



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE
GUAYAQUIL**

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**“Estudio del desazolve y muro de protección del Estero Cañas
junto al Recinto Cien Familias, Cantón Balao”**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PRESENTADO EN OPCIÓN PARA
OBTENER DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

ANDRES GUILLERMO MERIZALDE ANDRADE

GUAYAQUIL – ECUADOR

2013

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado como un sencillo gesto, en primera instancia a mi madre, quien día a día con amor, entrega, sinceridad, fuerza y espíritu alentador me ha apoyado incondicionalmente para culminar éste caminar educativo – profesional.

A mi padre que sin tenerlo cerca ha hecho fuerza y me ha dado aliento para seguir adelante en este proyecto.

A mi abuelita quien me ha dado todo su amor, comprensión y apoyo para que no decaiga ni un solo instante.

A mis hermanas y hermanos, que supieron apoyarme y sostenerme en los momentos más difíciles y duros de este camino.

A la Abogada Ana Luzuriaga por estar siempre pendiente de que no desmaye, por darme todo su amor y apoyo.

A mi precioso Dios quien me ha permitido tener esta familia hermosa y por medio de ellos tener el amor y apoyo inmenso para culminar este proyecto.

Andrés Guillermo Merizalde Andrade

AGRADECIMIENTO

Antes que nada quisiera agradecer a Dios por ser él quien me ha guiado durante todo este tiempo, por darme la paciencia, entereza y dedicación necesaria para poner mi mayor esfuerzo en este trabajo.

A mi mamá por ser la persona que durante todos estos años ha sido mi mayor apoyo en todo lo que soy, por ser incondicional, por sus consejos y más que nada por el amor que me ha entregado, así mismo a mi abuelita, mi padre, mis hermanas, mis hermanos y mi enamorada por todo su apoyo y comprensión durante todo este tiempo, a mis compañeros por su amistad y por los momentos que hemos vivido a lo largo de esta carrera y este proyecto.

A mis amigos y compañeros que me orientaron y animaron a seguir adelante, aportando con un granito de arena para enfocarme, fortalecerme y culminar con éxitos la meta propuesta.

Al Decano de la Facultad de Ingeniería Civil Ing. Fausto Cabrera, la Sub-Decana Ing. Yuli Herrera, a los Docentes Ing. Héctor Rodríguez, Ing. Marcial Calero, Ing. Gustavo Martínez, Ing. Francisco Córdova, y demás docentes de la Facultad de Ing. Civil que han podido inculcarnos valores, conocimientos y experiencias que me han servido de mucho en mi vida profesional y estudiantil.

A los Ingenieros con los que he compartido mi vida laboral y que me han dado todo su apoyo incondicional para poder culminar este largo camino como son Ing. Nelson Maldonado Coello y demás Ingenieros que ayudaron a superarme en esta carrera de grandes proyectos.

“Donde hay fe hay amor, donde hay amor hay paz, donde hay paz esta Dios y donde está dios no falta nada” **(Blanca Cotta)**

Andrés Guillermo Merizalde Andrade

**CERTIFICACION DE AUDITORIA Y CESION DE DERECHOS DE
AUTOR**

Guayaquil, 11 de julio de 2012

Yo, Andrés Guillermo Merizalde Andrade declaro bajo juramento, que la autoría del presente Proyecto de Investigación me corresponde totalmente y me responsabilizo con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación que he realizado.

De la misma forma, cedo mis derechos de autor a la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y Normativa Institucional vigente.

CERTIFICACION DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACION

Guayaquil, 11 de julio de 2012

Certifico que el Proyecto de Investigación titulado “**Estudio del desazolve y muro de protección del Estero Cañas junto al Recinto Cien Familias, Cantón Balao**” ha sido elaborado por Andrés Guillermo Merizalde Andrade bajo mi tutoría y que el mismo reúne los requisitos para ser defendido ante el tribunal examinador que se designe al efecto.

RESUMEN

La presente investigación tiene como objeto identificar las causas que provocan temor a los moradores del Recinto Cien Familias del Cantón Balao que habitan junto al Estero Cañas y así mejorar su calidad de vida.

Para esto es ha sido importante la recopilación de datos sociales del sector, y de igual manera los datos topográficos, hidrológico e hidráulicos actuales con los cuales nos permitirán conocer mejor el tipo de inconvenientes que tienen tales moradores. Del mismo modo, se ha investigado todo lo relacionado a los caudales y precipitaciones del sector que de una u otra forman influyen en los muros que protegen al recinto.

Para aumentar la sección hidráulica del estero Cañas ha sido necesario diseñar la limpieza de los sedimentos del fondo del estero y así obtener un flujo más uniforme. Para proteger el muro de contención se ha diseñado una protección con rocas de un espesor promedio de 0.70 m de diámetro.

Los objetivos del estudio están enfocados a presentar un diseño basado en información y cálculos hidrológicos-hidráulicos preliminares y muy importantes en este tipo de diseños.

PALABRAS CLAVES: Muro, seguridad, precipitaciones y TIC's.

ABSTRACT

This research aims at identifying the causes of fear of the inhabitants from Recinto Cien Familias of Canton Balao who live along the Estero Cañas and improve their life quality.

For this has been important the social data collection sector, and equally topographic data, current hydrologic and hydraulic which will allow us to know better the types of problems that have such residents.

Similarly, it has been researched everything related to the flow and precipitations in the sector of one or another form influencing the walls protecting the site.

To increase the hydraulic section of Estero Cañas has been necessary to design cleaning the bottom sediments of the Estero and in that way obtain a more uniform flow.

To protect the retaining wall, it has been designed a protection with rocks an average thickness of 0.70 m in diameter.

The objectives of the study are aimed to present a design based on information and hydrologic

KEY WORDS: Retaining Wall, rockfill, precipitations and Tic's

INDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN.....	v
ABSTRACT	vi
MARCO GENERAL DE LA INVESTIGACION.....	1
DESCRIPCION GENERAL.....	1
ESTADO DEL ARTE DEL CONOCIMIENTO	2
JUSTIFICACION E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACION.....	6
JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION.....	6
IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACION.....	7
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
OBJETIVOS.....	9
IDEAS A DEFENDER.....	9
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION	10
PRODUCTOS OBTENIDOS.....	10
NOVEDADES Y APORTES TEORICOS Y PRACTICOS DE LA INVESTIGACION.....	10
CAPITULO I.....	12
1. EVALUACION DIAGNOSTICA.....	12
1.1. DESCRIPCION GENERAL	12
1.2. UBICACIÓN DEL PROYECTO	12
1.3. SITUACION ACTUAL	13
1.3.1. TERRITORIAL.....	13
1.3.1.1. BIOTICO.....	13
1.3.1.1.1. FLORA	14
1.3.1.1.2. FAUNA	15
1.3.1.2. ABIOTICO	16
1.3.1.2.1. AIRE	16
1.3.1.2.2. AGUA	16
1.3.1.2.3. SUELO.....	16
1.3.1.2.4. CLIMA.....	17
1.3.1.2.5. RELIEVE.....	17

1.4.	SUELOS.....	17
1.5.	HIDROLOGIA	17
1.6.	HIDRAULICA.....	18
1.7.	INFRAESTRUCTURA SOCIAL-ECONOMICA-AMBIENTAL	18
1.7.1.	SOCIAL	18
1.7.2.	ECONOMICA	18
1.7.3.	AMBIENTAL	19
1.8.	CONCLUSIONES	19
CAPITULO II.....		20
2.	FUNDAMENTACION TEORICA	20
2.1.	DESCRIPCION GENERAL	20
2.2.	HIDROLOGIA E HIDRAULICA.....	20
2.2.1.	PROBABILIDAD, PERIODO DE RETORNO – RIESGO.....	20
2.2.2.	HIDRAULICA.....	21
2.2.3.	HIDROLOGIA	23
2.2.3.1.	LA IMPORTANCIA	23
2.2.3.2.	CICLO HIDROLOGICO.....	23
2.2.3.3.	GEOMORFOLOGIA DE CUENCAS HIDROGRAFICAS.....	23
2.2.3.3.1.	DEFINICION	24
2.2.3.3.2.	DEMARCACION.....	24
2.2.3.3.3.	CARACTERISTICAS MORFOMETRICAS.....	24
2.2.3.3.3.1.	AREA (A).....	25
2.2.3.3.3.2.	PERIMETRO (P)	25
2.2.3.3.3.3.	FORMA DE LA CUENCA.....	25
2.2.3.3.3.4.	ELEVACION MEDIA DE LA CUENCA	26
2.2.3.3.3.5.	PENDIENTE MEDIA (Se)	26
2.2.3.3.3.6.	DESNIVEL ESPECIFICO (Ds)	27
2.2.4.	PRECIPITACIONES MEDIAS	27
2.2.4.1.	METODO DE POLIGONOS DE THIESSEN	28
2.2.4.2.	METODO DE INTERPOLACION POR MEDIAS MOVILES.....	30
2.2.4.3.	METODO DE ISOYETAS.....	30
2.2.5.	INFILTRACION	32
2.2.5.1.	GENERALIDADES	32
2.2.5.2.	INFILTRACION	32

