**Figura 3.31:** Representación de alternativas para el presente proyecto.  
**Fuente:** Guillou, F.

Entre las consideraciones más importantes para la construcción de diques a orillas de ríos se pueden mencionar las siguientes:

Para diques construidos con material pétreo, en el cuerpo del mismo se deberá cuidar de que la roca sea de un tamaño el cual no pueda ser arrastrado por el río, incluso en la etapa de construcción.

Dado que en la cara interior del dique las corrientes de agua son muy lentas comparadas con las velocidades en la cara posterior, en esta zona no se necesitará protección especial cuando la estructura es hecha con rocas. Por el contrario, si es hecha de arena o grava, se tiene que recubrir al talud con roca para protección en condiciones climatológicas desfavorables.



**Figura 3.32:** Elementos que forman un dique.

**Fuente:** Lligüi & Nauta, 2014.

Para diseñar diques se deben tomar en cuenta criterios como la altura del dique, ancho de la corona, taludes laterales, entre otras. Para diseños preliminares tomaremos dimensiones promedio para los aspectos geométricos del dique, a fin de establecer comparaciones de precio con las otras 3 alternativas.

- Ancho de la base = 25 metros
- Ancho de la corona = 4 metros
- Altura del dique = 4 metros
- Longitud del dique = 50 metros
- Espesor de cobertura vegetal = 30 centímetros
- Número de diques = 8

El número de diques que se piensan construir está en función de los lugares críticos en la parroquia 5 de Junio, las viviendas al otro lado del río, y ciertas

viviendas ubicadas cerca de ambas orillas del río en una distancia de 1300 metros desde la parroquia 5 de Junio.

Para el replanteo, que se mide en Kilómetros, se toma la longitud de cada dique multiplicado por los 8 diques. En desbroce, el área a tomar en cuenta será la delimitada por el ancho de la base del dique y la longitud del mismo, medida en Hectáreas, tomando en cuenta los 8 diques. La misma área, pero en metros cuadrados, será usada para la compactación de la subrasante.

El relleno con material local será cerca del 30% del total de relleno, y su volumen será el área de la sección transversal del dique multiplicado para su altura. Para el transporte, se tendrá un recorrido de 20 kilómetros y el volumen de material que se tenga que transportar hacia el lugar de construcción.

### **3.8 Valoración de Parámetros Ambientales**

#### **3.8.1 Descripción de la línea base**

En la parroquia 5 de Junio y sus alrededores, si bien se tienen ciertos servicios básicos, la calidad de vida de la población no es la mejor. A partir de esto, se plantea para este proyecto de solución al problema de las inundaciones, una evaluación del Impacto Ambiental que tengan las construcciones que se realicen en la zona.

Para la instalación de alcantarillado y el pavimento en la zona de estudio se debe tomar en consideración el ruido y polvo que se generará de los trabajos de movimiento de tierra en el lugar, estos se sumaran a los trabajos de desviación del cauce del río Chimbo, para luego hacer la limpieza y desbroce en las orillas del río en lugares donde se amplíe el cauce. Estos trabajos serán complementados con la estabilización de taludes en el río Chimbo y luego retomar el cauce normal del río.

Estas tareas tendrán un gran impacto en las terrenos de la zona la cual, si bien es cierto no es amplia en especies de plantas, y más bien es agrícola, es de vital importancia para el desarrollo comercial de la parroquia y sus alrededores. El modificar de una manera irreversible este entorno puede traer grandes pérdidas económicas a la zona.

En cuanto a fauna, de las visitas realizadas al sector no se encontraron especies que puedan estar protegidas, o en peligro de extinción. Deberá realizarse la obra con el control necesario para que los pobladores no corran con problemas respiratorios causados por gases o el polvo que se genere en la construcción.

### 3.8.2 Actividades a evaluar

Actividades para la ampliación del cauce, rehabilitación y diques (se tomará en cuenta en la evaluación de las alternativas a tomar que para los diques no es necesario desviar el cauce, con menos impacto ambiental que las anteriores alternativas:

- Construcción de Campamento Provisional
- Desviación del cauce del río
- Limpieza y Desbroce
- Excavación en zona a ser inundada
- Relleno y Compactación
- Construcción de Terraplenes
- Estabilización de Taludes
- Limpieza en la zona de inundación
- Retornar cauce del río a dirección de la presa

Actividades para alcantarillado:

- Nivelación y Replanteo
- Limpieza y Desbroce
- Instalación de Tuberías

- Relleno y Compactación

Actividades para pavimentación:

- Transporte de Material
- Relleno y Compactación Suelo-Cemento
- Imprimación de Capa Bituminosa

### 3.8.3 Evaluación de la Situación Ambiental

Se explicarán las matrices generadas a partir de las actividades citadas anteriormente, estas matrices de evaluación son de autoría del Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Las matrices serán presentadas en los Anexos.