2.2.5.3.	DESCRIPCION DEL PROCESO DE INFILTRACION	33
2.2.5.4.	PERFIL DE HUMEDAD EN EL SUELO	35
2.2.5.5.	METODOS PARA ESTIMAR LA INFILTRACION	35
2.2.5.5.1.	METODOS EN BASE A LA RELACION LLUVIA - ESCURRIMIENTO DIRECTO.....	35
2.2.5.5.2.	CAPACIDAD DE INFILTRACION MEDIA	36
2.2.5.5.3.	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO	38
2.2.5.6.	METODOS EMPIRICOS	38
2.2.5.6.1.	MÉTODO DE KOSTIAKOV (1932).....	38
2.2.5.6.2.	METODO DE HORTON (1940)	39
2.2.5.6.3.	METODO DE GREEN Y AMPT (1911).....	39
2.2.5.6.4.	METODO DE PHILIP	40
2.2.5.6.5.	METODO DE HOLTAN.....	41
2.2.5.6.6.	CRITERIO DE LA CAPACIDAD DE INFILTRACION.....	41
2.2.5.6.7.	CRITERIO DEL COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO	42
2.2.5.6.8.	CRITERIO DEL SERVICIO DE CONSERVACION DE SUELOS DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMERICA (USSCS)	42
2.2.5.6.9.	METODO DE LOS NUMEROS DE ESCURRIMIENTO	43
2.2.5.6.10.	METODO DEL SCS PARA ABSTRACCIONES.....	46
2.2.6.	MODELOS DE GENERACION DE HIDROGRAMAS	49
2.2.6.1.	METODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO.....	50
2.2.6.2.	HIDROGRAMA DE SNYDER	53
2.2.6.3.	HIDROGRAMA ADIMENSIONAL DEL SCS	54
2.2.6.4.	HIDROGRAMA SINTETICO TRIANGULAR DEL SCS	55
2.2.6.5.	HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR DEL MOPU	56
2.2.6.6.	HIDROGRAMA UNITARIO GEOMORFOLOGICO DE DEPOSITOS	57
2.2.6.7.	METODO DE LAS ISOCORONAS	58
2.2.7.	HIDROGRAMAS SINTETICOS	60
2.2.7.1.	CURVAS INTENSIDAD-DURACION-FRECUENCIA	60
2.2.7.2.	MAXIMA DURACION.....	61
2.2.7.3.	TRANSFORMACION LLUVIA DIARIA – LLUVIA EN 24 HORAS	62
2.2.7.4.	METODO DEL BLOQUE ALTERNO.....	62
2.2.7.5.	METODO DISTRIBUIDO DEL COEFICIENTE DE TORMENTA	64
2.3.	ESTABILIDAD DE TALUDES	64
2.3.1.	TALUD	66

2.3.2.	PARTES GENERALES DE UN TALUD.....	67
2.3.3.	ALTURA.....	67
2.3.4.	PIE, PATA O BASE	67
2.3.5.	CABEZA CRESTA CIMA O ESCARPE.....	67
2.3.6.	ALTURA DE NIVEL FREÁTICO.....	67
2.3.7.	PENDIENTE.....	68
2.3.8.	NOMENCLATURA DE UN DESLIZAMIENTO	68
2.3.8.1.	ESCARPE PRINCIPAL.....	68
2.3.8.2.	ESCARPE SECUNDARIO	69
2.3.8.3.	CABEZA.....	69
2.3.8.4.	CIMA	69
2.3.8.5.	CORONA.....	69
2.3.8.6.	SUPERFICIE DE FALLA.....	69
2.3.8.7.	PIE DE LA SUPERFICIE DE FALLA.....	69
2.3.8.8.	BASE.....	69
2.3.8.9.	PUNTA O UÑA	69
2.3.8.10.	COSTADO O FLANCO.....	70
2.3.8.11.	CUERPO PRINCIPAL DEL DESLIZAMIENTO	70
2.3.8.12.	SUPERFICIE ORIGINAL DEL TERRENO	70
2.3.8.13.	DERECHA E IZQUIERDA.....	70
2.3.9.	CLASIFICACION DE LOS DESLIZAMIENTOS.....	70
2.3.9.1.	CAIDO	70
2.3.9.2.	INCLINACION O VOLTEO	72
2.3.9.3.	REPTACION.....	73
2.3.9.4.	DESLIZAMIENTO	73
2.3.9.5.	DESLIZAMIENTO ROTACIONAL	74
2.3.9.6.	DESLIZAMIENTO DE TRASLACIÓN.....	76
2.3.9.7.	ESPARCIMIENTO LATERAL.....	76
2.3.9.8.	FLUJO	76
2.3.9.9.	FLUJO DE RESIDUOS.....	77
2.3.9.10.	FLUJO DE SUELO O TIERRA	78
2.3.9.11.	FLUJOS DE LODO	78
2.3.9.12.	AVALANCHAS.....	78
2.3.10.	FACTORES QUE AFECTAN EL COMPORTAMIENTO DE UN TALUD	78
2.3.10.1.	LA LITOLOGÍA O FORMACIÓN GEOLÓGICA	79

2.3.10.2.	LA GEOMORFOLOGÍA.....	79
2.3.10.3.	LA TOPOGRAFÍA	79
2.3.10.4.	EL CLIMA Y LA HIDROLOGÍA	79
2.3.10.5.	LA HIDROGEOLOGÍA	80
2.3.10.6.	LA SISMICIDAD.....	80
2.3.10.7.	LA VEGETACIÓN	80
2.3.11.	PARÁMETROS GEOMÉTRICOS.....	80
2.3.11.1.	PENDIENTE	81
2.3.11.2.	CURVATURA	81
2.3.11.3.	LARGO - ANCHO	81
2.3.11.4.	ÁREAS DE INFILTRACIÓN ARRIBA DEL TALUD	81
2.3.12.	PARÁMETROS GEOLÓGICOS.....	82
2.3.13.	PARÁMETROS GEOTÉCNICOS.....	82
2.3.13.1.	RESISTENCIA AL CORTANTE.....	82
2.3.13.2.	PERMEABILIDAD.....	82
2.3.13.3.	EXPANSIVIDAD	82
2.3.14.	MÉTODOS Y ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN	83
2.3.14.1.	INTRODUCCIÓN.....	83
2.3.14.2.	CONDICIÓN DE TALUD ESTABLE.....	83
2.3.14.3.	CONDICIÓN DE DESLIZAMIENTO	83
2.3.15.	TIPOS DE ESTRUCTURAS.....	84
2.3.15.1.	MUROS MASIVOS RÍGIDOS	84
2.3.15.2.	MUROS FLEXIBLES.....	86
2.3.15.3.	MUROS DE TIERRA ARMADA.....	89
2.3.15.4.	ESTRUCTURAS ANCLADAS	90
2.3.15.5.	ESTRUCTURA ANCLADA EN TIERRA	92
CAPITULO III.....		95
3.	FORMULACION Y EVALUACION DE LA INVESTIGACION	95
3.1.	DESCRIPCION GENERAL	95
3.2.	ALCANCE DE LA INVESTIGACION	96
3.3.	METODOLOGIA.....	97
3.3.1.	NIVEL DE INVESTIGACION	97
3.3.2.	TIPO DE INVESTIGACION	97
3.3.3.	DISEÑO DE INVESTIGACION.....	97

3.3.4.	POBLACION.....	98
3.3.5.	UNIVERSO MUESTREAL.....	98
3.3.5.1.	TIPOS Y MÉTODOS DE MUESTREO	99
3.3.5.2.	ESTUDIOS PARA DETERMINADOS PARÁMETROS.....	100
3.3.6.	MUESTRA DEL ESTUDIO.....	101
3.3.7.	TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS	102
3.4.	PRESENTACION Y SELECCION DE ALTERNATIVAS.....	102
3.4.1.	DESAZOLVE DE RIOS Y ESTEROS.....	102
3.4.2.	MURO DE CONTENCIÓN	103
3.4.2.1.	MURO DE GAVIONES.....	103
3.4.2.2.	MAMPOSTERIA	105
3.4.2.2.1.	TIPOS DE MAMPOSTERIA.....	106
3.4.2.2.1.1.	MAMPOSTERIA EN SECO.....	106
3.4.2.2.1.2.	MAMPOSTERIA ORDINARIA	107
3.4.2.2.1.3.	MAMPOSTERIA CAREADA	107
3.4.2.2.1.4.	MAMPOSTERIA CONCERTADA	107
3.4.2.3.	ENROCADO	108
3.4.2.3.1.	MATERIALES.....	108
3.4.2.3.2.	METODO DE CONSTRUCCION	109
3.4.3.	SELECCION DE ALTERNATIVA	110
3.5.	PLANIMETRIA - ALTIEMETRIA - INC SECCIONES	
	TRANSVERSALES	110
3.5.1.	DATOS GENERALES DEL PROYECTO	110
3.5.2.	LIBRETA DE NIVELACION.....	112
3.5.3.	SECCIONES TRANSVERSALES.....	115
3.5.4.	DATOS PLANIMETRICOS DEL PROYECTO	118
3.6.	DISEÑO HIDROLOGICO E HIDRAULICO	121
3.6.1.	ZONIFICACION DE INTENSIDADES DE PRECIPITACION	124
3.6.2.	ISOLINEAS.....	124
3.6.3.	AREA DE LA CUENCA	125
3.6.4.	NUMERO DE CURVA.....	126
3.6.5.	PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL	127
3.6.6.	TIEMPO DE CONCENTRACION.....	127
3.6.7.	HIETOGRAMA	129

3.6.8.	CALCULO DE CAUDAL DE DISEÑO DE CUENCA EN HEC-HMS	136
3.6.8.1.	PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS	136
3.6.8.2.	PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS (Diseño).....	140
3.7.	FICHA AMBIENTAL	158
3.8.	PRESUPUESTO Y COSTO DEL PROYECTO.....	173
3.8.1.	PRESUPUESTO	173
3.8.2.	ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS	174
3.8.3.	CRONOGRAMA DE EJECUCION	190
	CONCLUSIONES	191
	RECOMENDACIONES.....	193
	BIBLIOGRAFIA	194
	ANEXOS.....	195

MARCO GENERAL DE LA INVESTIGACION

DESCRIPCION GENERAL

Dada la abundancia de precipitaciones, el Ecuador dispone de una rica red hidrográfica, salvo en las zonas occidentales y meridionales áridas de la Costa. Casi todos los ríos se originan en los altos relieves andinos; éstos son cortados por profundas gargantas, y las corrientes se dirigen unas hacia la llanura amazónica y otras hacia el océano Pacífico. Estas últimas, debido a la proximidad de las montañas respecto a la línea costera, tienen por lo general un curso breve pero caudaloso y son navegables en algunos tramos.