**Tabla L: Matriz de Impacto Ambiental para alternativa de Ampliación.**

| IMPACTOS DURANTE LA AMPLIACIÓN DEL CAUCE DEL RÍO CHIMBO |   |              |             |               |              |       |          |           |       |       |                          |                     |
|---|---|--------------|-------------|---------------|--------------|-------|----------|-----------|-------|-------|--------------------------|---------------------|
| #   | Actividades                               | Recurso Agua |             | Recurso Suelo | Recurso Aire |       |          | Fauna     |       |       | Factores Socioeconómicos |                     |
|   |   | Superficial  | Subterránea |               | Ruido        | Gases | Acuática | Terrestre | Aérea | Flora | Generación de Empleo     | Beneficio comunidad |
| <b>Ampliación del Cauce</b>                             |   |              |             |               |              |       |          |           |       |       |                          |                     |
| 1   | Construcción de Campamento Provisional    |              |             | x             | x            | x     |          | x         | x     | x     | x                        |                     |
| 2   | Desvío del cauce del río                  | x            | x           | x             | x            | x     | x        |           | x     | x     | x                        |                     |
| 3   | Limpieza y Desbroce en río                | x            |             | x             | x            | x     | x        | x         | x     | x     | x                        |                     |
| 4   | Excavación en zona a ser inundada         | x            | x           | x             | x            | x     | x        | x         |       | x     | x                        |                     |
| 5   | Relleno y Compactación                    |              |             | x             | x            | x     |          |           |       |       | x                        |                     |
| 6   | Construcción de Terraplenes               | x            |             | x             | x            | x     |          | x         |       | x     | x                        |                     |
| 7   | Estabilización de Taludes                 |              |             | x             | x            | x     |          |           |       | x     | x                        |                     |
| 8   | Limpieza en la zona de inundación         |              |             |               | x            | x     |          |           |       | x     | x                        |                     |
| 9   | Retomar cauce del río a dirección inicial | x            | x           |               | x            | x     |          |           |       |       | x                        |                     |
| <b>Alcantarillado</b>                                   |   |              |             |               |              |       |          |           |       |       |                          |                     |
| 10  | Nivelación y Replanteo                    |              |             |               |              |       |          |           |       |       | x                        |                     |
| 11  | Limpieza y Desbroce                       |              | x           | x             | x            | x     |          |           |       | x     | x                        |                     |
| 12  | Instalación de Tuberías                   |              | x           | x             | x            |       |          |           |       |       | x                        | x                   |
| 13  | Relleno y Compactación                    |              |             | x             | x            | x     |          |           |       |       | x                        |                     |
| <b>Pavimentado</b>                                      |   |              |             |               |              |       |          |           |       |       |                          |                     |
| 14  | Transporte de Material                    |              |             |               | x            |       |          |           |       |       | x                        |                     |
| 15  | Relleno y Compactación Suelo-Cemento      |              |             | x             | x            | x     |          |           |       |       | x                        | x                   |
| 16  | Imprimación de Capa Bituminosa            |              |             | x             | x            |       |          |           |       |       | x                        | x                   |

Fuente: Autores.

**Matriz de Intensidad**

El valor numérico de la matriz intensidad varía de 1-10 dependiendo del grado de cambio sufrido, siendo 10 = el valor indicado de mayor impacto ambiental, 1= muy bajo impacto ambiental y se designa el valor de 0 a impactos ambientales leves o imperceptibles.

**Matriz Extensión**

El valor numérico de la matriz extensión es de 10 para impactos ambientales regulares, 5 para impactos ambientales locales, 1 para impactos ambientales puntuales y 0 que se consideran no causantes de daño al ambiente.

**Matriz Duración**

El valor numérico de la matriz duración es de 10 para impactos ambientales mayores a 10 años, 5 para impactos ambientales de 5-10 años, 1 para impactos menores a 5 años y 0 para aquellas actividades en que los impactos son imperceptibles.

### **Matriz Signo**

La matriz signo como su nombre lo indica no está destinada a un valor numérico sino con signos, donde valores de 1 serán para

Impactos ambientales negativos, +1 impactos ambientales positivos y sin signo si es que no se causa ningún impacto en el medio ambiente.

### **Matriz Magnitud**

Los valores numéricos de la matriz magnitud están dados por las matrices, Intensidad, duración y extensión, y cada una por un factor correspondiente. Para la matriz intensidad un factor de 0.3, para la matriz extensión 0.3 y para la matriz duración de 0.4; donde el valor de la matriz magnitud estará dado como:

$$M = \pm (\text{Intensidad} * \text{Fint.}) + (\text{Extensión} * \text{Fext.}) + (\text{Duración} * \text{Fdur.})$$

### **Matriz de Reversibilidad**

El valor numérico de la matriz de reversibilidad varía de 1 a 10 dependiendo del grado de reversibilidad que pueda tener los impactos, siendo 10 = impactos

irreversibles, 8= reversibles a largo plazo, 5 = parcialmente reversibles y 1 = altamente reversibles.

### **Matriz de Riesgo**

El valor numérico de la matriz de riesgo varía dependiendo de la probabilidad de que ocurran impactos a los componentes ambientales, siendo 10 = Impactos de alta probabilidad de ocurrencia, 5 = Probabilidad media y 1 = Probabilidad baja.