Uno de los ríos más importantes es el Santiago, en la zona septentrional, que, como sus afluentes, nace en la vertiente occidental de los Andes; su curso inferior se desenvuelve en medio de las arcillas rojas de una llanura, donde las aguas se dividen en numerosos brazos ("esteros"), a cuyas márgenes se suceden plantaciones de banano, de abacá, etc. El río Esmeraldas es muy caudaloso, ya que su cuenca hidrográfica, muy vasta, está comprendida enteramente dentro de una zona de lluvias constantes. Se origina de la confluencia de varias corrientes, entre las cuales están, los ríos Blanco y Guayllabamba son los más destacados; este último se forma en el valle de Quito, del que sale a través de una estrecha garganta que lo conduce a un paraje de verdes colinas y después a una extensa llanura aluvial, donde su cauce se abre entre islas formadas por guijarrales. El Esmeraldas desemboca en el océano Pacífico formando un profundo estuario, en cuyo extremo se levanta la ciudad homónima.

En el sector central debe mencionarse el Chone, que concluye junto al puerto de Bahía de Caráquez; después viene el Guayas, constituido por varios afluentes navegables y que en la desembocadura tiene una anchura excepcional; allí se puede apreciar el influjo de las mareas; su cuenca, cuya superficie llega hasta unos 34.000 km², albergando a dos millones y medio de habitantes, representa acaso la zona más fértil del país (algodón, cacao, banano, pastos) y uno de los lugares más prometedores de toda Suramérica para la agricultura. Más al sur, los ríos van tornándose pobres en caudal, como efecto de la disminución de las lluvias; de

todas maneras se puede citar al Jubones, que se halla en condición de servir para el riego y también para la generación de energía eléctrica.

Por su parte, la cordillera Oriental envía sus aguas para formar el caudal de ríos como el Napo, el Tigre, el Pastaza y el Santiago, que son afluentes del Amazonas. Todos ellos conducen un notable caudal de agua, muestran un curso lento y sinuoso, sirven para la navegación en grandes trechos y cruzan las enormes selvas de la región.

Dentro de la Sierra existen numerosos lagos, en su mayoría de origen volcánico. La provincia de Imbabura, en el norte, es famosa por este motivo, incluyendo entre otros, el lago San Pablo, cubierto de plantas acuáticas a cuyas orillas se localizan grupos nativos muy característicos; el de Cuicocha, en el fondo de un cráter; el de Yaguarcocha, a poca distancia de Ibarra y cuyo nombre significa "lago de sangre", debido a que en sus aguas fueron arrojados los cuerpos de miles de indígenas quiteños, a quienes el inca Huayna Cápac venció en una batalla, completando su obra de conquista.

http://www.ecuaworld.com.ec/hidrografia_ecuatoriana.htm

El Estero Cañas que a simple vista es tranquilo, sin embargo por recibir parte de las aguas de un sinnúmero de afluentes pequeños, pero el principal nace de un desprendimiento del río grande que recoge agua que descienden de la cordillera, en tiempos de lluvias intensas el caudal que lleva desborda los muros junto a él e inunda las aéreas pobladas y agrícolas destruyendo todo a su paso. La población afectada por el desbordamiento es el Recinto Cien Familias.

ESTADO DEL ARTE DEL CONOCIMIENTO

Aunque en la antigüedad se construyeron muchos tipos de muros de carga, los más antiguos que se conservan son de adobe o piedra. Se tiene constancia de la existencia de pastas y morteros precursores del hormigón desde los tiempos del Antiguo Egipto, pero fueron los romanos los que impulsaron este material con la técnica del Emplectum, consistente en crear dos hojas exteriores de sillares de piedra, rellenas de un mortero de cal con arena y cascotes. Esta técnica

constructiva se ha repetido con ligeras variantes (como el muro Dacio), a lo largo de la historia.

En los lugares donde la piedra escaseaba o era excesivamente costoso conseguirla, ésta se sustituyó por el barro en forma de adobe: un ladrillo de barro secado al sol. Asimismo, se puede establecer un paralelismo entre el *emplectum* y el tapial, una forma de construcción consistente en aprisionar barro entre dos placas o encofrados de madera, y compactarlo en sucesivas *tongadas* mediante mazos o pisones. Una vez se terminaba una hilada de tapias, se colocaban el encofrado encima, y se repetía la operación. Con estas técnicas de tapial y adobe se lograron erigir edificios de hasta seis alturas, algunos de los cuales perduran en Yemen.

Pero el material más empleado para realizar muros de carga es el ladrillo: una evolución del adobe cuya diferencia estriba en el proceso de cocción, que le confiere mayor resistencia y durabilidad. El ladrillo empleado en muros de carga suele ser macizo, aunque no es inusual encontrar muros de carga de ladrillo perforado o incluso hueco en viviendas de una o dos alturas. Una variante del muro de carga de ladrillo es el realizado con bloque de hormigón, si bien no es posible alcanzar grandes alturas por este método.

Al igual que en las épocas anteriores, también existe un reflejo del *emplectum* romano en el empleo actual del hormigón en masa, donde, como sucediera en el tapial, el hormigón se confina mediante encofrados hasta que éste fragua y adquiere dureza.

La aparición del acero, capaz de soportar las tensiones de tracción, posibilitó la aparición del hormigón armado y de las estructuras metálicas, que modificó radicalmente la forma de construir, dejando obsoletos los muros de carga. En la actualidad, estos muros sólo se emplean en obras de poca entidad, como muros de contención de terreno en obras públicas y en sótanos, siendo el resto de la estructura una combinación de vigas y pilares, por lo que los muros rara vez adquieren funciones portantes o estructurales, y su único propósito es el de compartimentar o aislar los espacios.

Hasta finales del siglo XIX, se construían muros de mampostería y piedra, a partir del siglo XX se comenzó a construir muros de concreto en masa y de concreto armado, desplazando en muy buena parte a los materiales anteriormente utilizados.

(<http://www.slideshare.net/johannaximena1/muros-de-contencion>)

Por economía, por falta de medios, y porque, las primeras comunidades no lo necesitaban, es probable que durante algún tiempo, no hubo necesidad de ir más allá, como mucho de taludes estabilizados con piedras y rudimentarios muros de escollera. Pero las civilizaciones avanzaron, las aldeas, las villas, dieron lugar a las primeras ciudades, y de ahí, se empezó a realizar los estados en la concepción que hoy tenemos de ellos.

La ingeniería romana buscó la economía, ciertamente, pero sin sacrificar los parámetros de calidad que aseguraban la misión para la que estaban diseñadas. Por ello, tuvieron que hacer esfuerzos adicionales en terrenos difíciles. Así, han llegado hasta nuestros días, sistemas de contención de tierras junto a las calzadas.

Parece lógico pensar que los primeros muros de contención de piedra fueron absolutamente verticales. Seguramente, entendieron después que, si eran demasiado delgados no resistían, y si eran lo gruesos que necesitaban ser, el material estaría desaprovechado, así que empezaron a inclinar el intradós. El siguiente paso no era tan obvio, porque suponía un cambio estructural importante: los muros descritos hasta ahora, resistían esencialmente la flexión de eje horizontal. Consciente de lo que hacían o no al aligerar el prisma triangular descargaron sobre los contrafuertes la función de resistir, como ménsulas, la flexión de eje horizontal, mientras que en los tramos de muro aligerado, reaparecían flexiones de eje vertical. Ambos esfuerzos habían de ser resistidos por rozamiento entre sillares, por lo que, en un principio, resultaron obras muy pesadas.

Este fue, esencialmente, el comportamiento de los muros de contención, durante siglos. Las mejoras en las dimensiones debieron venir de la mano de mejoras en el

rozamiento entre los elementos que conformaban los muros, con el uso de conglomerantes (morteros romanos de puzolana, argamasa de cal, hasta llegar al uso de morteros de cemento portland) y llaves entre hiladas.

Con el hormigón, armado o no, se imitan, en forma y esquema estructural, todos los tipos de muros de contención anteriores, especialmente los más ligeros, los que en tiempos se debieron construir con tabla y ménsulas de madera, ya que las exigencias de contención son, en general, menores: la mejora en la maquinaria de movimiento de tierras ha facilitado mucho el trabajo en las obras lineales. Por otra parte, han aparecido nuevas formas de contener las tierras haciendo que trabajen contra sí mismas, con el uso de anclajes más (muros pantalla) o menos (tierra armada, muros verdes) contundentes.

Por lo tanto, los muros de contención con contrafuertes podrán parecer condenados definitivamente a la extinción. Pero, en realidad, a lo que están condenados es a su desaparición, entendiéndose en el sentido literal de la palabra. Porque los armados permiten resistir las tracciones que antes la piedra, o la cerámica, de por sí no resistían. Y por lo tanto, la historia da un giro de 180 grados, nunca mejor dicho, y encontramos muros de contención en los que los contrafuertes resisten los empujes de las tierras en el sentido contrario al que tradicionalmente los resistían, trasladando tracciones a la cimentación, donde antes se trasladaban compresiones, quedando los contrafuertes ocultos bajo las tierras que contienen.

Las obras hidráulicas añadieron nuevas variables al problema estructural. El agua ataca al punto crítico como a todas las estructuras, esto es, en la cimentación, con subpresiones que aumentan el momento de vuelco, y con inestabilidades por sifonamiento. Funcionalmente, debemos pensar, por una parte, en las obras portuarias, donde la importancia está en la disipación de energía de las olas; en presas, embalses y diques de control de avenidas, prima el control del flujo del agua por los medios porosos de los que están contruidos.

Sistemas de contrafuertes, en forma de talud nada aligerado, fueron las herramientas para estabilizar la construcción y contener la fuerza del mar. Esto, no

ha cambiado desde la antigüedad hasta nuestros días, solo se ha mejorado en la contundencia de los materiales.

Pero como paso previo del sencillo azud de pared vertical, a la presa de gravedad y después de contrafuertes, tenemos una tipología en la que el esfuerzo de resistir la presión hidrostática lo realiza un espaldón de tierra, y el empuje de este sobre el muro, a embalse vacío, se resiste con contrafuertes.

Dependiendo de la importancia de lo que se hubiere proteger, las soluciones han ido desde tierra, más o menos reforzada, hasta piedra y hormigón. Con más justificación si cabe que en las situaciones que desembocan en la decisión de construir una presa de contrafuertes, se han ejecutado largos muros dispuestos a frenar la presión hidrostática del agua de los ríos que reclaman su valle.

(Tomado de copias sin nombre de autor, obtenidas años atrás)

JUSTIFICACION E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACION

JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION

El cauce del Estero Cañas actualmente se encuentra azolvado y la longitud del muro actual no protege la totalidad del recinto Cien Familias, el estado del muro existente por su longitud trasmite preocupación en la comunidad en la estación invernal que comprende los meses de enero a mayo. Es necesario que este proyecto se ejecute a continuación del muro de enrocado construido en el año 2010 continuando con aproximadamente 260 metros en el margen derecho, protegiendo así a la población, sus cultivos y animales domésticos.

Con este proyecto se ha de cumplir lo demandado en la constitución con respecto a la política del buen vivir de los beneficiarios brindándole una mejor calidad de vida con proyectos que le brinden seguridad, confianza los mismos que serán diseñados y llevados a cabo con el uso de tecnología y buena metodología.

De igual forma se presenta la siguiente investigación con la finalidad de cumplir un proceso académico de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, a través de la Facultad de Ingeniería Civil para así poder obtener el

título de Ingeniero Civil y cumplir con el principio de la pertinencia que encontramos en el artículo 107 de la LOES que consiste en que la educación superior responda a las expectativas y necesidades de la sociedad, a la planificación nacional, y al régimen de desarrollo, a la prospectiva científica, humana y tecnológica mundial, y a la diversidad de cultura. Para ello, las instituciones de educación superior articularan su oferta docente, de investigación y actividades de vinculación con la sociedad, a la demanda académica, a las necesidades de desarrollo local, regional y nacional, a la innovación y diversificación de profesionales de grados académicos, a las tendencias demográficas locales, provinciales y regionales; a la vinculación con la estructura productiva actual y potencial de la provincia y la región, y las políticas nacionales de ciencia y tecnología, con el fin de que se desarrolle el intelecto del alumnado por medio del uso del avance científico, técnico y de conocimiento para el servicio de la comunidad.

IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACION

RELEVANCIA

Con este estudio, se busca brindar a los habitantes del recinto Cien Familias del cantón Balao una mejor calidad de vida mediante proyectos que den seguridad y confianza en su día a día garantizando su Derecho de buen vivir contemplado dentro de la Constitución de la República del Ecuador. Los proyectos que se proponen se han de diseñar y llevar con buena metodología así como el uso de tecnología avanzada.

OBJETIVIDAD

En la actualidad, el cauce del Estero Cañas se encuentra azolvado por lo cual la longitud del muro actual no protege en su totalidad el recinto Cien Familias.

SUBJETIVIDAD

El estado actual del muro existente, por su longitud, genera preocupación en los habitantes del recinto Cien Familias dentro del periodo invernal que comprende

los meses de enero a mayo.

FACTIBILIDAD

Este proyecto se ejecutaría a continuación del muro de enrocado que fue construido en el año 2010, lo cual consistiría en la construcción de 260 metros en el margen derecho, con la finalidad de proteger a la población, sus cultivos y animales domésticos de cualquier estrago producto de la época invernal.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

CONTEXTO

El proyecto del Margen derecho del Estero Cañas, perteneciente al Recinto Cien Familias del cantón Balao, está ubicado en las cercanías de la carretera principal.

PROBLEMA SOCIAL

Año a año por la época invernal, los habitantes del recinto Cien Familias viven con el temor de que se inunden las áreas de cultivo y criadero de animales que ellos poseen, así mismo viven con la incertidumbre de la estabilidad del muro actual, puesto que si este se llegase a romper causaría la destrucción de gran parte de los alrededores del estero creando mayor aislamiento, insalubridad y proliferación de enfermedades.

PLANTEAMIENTO

Dentro de la época invernal, el caudal del Estero Cañas pasa por encima de los muros que han sido construidos a sus lados; así mismo, debido a la furia y cantidad de agua que se genera en esta época los muros tienden a romperse causando inundaciones y destrucción de todo lo que este a su paso.

CAMPO DE ACCION

El problema planteado anteriormente exige que en el estudio a realizarse se implemente los conocimientos de la Ingeniería Hidrológica, Ingeniería Hidráulica,

Ingeniería Geotécnica e Ingeniería Ambiental los cuales lograrán a que el mismo se encaminen de manera efectiva durante su desarrollo hasta su conclusión.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

La protección de los habitantes del recinto Cien familias así como sus zonas agrícolas y animales domésticos mediante la construcción de un muro en el margen derecho del Estero Cañas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar las causas de inundación en el sector.
- Diseñar una protección en los márgenes del Estero Cañas.
- Ofrecer a los habitantes del recinto Cien Familias seguridad.
- Mejorar la calidad de vida de los moradores del sector garantizando su derecho al buen vivir.
- Conocer los datos hidrológicos de la cuenca del Estero Cañas
- Desazolver el Estero para aumentar el área hidráulica del mismo

IDEAS A DEFENDER

IDEA GENERAL

Estudio del Desazolve y Muro de Protección del Estero Cañas junto al Recinto Cien Familias, Cantón Balao, el cual servirá para mejorar la calidad de vida de los habitantes del sector.

IDEAS PARTICULARES

- A pesar de las precipitaciones de la época invernal, este proyecto brindará seguridad a los habitantes del recinto Cien Familias
- En épocas de lluvia se reducirá la insalubridad del sector en donde se desarrollará el proyecto

- Se podrá cultivar en épocas de lluvias sin tener el temor a inundaciones provocadas por la creciente del caudal del Estero Cañas

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

La metodología que se va a utilizar en este proyecto es la científica; ya que esta es la vía que se ha de implementar como estrategia para determinar las propiedades del objeto de este estudio, con la finalidad de describir los hechos así como explicar los mismos.

PRODUCTOS OBTENIDOS

Para poder cumplir el procedimiento propuesto dentro de este proyecto de investigación, se ha de implementar, de acuerdo a las características que irán surgiendo, los métodos teóricos, empíricos y matemáticos-estadísticos que sean necesarios.

En el desarrollo de este proyecto de investigación se ejecutará las tareas que sean necesarias para proporcionar respuestas a las preguntas científicas que surjan en el transcurso de la investigación y así cumplir con los objetivos propuestos dentro del mismo.

NOVEDADES Y APORTES TEORICOS Y PRACTICOS DE LA INVESTIGACION

APORTE TEORICO

Para la sustentación de este proyecto de investigación se ha de presentar topografías del sector, planos, cálculos y demás datos que sean necesarios los cuales han de servir de guía para quienes deseen conocer algo más sobre el tema.

APORTE PRACTICO

Se implementará como métodos actuales: nuevas tecnología, metodologías de trabajo y materiales amigos; así mismo se incluirán tendencias relevantes de trabajo tales como las TIC'S, con la finalidad de mejorar la calidad de vida de los

habitantes del recinto Cien Familias.

NOVEDAD CIENTIFICA

Se descargara software de libre acceso en la Red Informática Mundial WEB y que sea avalado por alguna Universidad o Institución Científica, que permita la obtención de los valores hidrológicos de diseño.

CAPITULO I

1. EVALUACION DIAGNOSTICA

1.1. DESCRIPCION GENERAL

Los habitantes del recinto Cien Familias que se encuentra junto a las riberas del Estero se encuentran siempre propensas a soportar los embates que puedan originar las crecidas de los caudales originados por los fenómenos naturales de las estaciones lluviosas, ya que estas aguas sobrepasan la altura de los muros y los rompen, o también pueden conformar nuevos cauces y ocasionar la abnegación de grandes hectáreas de terreno empleados para vivir, cultivar y criar animales, devastando estas a su paso.

Lo antepuesto es lo característico de los habitantes ubicados junto al Estero Cañas. Por esto se ha planteado el Estudio del Desazolve y Muro de Protección del Estero Cañas junto al Recinto Cien Familias, Cantón Balao el mismo que protegerá las áreas junto al muro de protección con la finalidad de mejorar la calidad de vida de los habitantes del recinto Cien Familias como lo demanda la actual Constitución.