### **Matriz de Valoración de Impacto Ambiental (V.I.A.)**

Los valores numéricos de la matriz V.I.A. están dados por las matrices, magnitud, reversibilidad y riesgo, y cada una por un factor correspondiente. Para la matriz magnitud un factor de 0.4, para la matriz de riesgo 0.4 y para la matriz de reversibilidad de 0.2; donde el valor de la matriz V.I.A. estará dado como:

$$VIA = (\text{ReversibilidadFrev.}) * (\text{RiesgoFriesgo}) * |M|Fmag.$$

## Rango de Impacto Ambiental

Indica el nivel de impacto que tendrán las actividades en cada uno de los componentes ambientales, su valor numérico varía de 0 a 10, siendo 0 = Neutro, 1-4 = Bajo, 4-7m= Medio y de 7-10 = Alto. En la siguiente tabla se muestran estos rangos para el presente proyecto, donde:

- N = Neutro
- B = Bajo
- M = Medio
- A = Alto

**Tabla LI: Matriz de Impacto Ambiental Cualitativa de alternativa de Ampliación.**

| Matriz #8: Matriz de Valoración de Impacto Ambiental (VIA) - Cualitativamente |  |              |             |               |              |       |          |           |       |       |                      |                     |                         |                           |
|---|--|--------------|-------------|---------------|--------------|-------|----------|-----------|-------|-------|----------------------|---------------------|-------------------------|---------------------------|
| VIA = (Rv^Frv)*(Rg^Frg)*( M ^Fm)  |  |              |             |               |              |       |          |           |       |       |                      |                     |                         |                           |
| #   | Actividades                                    | Recurso Agua |             | Recurso Suelo | Recurso Aire |       |          | Fauna     |       |       | F. Socioeconómicos   |                     | Promedios Por Actividad | Cualitativo Por Actividad |
|   |  | Superficial  | Subterránea |               | Ruido        | Gases | Acústica | Terrestre | Aérea | Flora | Generación de Empleo | Beneficio comunidad |                         |                           |
| <b>Ampliación del Cauce</b>   |  |              |             |               |              |       |          |           |       |       |                      |                     |                         |                           |
| 1   | Construcción de Campamento Provisional         | N            | N           | B             | B            | B     | N        | M         | M     | M     | B                    | N                   | 2.3                     | B                         |
| 2   | Desviación del cauce del río                   | M            | M           | M             | M            | M     | M        | N         | M     | M     | B                    | N                   | 4.3                     | M                         |
| 3   | Limpieza y Desbroce                            | B            | N           | M             | M            | M     | B        | M         | M     | M     | B                    | N                   | 3.9                     | B                         |
| 4   | Excavación en zona a ser inundada              | M            | M           | M             | M            | M     | M        | M         | B     | M     | B                    | N                   | 4.7                     | M                         |
| 5   | Relleno y Compactación                         | N            | N           | B             | M            | M     | N        | N         | N     | B     | N                    | N                   | 1.6                     | B                         |
| 6   | Construcción de Terraplenes                    | B            | N           | B             | M            | M     | N        | B         | N     | B     | B                    | N                   | 2.6                     | B                         |
| 7   | Estabilización de Taludes                      | N            | N           | M             | M            | M     | N        | N         | M     | B     | N                    | N                   | 2.2                     | B                         |
| 8   | Limpieza en la zona de inundación              | N            | N           | N             | M            | M     | N        | N         | N     | M     | B                    | N                   | 1.7                     | B                         |
| 9   | Retornar cauce del río a dirección de la presa | M            | M           | N             | M            | M     | N        | N         | N     | N     | B                    | N                   | 2.3                     | B                         |
| <b>Alcantarillado</b>   |  |              |             |               |              |       |          |           |       |       |                      |                     |                         |                           |
| 10  | Nivelación y Replanteo                         | N            | N           | N             | N            | N     | N        | N         | N     | N     | B                    | N                   | 0.2                     | B                         |
| 11  | Limpieza y Desbroce                            | N            | B           | M             | M            | M     | N        | N         | N     | M     | B                    | N                   | 2.6                     | B                         |
| 12  | Instalación de Tuberías                        | N            | M           | M             | M            | N     | N        | N         | N     | B     | B                    | N                   | 1.8                     | B                         |
| 13  | Relleno y Compactación                         | N            | N           | B             | M            | M     | N        | N         | N     | B     | N                    | N                   | 1.6                     | B                         |
| <b>Pavimentado</b>  |  |              |             |               |              |       |          |           |       |       |                      |                     |                         |                           |
| 14  | Transporte de Material                         | N            | N           | N             | M            | N     | N        | N         | N     | N     | B                    | N                   | 0.7                     | B                         |
| 15  | Relleno y Compactación Suelo-Cemento           | N            | N           | B             | M            | M     | N        | N         | N     | N     | B                    | B                   | 1.8                     | B                         |
| 16  | Imprimación de Capa Bituminosa                 | N            | N           | B             | M            | N     | N        | N         | N     | N     | B                    | B                   | 1.2                     | B                         |
| Promedio Por Recurso  |  | 2.5          | 1.8         | 3.8           | 5.6          | 6.1   | 1.7      | 2.2       | 2.0   | 4.1   | 1.7                  | 0.0                 |                         |                           |
| Cualitativo por Recurso   |  | B            | B           | B             | M            | M     | B        | B         | B     | M     | B                    | N                   |                         |                           |

Fuente: Autores.

La mayoría de las actividades no generan peligro a la fauna que se encuentra en la zona, en parte también porque no hay mucha variedad de especies. Los principales daños ambientales se producen en el recurso suelo, llegando a valores medios únicamente. De cualquier manera será deber del constructor y de las autoridades el lograr que los daños producidos sean minimizados de una manera óptima para el bienestar de la población.

El recurso agua se verá afectado en la ampliación del cauce, desde el desvío hasta que las obras estén concluidas y se retome el curso normal. El mayor recurso afectado es el aire, dado el ruido que harán los equipos de construcción en las diferentes etapas de construcción, por los gases que estos generarán hacia la atmósfera y por el polvo que levantarán perjudicando a los alrededores, por lo que se debe de hacer controles especiales para evitar la propagación de polvo y gases contaminantes. Adicional a esto, también se debe de utilizar los equipos a horas que no sean de descanso en la comunidad, para así crear la menor cantidad de molestias.



**Figura 3.33:** Resumen de parámetros ambientales  
**Fuente:** Autores.

### 3.9 Estimación del presupuesto

Para estimar el valor de las alternativas que se presentan, se debe tomar en cuenta los materiales y elementos estructurales que se requieran para su construcción.

Se presentan los presupuestos para el alcantarillado y pavimentado en la parroquia 5 de Junio y las 3 soluciones para el río Chimbo.

#### Sistema de alcantarillado para la parroquia 5 de Junio.

| ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL |   |   |
|--|---|---|
| <b>Cliente:</b>                          | M.I. Municipalidad de Guayaquil<br>Proyecto Integrador: Solucion a la Vulnerabilidad Vial, Urbana y Fluvial en una zona de la cuenca del Rio Chimbo |  |
| <b>Obra:</b>                             | Proyecto Alcantarillado Parroquia 5 de Junio  |   |
| <b>Ubicación:</b>                        | Parroquia 5 de Junio  |   |
| PRESUPUESTO                              |   |   |
| RUBRO                                    | DETALLE   | TOTAL   |
| 1  | MOVIMIENTO DE TIERRAS   | 201,872.86  |
| 2  | TUBERIAS  | 39,443.37   |
| 3  | POZOS   | 45,145.45   |
| 4  | CONEXIONES DOMICILIARIAS  | 2,556.92  |
|  | <b>TOTAL</b>  | <b>289,018.60</b>   |

**Figura 3.34:** Presupuesto del sistema de alcantarillado para la parroquia 5 de Junio.

**Fuente:** Autores.

## Pavimentado de las calles en la parroquia 5 de Junio.

| ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL |   |                   |
|--|---|-------------------|
| <b>Ciente:</b>                           | Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra (FICT- ESPOL)<br>Proyecto Integrador: Solucion a la Vulnerabilidad Vial, Urbana y Fluvial en una zona de la cuenca del Rio Chimbo |                   |
| <b>Obra:</b>                             | Pavimentacion de Parroquia 5 de Junio   |                   |
| <b>Ubicación:</b>                        | Parroquia 5 de Junio  |                   |
| <b>PRESUPUESTO</b>                       |   |                   |
| RUBRO                                    | DETALLE   | TOTAL             |
| 1  | OBRA VIAL   | 245,617.96        |
| 2  | DRENAJE PLUVIAL Y OBRAS DE PROTECCION HIDRAULICA  | 111,895.07        |
| 3  | PLAN DE SEGURIDAD Y SEÑALIZACION VIAL   |                   |
|  | SEÑALIZACION Y DISPOSITIVOS PROVISIONALES VIALES  | 3,389.56          |
| 4  | SEÑALIZACION VIAL DEFINITIVA HORIZONTAL, VERTICAL E INFORMATIVA   |                   |
|  | SEÑALIZACION HORIZONTAL   | 1,381.20          |
|  | SEÑALIZACION VERTICAL   | 36,166.45         |
| 5  | PLAN DE MANEJO AMBIENTAL  | 2,478.51          |
| 6  | PLAN DE SEGURIDAD LABORAL   | 1,134.00          |
|  | <b>TOTAL</b>  | <b>402,062.75</b> |

**Figura 3.35:** Presupuesto del pavimentado de las calles en la parroquia 5 de Junio.

**Fuente:** Autores.

## Alternativa #1: Ampliación del cauce

| ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL |   |        |            |                |                     |
|--|---|--------|------------|----------------|---------------------|
| <b>Ciente:</b>                           | Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra (FICT- ESPOL)<br>Proyecto Integrador: Solucion a la Vulnerabilidad Vial, Urbana y Fluvial en una zona cuenca del Rio Chimbo |        |            |                |                     |
| <b>Obra:</b>                             | Ampliación del Cauce del Río Chimbo   |        |            |                |                     |
| <b>Ubicación:</b>                        | Parroquia 5 de Junio  |        |            |                |                     |
| <b>PRESUPUESTO</b>                       |   |        |            |                |                     |
| RUBRO                                    | DETALLE   | UNIDAD | CANTIDAD   | COSTO UNITARIO | TOTAL               |
|  | <b>OBRAS PRELIMINARES</b>   |        |            |                |                     |
| 1  | DESBROCE Y LIMPIEZA   | Ha     | 13.52      | 177.32         | 2,397.42            |
| 2  | EXCAVACIÓN EN SUELO   | M3     | 32,269.40  | 3.58           | 115,472.82          |
| 3  | CONFORMACIÓN DE CANALES USANDO TIERRA ARMADA  | M3     | 32,269.40  | 30.47          | 983,358.33          |
| 4  | TRANSPORTE DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN (500 DIST. LIBRE)  | M3-KM  | 645,388.00 | 0.26           | 170,382.43          |
| 5  | GEOMEMBRANA   | M2     | 8,112.00   | 6.11           | 49,548.10           |
|  | <b>TOTAL</b>  |        |            |                | <b>1,321,159.10</b> |