1.2. UBICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto está ubicado en el cantón Balao Provincia del Guayas Recinto Cien Familias en un tramo correspondiente al Estero Cañas al pasar por el mencionado Recinto y cuyas cotas de solera se hallaran entre 24.519 hasta 24.244. En lo que se refiere a coordenadas UTM WGS 84 ZONA 17S se tomaron con un navegador modelo MOBILEMAPPER 10 de ASHTECH las cuales son:

Tabla 1: Ubicación del proyecto

COORDENADAS	INICIO	FINAL (Aguas Arriba)
NORTE	9686834.62	9686925.34
ESTE	643850.91	644054.54

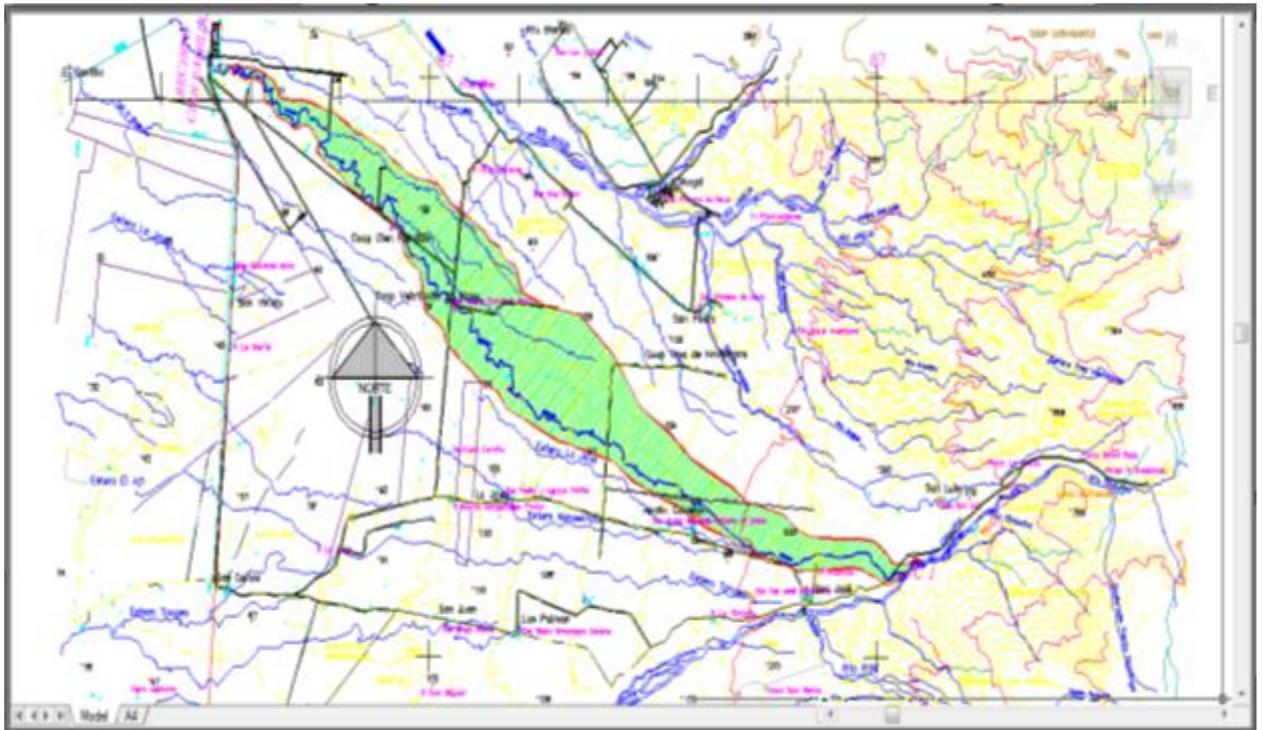


Figura 1: Ubicación del proyecto

1.3. SITUACION ACTUAL

El estero cañas se encuentra azolvado debido a los sedimentos arrastrados a través de su cauce aguas arriba y al pasar por detrás y lado izquierdo del recinto cien familias provoca inundaciones por que el talud derecho es de poca altura y la arcilla es de composición orgánica-vegetal. Esto sucede en cada estación invernal cuando las precipitaciones son de gran magnitud, no solo inundando el sector sino que el desborde de este caudal destruye los cultivos que encuentra a su paso e inunda las viviendas cercanas al estero. El estero cañas en época de invierno se muestra agresivo porque sus aguas descenden desde la cordillera la cual tiene pendientes fuertes. Esto hace necesario que los muros que lo contienen deben tener suficiente altura y estabilidad para poder sostenerse al paso de este caudal, siendo este el principal problema del desborde del estero cañas al pasar por el recinto cien familias.

1.3.1. TERRITORIAL

1.3.1.1. BIOTICO

El sector donde se encuentra ubicado el proyecto principalmente determina a la zona de vida como tipo de bosque húmedo tropical.

1.3.1.1.1. FLORA

La flora más relevante de la zona corresponde a una vegetación de bosque con un grado de intervención muy alto y árboles sembrados por sus habitantes, gran parte de la vegetación corresponde a cultivos perennes de pasto, cacao, frutales, etc., y cultivos de ciclo corto como maíz, yuca.

En la siguiente tabla se menciona las especies vegetales que se identificó en las visitas al sitio.

Tabla 2: Especies vegetales

FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN
Musaceae	Musa × paradisiaca	Banano
Musaceae	Musa acuminata	Plátano
Malvaceae	Theobroma cacao	Cacao
Rutaceae	Citrus × sinensis	Naranja
Rutaceae	Citrus × paradisi	Toronja
Poaceae	Arundo donax	Caña
Poaceae	Zea mays	Maíz

Euphorbiaceae	Manihot sculenta	Yuca
Rubiaceae	Coffea arabica	Café

1.3.1.1.2. FAUNA

La fauna observada en la zona de estudio se pudo identificar animales tales como: ganado porcino, ganado vacuno, ganado equino, aves, reptiles como: culebras, lagartijas, iguanas, también hormigas, mariposas, abejas, avispas.

En los sectores habitados se identificó grandes cantidades de gallinas, patos, pavos también animales domésticos como: perros y gatos. También los moradores del sector nos indicaron que existen mamíferos como zorros, conejos, ratones, ardillas etc., se observó aves de paso como: loros, colibríes, patillos, palomas tierreras.

En el siguiente cuadro se menciona algunas de las especies animales que se identificó en las visitas al sitio.

Tabla 3: Especies animales

FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN
Cathartydae	Cartantes aura	Gallinazo
Jacaniae	Jacana jacana	Gallito
Columbidae	Columbina ceuziana	Paloma tierrera
Hirudinidae	Progne chalybea	Golondrina

Phalacrocorax	Phalacrocorax brasilianus	Patillo
Suidae	Sus scrofa domestic	Cerdo
Equidae	Equus ferus caballus	Caballo
Equidae	Equus africanus asinu	Burro
Trochilidae	Mellisuga helenae	Colibrí

1.3.1.2. ABIOTICO

En la zona del proyecto existen factores que determinan el tipo de flora y fauna tales como: aire, agua, suelo, clima y relieve.

1.3.1.2.1. AIRE

El aire en la zona por lo que se encuentra en un área con baja cantidad de población, lejana de zonas urbanas, con tráfico vehicular relativamente bajo y la existencia de árboles propios de la zona e introducidos, derivando un aire muy puro con alta concentración de oxígeno favoreciendo de gran manera al crecimiento y desarrollo de todo tipo de vida.

1.3.1.2.2. AGUA

La mayor concentración de donde es obtenida el agua para la agricultura en la zona está en el estero y en veranos fuertes se capta el agua con la ayuda de bombas de pozos profundos. El agua que se utiliza para consumo humano es extraída directamente con la ayuda de bombas de pozos profundos.

1.3.1.2.3. SUELO

En esta población existen dos tipos de suelo en el área de población material de

préstamo importado gravoso con aristas redondeadas y bien compactadas, y en el Estero Cañas por el lado derecho arcilla de composición orgánica que es buena para la agricultura y en su lado izquierdo material arcilloso gravoso con aristas redondeadas.

1.3.1.2.4. CLIMA

Este sector tiene dos estaciones climáticas específicas que están marcadas dentro de cada año que son verano e invierno.

El **verano** está dentro de los meses de marzo a octubre con temperaturas mínimas de 17°C a 19°C y con ausencia de lluvias.

El **invierno** está dentro de los meses de noviembre a febrero con temperaturas de 26°C a 29°C, con presencia de lluvias y elevación de aguas en el estero.

1.3.1.2.5. RELIEVE

La zona se hallara a una altitud de entre 26.919 hasta 27.544 mt sobre el nivel del mar. Presentando una topografía muy irregular con llanuras y elevaciones de entre 3 a 5 mt de altura con un frondoso bosque y vegetación.

1.4. SUELOS

Se visualizó superficialmente que en esta población existen dos tipos de suelo en el área de población material de préstamo importado gravoso con aristas redondeadas y bien compactadas, y en el Estero Cañas por el lado derecho objeto del estudio arcilla de composición orgánica que es buena para la agricultura y en su lado izquierdo material arcilloso gravoso con aristas redondeadas.

Se realizó las pruebas de campo manuales al material de sitio con lo que se pudo confirmar lo antes descrito.

1.5. HIDROLOGIA

La cuenca del Estero Cañas se presenta de gran extensión debido a que este Estero recibe por el noreste una descarga que proviene del rio Grande. Cabe indicar que

el Estero Cañas recibe descarga de este río pero no la totalidad de la descarga. Por lo que también recibe aguas de ríos y esteros aledaños, por lo que al unirse al Estero Cañas el caudal es incrementado de manera muy significativa.

Para obtener el área de aportación de la cuenca de investigación es fundamental obtener la información de tablas, datos pluviométricos, datos de las Cartas IGM y demás información que se requiera usar para efectuar el estudio hidrológico correspondiente.

1.6. HIDRAULICA

En el sitio de estudio existe un muro de contención en los márgenes derecho e izquierdo del Estero, el mismo que tiene una longitud aproximada de 700 mt con una altura que va de 3 a 4 m aproximadamente y una corona que promedia los 3 mt la cual está conformada de arcilla de composición orgánica que es buena para la agricultura. Por lo que es en esta sección en donde por medio del estudio hidráulico se presentara cual debe ser la sección adecuada para brindar seguridad a los habitantes del recinto Cien Familias.

1.7. INFRAESTRUCTURA SOCIAL-ECONOMICA-AMBIENTAL

1.7.1. SOCIAL

La mayoría de los habitantes de este sector viven de la agricultura y ganadería teniendo un gran número de jornaleros y algunos dueños de sus propios negocios siendo propietarios de tierras. Estas personas se movilizan en camiones medianos, camionetas, motos, bicicletas, caballos y algunos a pie.