**Figura 3.36:** Presupuesto del ampliación del cauce, Alternativa 1.

**Fuente:** Autores.

## Alternativa #2: Rehabilitación del cauce

| ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL |  |        |            |                |                   |
|--|--|--------|------------|----------------|-------------------|
| <b>Ciente:</b>                           | Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra (FICT- ESPOL)  |        |            |                |                   |
|  | Proyecto Integrador: Solucion a la Vulnerabilidad Vial, Urbana y Fluvial en una zona de la cuenca del Rio Chimbo |        |            |                |                   |
| <b>Obra:</b>                             | Rehabilitacion del Cauce del Rio Chimbo  |        |            |                |                   |
| <b>Ubicación:</b>                        | Parroquia 5 de Junio   |        |            |                |                   |
| PRESUPUESTO                              |  |        |            |                |                   |
| RUBRO                                    | DETALLE  | UNIDAD | CANTIDAD   | COSTO UNITARIO | TOTAL             |
| <b>OBRAS PRELIMINARES</b>                |  |        |            |                |                   |
| 1  | DESBROCE Y LIMPIEZA  | Ha     | 13.52      | 177.32         | 2,397.42          |
| 2  | EXCAVACIÓN EN SUELO  | M3     | 17,138.37  | 3.58           | 61,327.94         |
| 3  | CONFORMACIÓN DE CANALES USANDO TIERRA ARMADA   | M3     | 17,138.00  | 30.47          | 522,253.13        |
| 4  | TRANSPORTE DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN (500 DIST. LIBRE)   | M3-KM  | 428,450.00 | 0.26           | 113,110.80        |
| 5  | GEOMEMBRANA  | M2     | 8,112.00   | 6.11           | 49,548.10         |
| <b>TOTAL</b>                             |  |        |            |                | <b>748,637.39</b> |

Figura 3.37: Presupuesto para la Rehabilitación del cauce, Alternativa 2.

Fuente: Autores.

## Alternativa #3: Construcción de diques

| ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL |   |        |            |                |                   |
|--|---|--------|------------|----------------|-------------------|
| <b>Ciente:</b>                           | Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra (FICT- ESPOL)   |        |            |                |                   |
|  | Proyecto Integrador: Solucion a la Vulnerabilidad Vial, Urbana y Fluvial en una zona de cuenca del Rio Chimbo |        |            |                |                   |
| <b>Obra:</b>                             | Construcción de Diques en los márgenes del río Chimbo   |        |            |                |                   |
| <b>Ubicación:</b>                        | Parroquia 5 de Junio  |        |            |                |                   |
| PRESUPUESTO                              |   |        |            |                |                   |
| RUBRO                                    | DETALLE   | UNIDAD | CANTIDAD   | COSTO UNITARIO | TOTAL             |
| <b>CONSTRUCCIÓN DIQUES</b>               |   |        |            |                |                   |
| 1  | REPLANTEO Y NIVELACIÓN  | KM     | 0.40       | 676.60         | 270.64            |
| 2  | DESBROCE Y LIMPIEZA   | Ha     | 1.00       | 615.81         | 615.81            |
| 3  | COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE  | M2     | 10,000.00  | 0.52           | 5,200.00          |
| 4  | RELLENO CON MATERIAL LOCAL  | M3     | 6,400.00   | 13.06          | 83,584.00         |
| 5  | RELLENO CON MATERIAL DE RÍO   | M3     | 16,800.00  | 2.98           | 50,064.00         |
| 6  | TRANSPORTE DE MATERIALES  | M3-KM  | 336,000.00 | 0.26           | 87,360.00         |
| 7  | GEOMEMBRANAS  | M2     | 1,600.00   | 6.11           | 9,776.00          |
| <b>TOTAL</b>                             |   |        |            |                | <b>236,870.45</b> |

Figura 3.38: Presupuesto para la construcción de diques, Alternativa 3.

Fuente: Autores.

### **3.10 Elección de la alternativa**

#### **3.10.1 Ventajas**

Para cada alternativa se analizará las ventajas y desventajas:

##### **Alternativa #1: Rehabilitación del cauce**

La principal ventaja de esta alternativa será la vida útil que pueda lograr el proyecto, con el mantenimiento respectivo. Es buena en la parte técnica, por darle mayor área al cauce del río Chimbo en la zona, pero esta área es menor que en la alternativa de la ampliación.

##### **Alternativa #2: Ampliación del cauce**

Es la mejor alternativa desde el punto de vista técnico, el cauce del río va a tener más sección donde pueda recorrer en su paso por la parroquia 5 de Junio, evitando las crecidas que pudieren acontecer por inundaciones en época de lluvias. Este es el principal motivo por el que se escoge esta sección para el proyecto. Al igual que la anterior, esta alternativa puede llegar a tener una mayor vida útil con respecto a los diques.

### **Alternativa #3: Construcción de diques**

Esta alternativa tiene un menor impacto al medio ambiente que las otras dos, ya que si bien es cierto que se debe de remover tierra en las márgenes del río, esta es en menor proporción que las anteriores. Con esta alternativa no será necesario desviar el cauce del río, sino que hay q esperar la época de estiaje para poder realizar la obra, esto la hace la alternativa más amigable al medio ambiente.

Al no tener que ocupar terrenos que se encuentran a las orillas del río, esta alternativa cuida la parte social de no causar un malestar mayor al de las obras que sería la pérdida de vivienda de estos pobladores.

#### 3.10.2 Restricciones

##### **Ambientales**

Existen reglamentos como la Ley de Gestión Ambiental, en el cual se encuentran los parámetros para delimitar el campo de acción en el tema ambiental por parte de personas o entidades civiles y públicas. Estas son reguladas por parte del Ministerio del Ambiente y por el Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental (SNDGA) formado por diversos

sectores de la sociedad civil, que cooperan entre sí y son regulados por el Ministerio del Ambiente.

En proyectos como el realizado el SNDGA y sus instituciones tienen como obligación aplicar los principios de la Ley de Gestión Ambiental así como verificar el cumplimiento de las regulaciones ambientales de la Ley. Es por esto que es necesario realizar un Plan de Manejo Ambiental para que el presente proyecto se ajuste y cumpla los parámetros establecidos por las autoridades.

Más allá de todas las regulaciones existentes, se espera que en el proyecto no se tengan actividades que afecten al medio ambiente en las diferentes etapas de la realización del mismo, pensando en el cuidado de la naturaleza y su protección a lo largo del tiempo.

### **Sociales**

Existirán predios a los que se deberá de desalojar para realizar tareas de movimiento de tierras a orillas del río, a pesar de que varios de estos predios son invasiones que llevan muchos años en ese sector. Otros predios en cambio, tienen plantaciones de banano, y no querrán ser desalojados. Dado a que el presente proyecto se realizará con permisos municipales para el beneficio de una comunidad, son precisamente las autoridades las que

tendrán que solucionar estos inconvenientes, no dejando de ser una restricción para el proyecto.

El Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) del Cantón Milagro o el H. Consejo Provincial del Guayas, de ser el caso, pueden desalojar las viviendas con una reubicación en el lugar que estas autoridades asignen, aunque pudieren existir personas que se resistan al cambio.

Ya que los habitantes son víctimas directas del problema de las inundaciones y crecidas del río, una opción sería el proponer charlas de concientización sobre el proyecto, para que la comunidad sepan del beneficio que tendrán con la realización de este.

### **Presupuestarias**

El proyecto a realizar, al estar ubicado en la parroquia de 5 de Junio, no será ejecutado por entidades privadas, sino más bien por organismos públicos, siendo obligación de ellos el solucionar los problemas de sus habitantes. Es por esto que el proyecto estará limitado al monto que las autoridades, el GAD de Milagro o H. Consejo Provincial del Guayas, asignen para su diseño, ejecución y mantenimiento.

Pueden ocurrir retrasos en la construcción del proyecto por falta de financiamiento de las autoridades, deteniendo la construcción por el tiempo en que se pueda financiar nuevamente, o que no se le realice el mantenimiento adecuado a la misma una vez culminada, afectando la sostenibilidad del proyecto.

### **Técnicas**

Las limitaciones en los diseños están dadas por las condiciones del terreno donde se realizarán las obras, por ejemplo a las orillas del río Chimbo donde las pendientes son muy bruscas o empinadas.

Para el alcantarillado se tiene como limitantes las velocidades de diseño máxima y mínima, el diámetro inicial de la tubería y el nivel hasta donde se debe llenar la tubería. El hecho de construir la estructura del pavimento con suelo-cemento hace que el suelo que se utilice sea de óptima calidad para este tipo de pavimentos.

Los diques presentaran inconvenientes si el proceso constructivo no es el adecuado o los materiales son de deficiente calidad, pudiéndose desmoronarse o agrietarse perjudicando aún más la situación. Problemas como la abrasión, que es el desgaste de las piedras por el flujo de agua con sedimentos, hacen que sea necesario la implementación de materiales para

protección como geomembranas para evitar el contacto directo de las piedras con el río.

### 3.10.3 Comparación

La Tabla 46 muestra la comparación de las 3 alternativas en base a las restricciones citadas en la sección anterior y ciertos parámetros adicionales. Para la mejor alternativa en determinado aspecto se le otorgará la valoración de 3, para la segunda mejor el valor de 2 y para la última el valor de 1, así la suma de todos los aspectos nos dará la idea de cuál será la mejor alternativa.

Así por ejemplo, parámetros como la vida útil estarán en función de los materiales usados para la construcción del proyecto. La funcionalidad hace énfasis en que se cumpla el objetivo de mitigar las inundaciones en el sector.

**Tabla LII:** Tabla Comparativa para elección de alternativa.

| <b>ASPECTOS</b>        | <b>ALTERNATIVAS</b> |                |        |
|------------------------|---------------------|----------------|--------|
|                        | Ampliación          | Rehabilitación | Diques |
| <b>Ambientales</b>     | 2                   | 2              | 3      |
| <b>Sociales</b>        | 2                   | 2              | 3      |
| <b>Presupuestarios</b> | 1                   | 2              | 3      |
| <b>Técnicos</b>        | 3                   | 2              | 1      |
| <b>Vida útil</b>       | 3                   | 3              | 1      |
| <b>Funcionabilidad</b> | 3                   | 2              | 1      |
| <b>TOTAL</b>           | 14                  | 13             | 12     |

**Fuente:** Autores.

El total nos muestra que la que obtuvo mayor puntaje fue la alternativa de ampliación del cauce, por poca diferencia con la rehabilitación del cauce, esto se explica a que son obras casi iguales con variaciones técnicas y de funcionabilidad en cuanto a la cantidad de caudal que puede circular en el cauce, por ejemplo, que hacen que la ampliación sea superior en valoración a la rehabilitación del cauce.