1.7.2. ECONOMICA

Los habitantes del recinto en estudio viven de la ganadería (ganado vacuno, ganado porcino y ganado equino), de la agricultura teniendo sembríos de maíz, cacao, café, yuca, banano, plátano. Con la colocación de este enrocado en proyecto se puede dar tranquilidad a estos agricultores y ganaderos de que las cosechas y ganado no se van a perder, permitiendo que haya un mayor desarrollo económico para los habitantes de la zona.

1.7.3. AMBIENTAL

Para esto se ha elaborado una ficha ambiental la cual define la prevención y mitigación de los problemas ambientales que pudieran darse durante las etapas de estudio, construcción y mantenimiento del muro por lo que se debe minimizar los problemas que pudiesen presentarse, ya que estos podrían ser de la maquinaria, equipos de trabajo que se utilicen en esta construcción ya que las mismas ocasionan ruido y emanan gases contaminantes de los motores que afectan el hábitat de las personas y de los animales. Añadiendo también la falta de infraestructura básica en este sector. Se analizó los aspectos físicos, ambientales y sociales que puedan ocasionar menos daño al ecosistema y hábitat de las especies, teniendo el aspecto económico y la parte técnica en un equilibrio.

Realizando los procesos técnicos necesarios para evitar impactos ambientales negativos en este sector estamos cumpliendo con lo estipulado en el art. 86, numeral 2, de la constitución en donde señala la garantía que el Estado brinda a los ciudadanos el mismo que dice “El Estado protegerá el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado que garantice un desarrollo sustentable. Velara para que este derecho no sea afectado y garantizará la preservación de la naturaleza”.

1.8. CONCLUSIONES

La situación actual de los habitantes del sector donde se realizará el estudio está latente en todo momento, la naturaleza les ha dotado de una tierra fértil y un vasto Estero que les brinda agua durante todo el año, así también es muy latente el temor y los daños que causan los desbordes del Estero Cañas y teniendo en cuenta el alcance del **“ESTUDIO DEL DESAZOLVE Y MURO DE PROTECCIÓN DEL ESTERO CAÑAS JUNTO AL RECINTO CIEN FAMILIAS, CANTÓN BALAO”** se lo considera oportuno porque mejorará la calidad de vida de sus habitantes.

CAPITULO II

2. FUNDAMENTACION TEORICA

2.1. DESCRIPCION GENERAL

En la mayoría de crecientes de los caudales del Estero Cañas por los embates climatológicos (fenómenos naturales de las estaciones lluviosas) dejan siempre propensa a soportar los recintos aledaños, ya que estas aguas sobrepasan la altura de los muros y los rompen, o también pueden conformar nuevos cauces y ocasionar la abnegación de grandes hectáreas de terreno empleados para vivir, cultivar y criar animales, devastando estas a su paso.

El ingeniero civil en su diario vivir profesional se ha de enfrentar con diversos problemas muy importantes generados a su alrededor como en suelos y ríos.

Aquí intervienen un gran número de problemas particulares que el ingeniero debe investigar su naturaleza y alcance para así describirlos y resolverlos, así mismo el ingeniero debe conocer las características de las cuencas de aportación de una ubicación dada para su diseño. Para eso se debe conocer o tener muy en cuenta criterios de hidrología e hidráulica.

2.2. HIDROLOGIA E HIDRAULICA

2.2.1. PROBABILIDAD, PERIODO DE RETORNO – RIESGO

En varias áreas de la ingeniería, el período de retorno es el tiempo esperado o tiempo medio entre dos sucesos improbables y con posibles efectos catastróficos. Así, en ingeniería hidráulica es el tiempo medio entre dos trombas de agua por encima de un cierto caudal, mientras que en ingeniería sísmica es el tiempo medio entre dos terremotos de intensidad mayor que un cierto umbral.

También llamado período de recurrencia, el período de retorno es un concepto estadístico que intenta proporcionar una idea de hasta qué punto un suceso puede considerarse raro, en términos de una determinada horquilla temporal habitualmente expresada en años. Suele utilizarse con distribuciones de variables extrémas referidas a un periodo de referencia igualmente de un año;

por ejemplo, la cantidad de lluvia caída en el día más lluvioso del año o la mayor altura de ola alcanzada en un año.

2.2.2. HIDRAULICA

Período de retorno es uno de los parámetros más significativos a ser tomado en cuenta en el momento de dimensionar una obra hidráulica destinada a soportar avenidas, como por ejemplo: el vertedero de una presa, los diques para control de inundaciones; o una obra que requiera cruzar un río o arroyo con seguridad, como por ejemplo un puente.

En hidrología es frecuente considerar zona inundable a aquella que es cubierta por las aguas en tormentas de hasta quinientos años de periodo de retorno. Esto significa que la cantidad de lluvia caída en un sólo día para ese periodo de retorno solamente se iguala o supera, estadísticamente, una vez en el período de 500 años. En términos numéricos se expresa que la probabilidad de que se presente una precipitación superior en un determinado año es $p = 1/500 = 0.002 = 0.2\%$; o bien, la probabilidad de que no se presente es la complementaria, $1 - p = 0.998 = 99,8\%$. Sin embargo eso no implica que no puedan producirse dos tormentas de tal o superior intensidad en dos años consecutivos, o incluso en un mismo año.

El período de retorno, generalmente expresado en años, puede ser entendido como el número de años en que se espera que mediamente se repita un cierto caudal, o un caudal mayor. Así podemos decir que el período de retorno de un caudal de 100 m³/s, para una sección específica de un río determinado, es de 20 años, si, caudales iguales o mayores de 100 m³/s se producen, en media a cada 20 años.

Por otro lado, si un evento tiene un periodo de retorno real de t_p años, el número medio de eventos que se puede presentar en un año determinado es:

$$\langle n \rangle = \frac{1}{t_p}$$

Más aún la probabilidad de superar k veces un caudal determinado período T viene dada por una distribución de Poisson:

$$\text{Prob}(k, t) = \frac{1}{k!} \left(\frac{t}{t_p} \right)^k e^{-\frac{t}{t_p}}$$

El período de retorno para lo cual se debe dimensionar una obra varía en función de la importancia de la obra (interés económico, socio-económico, estratégico, turístico), de la existencia de otras vías alternativas capaces de remplazarla y de los daños que implicaría su ruptura: pérdida de vidas humanas, costo y duración de la reconstrucción, costo del no funcionamiento de la obra, etc.

En muchos lugares, se podría por ejemplo proponer la construcción de badenes en vez de un puente, derivando los esfuerzos financieros hacia otras zonas, donde se estima necesaria mayor seguridad.

Al contrario, se tiene a veces la posibilidad de sobredimensionar un puente sin mayor costo adicional (por ejemplo en el caso de un valle estrecho, se puede, sin mayor costo sobre elevar el puente), permitiendo así prevenir huaicos y aluviones cuya descarga pico es imprevisible.

La idea es de evitar el superdimensionamiento de toda la obra, concentrando los esfuerzos en algunas partes definidas como vitales o esenciales, y adoptar disposiciones constructivas permitiendo minimizar los daños en caso de eventos excepcionales.

Períodos de retorno generalmente aceptados:

- Obras hidráulicas para canalización de aguas de lluvia en ciudades de mediano porte o grandes: de 20 a 50 años;
- Obras hidráulicas para canalización de aguas de lluvia en ciudades de pequeño porte: de 5 a 10 años;
- Puentes importantes: 100 años;
- Vertederos para presas con poblaciones aguas abajo 1.000 a 10.000 años. Evidentemente en estos casos se trata de estimaciones basadas en procedimientos

estadísticos. En algunos casos para obras hidráulicas cuya ruptura significaría un riesgo muy elevado de pérdidas de vidas humanas, estos valores son corroborados también con el método de la "Precipitación Máxima Probable".

http://es.wikipedia.org/wiki/Período_de_retorno

2.2.3. HIDROLOGIA

Es la ciencia que estudia la circulación del agua en la naturaleza (ciclo hidrológico) cualitativa y cuantitativamente. Específicamente, estudia el agua sobre la superficie de la tierra, en el suelo, en las rocas subyacentes y en la atmósfera, con referencia a la evaporación y a la precipitación.

2.2.3.1. LA IMPORTANCIA

Radica en su aplicación directa en el diseño y operación de proyectos de ingeniería para el control y uso del agua

- **Vías de comunicación:** redes viales, puentes alcantarillas, entre otros
- **Ingeniería sanitaria:** proyectos para uso humano
- **Ingeniería estructural:** Influencia Sobre Las Cimentaciones
- **Ingeniería hidráulica:** Información Indispensable En El Diseño

2.2.3.2. CICLO HIDROLOGICO



Figura 2: Ciclo hidrológico

2.2.3.3. GEOMORFOLOGIA DE CUENCAS HIDROGRAFICAS

2.2.3.3.1. DEFINICION

La cuenca hidrográfica se define como el conjunto de terrenos que drenan sus aguas hacia un cauce común

2.2.3.3.2. DEMARCACION

Los cauces de los ríos siempre se encuentran en la parte más baja del terreno, por esta razón entre dos cauces existe una línea divisoria más alta llamada divortium aquarum, por lo que trazando una línea por la divisoria de aguas que rodea al río en estudio y todos sus afluentes se delimita el área que drena todas las aguas precipitadas hacia el río de interés (cuenca hidrográfica).