Se escogerá al proyecto de ampliación del cauce como solución a la vulnerabilidad producida por las inundaciones en el sector, esta alternativa se suma a los proyectos de alcantarillado y pavimentado, servicios básicos orientados a mejorar la calidad de vida de la población.

# **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **CONCLUSIONES**

1. Realizar acciones como la extracción de materiales en el cauce del río o en laderas cercanas al mismo, a la larga va a perjudicar en la capacidad de transportar caudales por el cauce, e incluso el río transportará sedimentos de material que no ha sido removido aguas abajo.
2. El cantón Milagro está amenazado todos los años por inundaciones, siendo inclusive uno de los más perjudicados por este inconveniente. Proyectos y estudios realizados en estos últimos años han respondido a esta problemática, pero ninguno se ha podido realizar por diferentes circunstancias, dejando el problema sin solución.
3. La acumulación de materiales como ramas de árboles o maleza, en las inmediaciones de la represa aguas arriba, impiden que

tenga un óptimo desempeño, taponando el flujo del río Chimbo y de seguir así, comprometer las estructuras de la misma.

4. El suelo-cemento como material para la estructura del pavimento es una gran alternativa, en especial para zonas como la parroquia 5 de Junio donde no se tiene un gran flujo vehicular y se requiera un pavimento resistente que no se deteriore fácilmente en época de lluvias.
5. Las alternativas de ampliación y la rehabilitación del cauce son alternativas parecidas en cuanto al proceso de construcción, impacto ambiental y social que generan, pero con diferencias en el aspecto técnico siendo la ampliación del cauce la manera más óptima de contrarrestar los problemas generados por crecidas o inundaciones.
6. A pesar de que en el territorio ecuatoriano todavía se sienten réplicas por el terremoto del 16 de abril del presente año en Pedernales, prácticamente no se han sentido las aceleraciones del mismo en la parroquia 5 de junio por lo que el colapso de alguna edificación tiene un RIESGO BAJO. El riesgo aumenta para las inundaciones, servicios en la población y la contaminación ambiental debido a automotores, ruido o falta de

organización en la parroquia, entre otras causas. Estos peligros se encuentran en un RIESGO MEDIO. Es importante conocer que la disminución de estos riesgos está vinculada con la reducción de las vulnerabilidades.

7. Para reducir al mínimo los riesgos en el sector, se deberá tomar acciones preventivas por parte del Gobierno Descentralizado de Milagro y la Prefectura del Guayas, inclusive trabajando en conjunto por el buen porvenir de la población. En el presente trabajo se recomienda la implementación de un sistema de alcantarillado y una mejora en el pavimentado de las calles del sector, para así mejorar la calidad de vida de los habitantes, y el ensanchamiento del cauce del río para así prevenir inundaciones en la parroquia.
  
8. Los proyectos de alcantarillado y pavimento, así como las 3 alternativas para contrarrestar la vulnerabilidad en la parroquia debido a las inundaciones han sido diseñados cumpliendo las normas de ética profesional, aspectos morales y sociales para el bienestar de la comunidad de la parroquia 5 de Junio planteando una solución a la problemática de los habitantes de la parroquia, que no cuentan con todos los servicios básicos.

## RECOMENDACIONES

1. Es de suma importancia antes de realizar algún proyecto el conocer el cauce del río y su funcionamiento para que así se puedan conocer las afectaciones a las condiciones naturales.
2. Tener en cuenta que si existiera mayor información de las estaciones hidrometeorológicas e hidrológicas se podría calcular con mayor precisión el caudal de diseño, y a partir de esto los canales para los proyectos presentados.
3. Como la zona del proyecto se encuentra sobre una llanura de inundación suelen tenerse profundidades de pozos muy altas las cuales deben controlarse para que el proyecto no sea muy costoso.
4. Aunque se haya usado tablas para el cálculo del TPDA debido a que para poblaciones pequeñas se puede estimar el pequeño flujo vehicular existente, se recomienda realizar un aforo vehicular para una mayor precisión.
5. La alterativa de ampliar o ensanchar el cauce del río en un tramo, puede traer inconvenientes en tramos aguas abajo debido al

cuello de botella creado cuando el río vuelva a tener su ancho normal, por esta razón se debe tener en cuenta mayor parte del recorrido del río para así tener la misma sección en todo el recorrido.

6. El puente de la carretera que va a Milagro puede tener inconvenientes si se amplía el cauce del río, lo recomendable será realizar otro puente con una mayor luz que pueda llegar hasta los extremos de las orilla ya ampliadas.
  
7. Del Informe de Vulnerabilidad se puede notar que el trabajo en conjunto será primordial para la protección de la población de la parroquia 5 de Junio, será deber de las autoridades el unir esfuerzos entre ellas y también el cooperar con los mismos pobladores, a fin de que sea la tarea conjunta la que propicie los beneficios para todos los implicados. Municipio y Prefectura tendrán la tarea de realizar las mejoras y capacitaciones para los habitantes, es decir, las obras que permitan la disminución de los riesgos que se presentan en la parroquia, y a su vez los pobladores deberán de regirse a las disposiciones que dicten estos organismos para los trabajos que se realicen, y para prepararse ante eventuales riesgos futuros.

8. Entre las disposiciones preventivas, las autoridades a cargo y la población deberán ejecutar las siguientes tareas para la protección propia y de la parroquia:

- Mejorar la calidad de vida de la población mediante la mejora de los servicios básicos en la parroquia y la instalación de servicios faltantes.
- Realizar revisiones por parte de técnicos especializados a las viviendas del sector, con especial énfasis en las estructuras principales como la escuela o la iglesia, a fin de establecer futuras reparaciones de ser el caso.
- Para posteriores asentamientos, ejercer un plan de desarrollo poblacional adecuado, evitando las invasiones en los márgenes del río por ejemplo.
- Concientizar a la población de los peligros a los que se exponen al hacer construcciones en las orillas del río Chimbo por el problema de inundaciones.

# BIBLIOGRAFÍA

- [1] MTOP, «Volumen 2A - Libro A,» de *Norma para Estudios y Diseños Viales*, Quito, Pichincha, 2013.
- [2] Ramsar, «Ficha Informativa de los Humedales,» Convención sobre los Humedales, 2000.
- [3] INAMHI, «Datos Meteorológicos,» Guayaquil, 2015.
- [4] I. P. Suárez, «Muelle de Servicio Isla Santay - Estudios y Diseño,» Guayaquil, 2010.
- [5] L. J. Tapia, *Modelización Hidrológica de un área experimental en la cuenca del Río Guayas en la producción de caudales y sedimentos*, La Plata, 2012, p. 238.
- [6] NEC, «Norma Ecuatoriana de la Construcción,» de *Peligro Sísmico - Diseño Sismo Resistente*, Dirección de Comunicación Social, MIDUVI, 2015.
- [7] g. MTOP, «Informe Geotécnico,» Guayaquil, 2009.
- [8] h. MTOP, «Informe Hidrológico,» Guayaquil, 2009.
- [9] M. Traffic, «Barreras Concreto,» 2012.
- [10] M. d. T. y. O. P. d. E. MTOP, Libro A Norma para Estudios y Diseños Viales, vol 2A, Quito, Pichincha, 2013.
- [11] I. B. d. C. y. e. H. IBCH, Diseño de Pavimentos (AASHTO-93) y Software DIPAV 2.0, vol. 1, Guayaquil, Guayas.
- [12] A. MC Ing. Rodríguez Serquén, Puentes, con AASHTO-LRFD 2010, 2012, p. 337.
- [13] AASHTO, AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, Washington DC, 2012, p. 1661.
- [14] A. Aguilar, «Leyes Ambientales Vigentes en el Ecuador,» Guayaquil, 2010.
- [15] M. d. Ambiente, «Estudios y Diseños Muelle de Servicio Isla Santay,» Guayaquil, 2010.
- [16] M. Armijos y T. Montilío, «Ecosistema Guayas (Ecuador). Medio Ambiente y Sostenibilidad,» *Revista Tecnológica ESPOL*, vol. 21, nº 1, Octubre 2008.

- [17] Y. Cardenas, «Construcción de Túneles,» Santiago de Chile, 2012.
- [18] A. Chango, L. Zambrano, X. Loayza y E. Santos, «Diseño de Pavimentos Articulados para el Proyecto Sector 3 en la Ciudad de Guayaquil, con la Aplicación del Programa PAVEMENTSOFT,» Guayaquil, 2012.
- [19] I. d. D. U. IDU, «Diseño de Tableros de Concreto para Puentes».
- [20] I. T. a. U. S. A. ITA, «Métodos de Diseño de Túneles».
- [21] P. Izurieta, «Procedimiento de optimización estructural del pavimento de la carretera Río Chambo - Chaupi - Pillate - Cotaló,» Sangolqui, 2010.
- [22] M. d. O. P. MOP, Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, vol. 1, Guayaquil, Guayas, 2003.
- [23] M. Macias, «Diseño de Pavimento Rígido para la Vía Baba - La Estrella,» Guayaquil, 2011.
- [24] Ministerio de Fomento, «Instrucción sobre Seguridad en Túneles,» Madrid, 2005
- [25] S. Rojas, «Diseño de Túneles,» Merida, 2009.
- [26] F. Suarez, «Diseño Geométrico de Túneles,» Mexico, 2010.
- [27] MTOP Ministerio de Transporte y Obras Públicas, NEVI VOLUMEN II Manual de control de calidad en la construcción de las obras de infraestructura del transporte., Quito, Pichincha, 2012.
- [28] MTOP, Especificaciones Generales para la construcción de caminos y puentes, Quito, Pichincha, 2002, p. 772.
- [29] R. Rodriguez Arismendiz, «A 30 años de El Niño de 1982-83,» *Semana*, 2013.
- [30] C. J. Roberto Jovel, «El Impacto del Fenómeno de El Niño de 1997-1998 en la Comunidad Andina de Naciones,» Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres Las Américas (EIRD), San José, Costa Rica, 2000.
- [31] Andes, «Senagua firmó contratos para consultoría y fiscalización de proyectos multipropósitos por cerca de \$ 21 millones,» 31 Octubre 2012.
- [32] Centre for Research on the Epidemiology of Disasters - CRED, «EM-DAT The International Disaster Database - Country Profile: Ecuador,» 2016.
- [33] Secretaría Nacional del Agua & Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos «Megaproyectos y Metas 2016,» Quito, 2016.

- [34] F. Moreira, «Vulnerabilidad vial en función de los riesgos naturales para el cantón Ambato,» Universidad Técnica de Ambato - Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Ambato - Ecuador, 2011.
- [35] INAMHI, «Boletín Climatológico,» Guayaquil, Febrero 2016.
- [36] INAMHI, «Anuario Meteorológico,» Quito - Ecuador, 1990-2014.