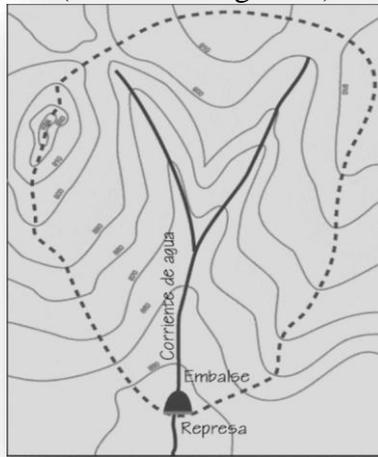


Figura 3: Cuenca hidrográfica

Para la demarcación se debe considerar:

- Utilizar un mapa a escala conveniente en el que figuren la cuenca y sus áreas aledañas.
- La divisoria de aguas debe pasar por los puntos más altos que separan una cuenca de otra
- Las curvas de nivel se cortarán perpendicularmente así estas sean rectas (paralelas al cauce), cóncavas (si se va de un punto más alto a uno más bajo) o convexas (si se va de un punto más bajo a un más alto)
- La divisoria de aguas solo cortará el cauce en el punto de interés.

2.2.3.3.3. CARACTERISTICAS MORFOMETRICAS

Nos permitirán establecer comparaciones entre cuencas estudiadas, con otras en las que no exista la suficiente información.

2.2.3.3.3.1. AREA (A)

Es quizá el parámetro más importante influyendo directamente en la cantidad de agua que ella puede producir y consecuentemente en la magnitud de los caudales. Es la proyección horizontal de la superficie de la misma. Se puede determinar directamente de un plano topográfico:

- Utilizando software
- Utilizando planímetro
- Descomposición geométrica
- Por pesadas

2.2.3.3.3.2. PERIMETRO (P)

Es la longitud del límite exterior de la cuenca, se determina utilizando:

- Software
- Curvímetro
- Hilo metálico

2.2.3.3.3.3. FORMA DE LA CUENCA

La forma de la cuenca se caracteriza con el índice o coeficiente de compacidad K_c se debe a Gravelius, y es la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de igual área que la cuenca. Cualquier caso, el coeficiente será mayor que la unidad, tanto más próximo a ella cuanto la cuenca se aproxime más a la forma circular, pudiendo alcanzar valores próximos a 3 en cuencas muy alargadas.

$$k_c = \frac{\text{PERIMETRO DE CUENCA}}{\text{PERIMETRO DEL CIRCULO DE IGUAL AREA}}$$

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

Tabla 4: Valores del coeficiente de compacidad

Kc	FORMA DE LA CUENCA	TENDENCIA CRECIDAS
1 - 1.25	DE CASI REDONDA A OVAL REDONDA	ALTA
1.25 - 1.5	DE OVAL REDONDA A OVAL OBLONGA	MEDIA
1.5 - 1.75	DE OVAL OBLONGA A RECTANGULAR	BAJA

2.2.3.3.4. ELEVACION MEDIA DE LA CUENCA

Es un factor que se relaciona con la temperatura y la precipitación

$$\text{ALT. MEDIA} = \frac{\sum(H_i * A_i)}{A_{\text{total}}}$$

En la expresión H_i es la altitud media de la faja altitudinal, A_i es el área de dicha faja y A_{total} es el área total de la cuenca.

2.2.3.3.5. PENDIENTE MEDIA (S_c)

Tiene estrecha relación con la infiltración, el escurrimiento superficial, la humedad del suelo y la contribución del agua subterránea al caudal de la corriente. Afecta notablemente a la relación lluvia escurrimiento pues reduce el tiempo de concentración y acorta el período de infiltración.

$$S_c = \frac{\sum(D_i * L_i)}{A_{\text{total}}} * 100$$

Es la expresión D_i es la diferencia de nivel entre el límite superior e inferior de la faja altitudinal seleccionada. L_i es la longitud de la curva media.

2.2.3.3.6. DESNIVEL ESPECIFICO (D_s)

$$D_s = I_g * \sqrt{A}$$

Tabla 5: desnivel especifico

TIPO DE RELIEVE	D_s
MUY DEBIL	< 10
DEBIL	10 a 25
DEBIL MODERADO	25 a 50
MODERADO	50 a 100
MODERADO FUERTE	100 a 250
FUERTE	250 a 500
MUY FUERTE	500 a 1000
EXTREM. FUERTE	1000 a 2500

(HIDROLOGIA, APUNTES DE CLASE, ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL,
UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA, FERNANDO OÑATE,
DESDE PAG. 3 HASTA PAG. 114)

2.2.4. PRECIPITACIONES MEDIAS

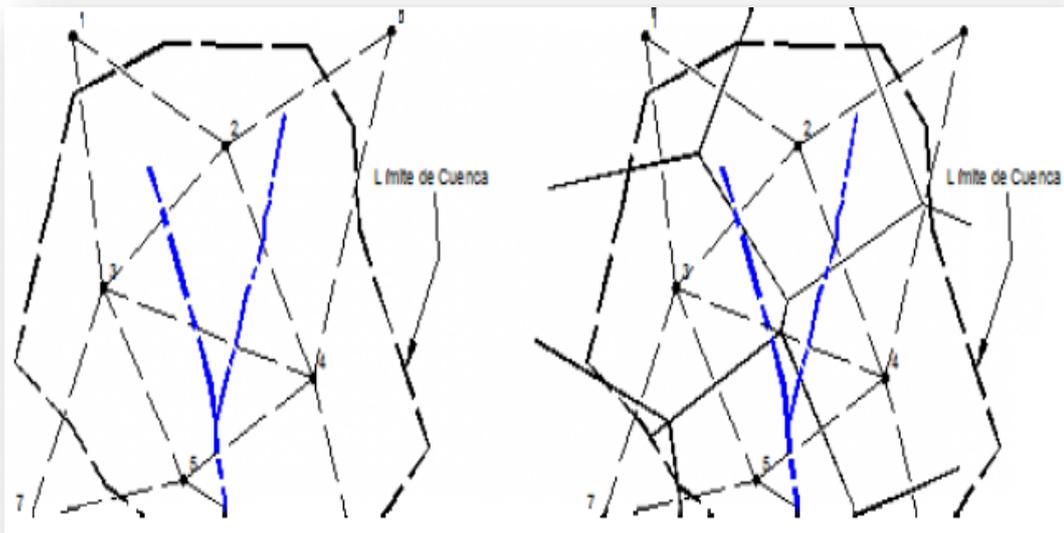


Figura 4: Precipitaciones media

En la mayoría de los estudios hidrológicos se requiere conocer la precipitación sobre un área definida, cuya extensión puede ser de unas pocas hectáreas hasta cientos de kilómetros cuadrados.

Dado que los registros pluviométricos representan condiciones puntuales dentro de una cuenca, es necesario contar con procedimientos que permitan transformar la lluvia puntual en información que sea representativa para toda la cuenca en estudio. De aquí que existan los métodos para el cálculo de la Precipitación Media en una Cuenca que veremos a continuación.

2.2.4.1. METODO DE POLIGONOS DE THIESSEN

Este método se puede utilizar para una distribución no uniforme de estaciones pluviométricas, provee resultados más correctos con un área de cuenca aproximadamente plana, pues no considera influencias orográficas.

El método asigna a cada estación un peso proporcional a su área de influencia, la cual se define para cada estación de la siguiente manera:

Todas las estaciones contiguas se conectan mediante líneas rectas en tal forma que no haya líneas interceptadas, es decir conformando triángulos:

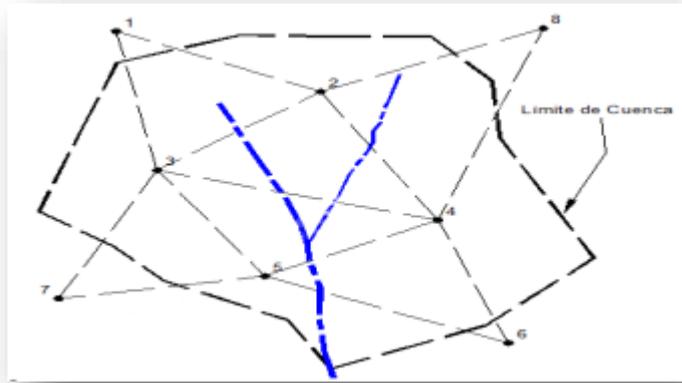


Figura 5: Método de polígonos de Thiessen

En cada una de las líneas previamente dibujadas se trazarán mediatrices perpendiculares, las cuales se prolongarán hasta que se corten con otras mediatrices vecinas:

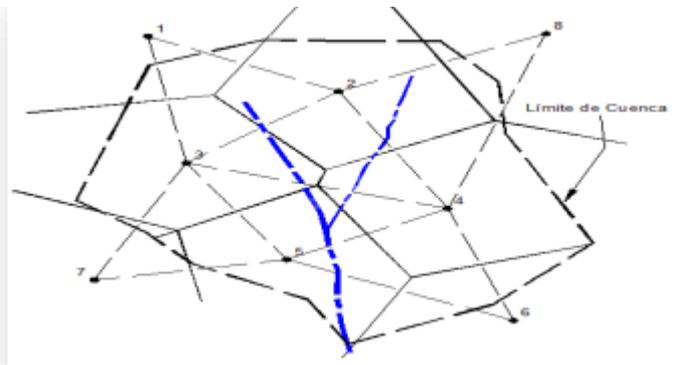


Figura 6

Los puntos de cruce o intersección entre las mediatrices representan los puntos del polígono cuya superficie constituye el área de influencia de la estación que queda dentro de dicho polígono.

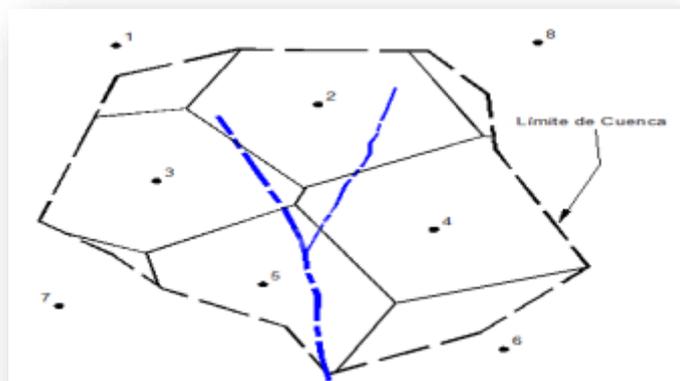


Figura 7

Finalmente, el área de cada uno de estos polígonos debe ser calculada (A_i) para poder realizar el Cálculo de la Precipitación Media sobre la cuenca mediante la expresión:

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot A_i}{\sum A_i}$$

Vale destacar que, en los polígonos limítrofes (ceranos al límite de la cuenca, como el de la estación N° 6 en la figura anterior) se considera solamente el área interior.

2.2.4.2. METODO DE INTERPOLACION POR MEDIAS MOVILES

Este método provee una buena estimación si las estaciones pluviométricas están distribuidas uniformemente dentro de la cuenca, el área de la cuenca es bastante plana y la variación de las medidas pluviométricas entre las estaciones es pequeña.

Según el Método Aritmético, la Precipitación media se calcula aplicando la siguiente expresión:

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}$$

En donde P_i es la precipitación puntual en la estación i y n el número de estaciones dentro de los límites de la cuenca en estudio. Como vemos es simplemente un promedio de las precipitaciones registradas en las distintas estaciones consideradas dentro de la cuenca.

2.2.4.3. METODO DE ISOYETAS

Es el método más preciso, pues permite la consideración de los efectos orográficos en el cálculo de la lluvia media sobre la cuenca en estudio. Se basa en el trazado de curvas de igual precipitación de la misma forma que se hace para estimar las curvas de nivel de un levantamiento topográfico.

Sobre la base de los valores puntuales de precipitación en cada estación (como los

enmarcados en un cuadro rojo en la siguiente figura) dentro de la cuenca, se construyen, por interpolación, líneas de igual precipitación:

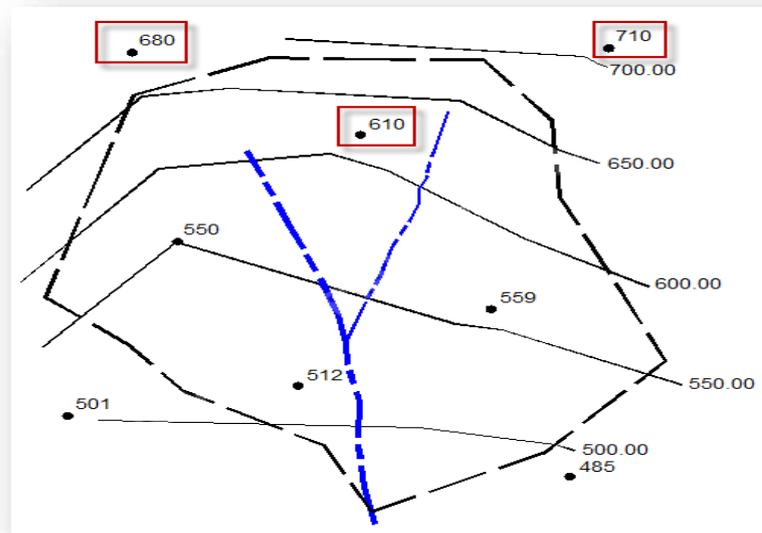


Figura 7

Las líneas así construidas son conocidas como isoyetas. Un mapa de isoyetas de una cuenca es un documento básico dentro de cualquier estudio hidrológico, ya que no solamente permite la cuantificación del valor medio sino que también presenta de manera gráfica la distribución de la precipitación sobre la zona para el período considerado. Una vez construidas las isoyetas será necesario determinar el área entre ellas para poder determinar la precipitación media mediante la expresión:

$$P = \frac{\sum_{j=1}^m [(P_j + P_{j+1})/2] \cdot A_j}{\sum_{j=1}^m A_j}$$

Dónde:

- P_j:** Valor de la Precipitación de la Isoyeta j.
- A_j:** Área incluida entre dos isoyetas consecutivas (j y j+1).
- m:** Número total de isoyetas.

Como se observa de la anterior expresión este método asume que la lluvia media entre dos isoyetas sucesivas es igual al promedio numérico de sus valores.

<http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/metodos-para-el-calculo-de-la-precipitacion-media-en-una-cuenca/>, MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA EN UNA CUENCA, CATEGORIA: HIDROLOGIA, ETIQUETAS: PRECIPITACION MEDIA)

2.2.5. INFILTRACION

2.2.5.1. GENERALIDADES

La diferencia entre el volumen de agua que llueve en una cuenca y el que escurre por su salida están constituidas por la intercepción en el follaje de las plantas y en los techos de las construcciones, la retención en depresiones o charcos (que posteriormente se evapora o se infiltra), la evaporación y la infiltración.

La infiltración juega un papel de primer orden en la relación lluvia - escurrimiento y por lo tanto en los problemas de diseño y predicción asociados a la dimensión y operación de las obras hidráulicas. En general, el volumen de infiltración es varias veces mayor que el de escurrimiento durante una tormenta dada, especialmente en cuencas con un grado de urbanización relativamente bajo.

2.2.5.2. INFILTRACION

Se define como la cantidad de agua en movimiento que atraviesa verticalmente la superficie del suelo producto de la acción de las fuerzas gravitacionales y capilares, ésta cantidad de agua quedará retenida en el suelo o alcanzará el nivel freático del acuífero, incrementando el volumen de éste.

Entre los factores más importantes que afectan la velocidad o tasa de infiltración son:

- Características físicas de la textura del suelo
- Carga hidráulica o lámina sobre la superficie del suelo
- Contenido de materia orgánica y carbonatos en el suelo
- Contenido de humedad del suelo (inicial y a saturación)
- Grado de uniformidad en el perfil del suelo
- Acción microbiana en el suelo

- Temperatura del suelo y del agua
- Cobertura vegetal
- Uso del suelo
- Cantidad de aire atrapado en el suelo
- Lavado del material fino
- Compactación

2.2.5.3. DESCRIPCION DEL PROCESO DE INFILTRACION

Si consideramos un área de suelo suficientemente pequeña, de modo que sus características (tipo de suelo, cobertura vegetal, etc), así como la intensidad de la lluvia en el espacio puedan considerarse uniformes. Además supongamos que al inicio de la lluvia, el suelo está lo suficientemente seco para que la cantidad de agua que puede absorber en la unidad de tiempo (es decir su capacidad de infiltración) sea mayor que la intensidad de la lluvia en esos primeros instantes de iniciada la lluvia. Bajo dicha condiciones, se infiltraría todo lo que llueve, es decir:

Si $i < f_p$, entonces $f = i$

Donde

f: Infiltración en lámina por unidad de tiempo (mm/h)

f_p: Capacidad de infiltración en lámina por unidad de tiempo (mm/h)

i: Intensidad de la lluvia (mm/h)

Al avanzar el tiempo y si la lluvia es suficientemente intensa el contenido de humedad del suelo aumentará hasta que la superficie alcance la saturación, en ese momento se empiezan a llenar las depresiones del terreno, es decir se originan charcos y comienza a producirse flujo sobre la superficie. A este instante se le denomina tiempo de encharcamiento y se le denota como t_p (ponding time).

Después del tiempo de encharcamiento y si la lluvia sigue siendo intensa, el contenido de humedad del suelo aumentará y la capacidad de infiltración disminuirá con el tiempo. Bajo éstas condiciones la infiltración se hace

independiente de la variación en el tiempo de la intensidad de la lluvia, en tanto que ésta sea mayor que la capacidad de transmisión del suelo, de manera que:

Si $i > f_p$, $t > t_p$, entonces $f = f_p$

Donde

f_p decrece con el tiempo.

Bajo las condiciones anteriores, la capa saturada que en el tiempo de encharcamiento era muy delgada y estaba situada en la superficie del suelo se ensancha a medida que su límite inferior, denominado frente húmedo se va profundizando.

Entonces, dado que cada vez una mayor parte del suelo está saturada, las fuerzas capilares pierden importancia paulatinamente hasta que llega un momento (teóricamente $t = \infty$), en que el estar todo el medio saturado, el movimiento del agua se produce sólo por la acción de la gravedad y la capacidad de infiltración se hace constante.

Si después del tiempo de encharcamiento la lluvia entra en un periodo de calma, es decir, su intensidad disminuye hasta hacerse menor que la capacidad de infiltración, el tirante de agua existente sobre la superficie del suelo disminuye hasta desaparecer y el agua contenida en los charcos también se infiltra y en menor grado se evapora. Posteriormente la lluvia puede volver a intensificarse y alcanzar otro tiempo de encharcamiento repitiéndose nuevamente el ciclo descrito.

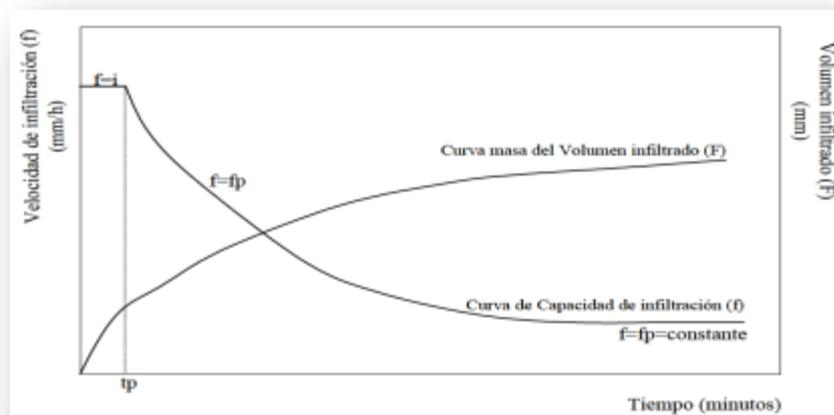


Figura 9

2.2.5.4. PERFIL DE HUMEDAD EN EL SUELO

El perfil de humedad en el suelo se puede dividir en 04 zonas:

- Zona de saturación y transición
- Zona de transmisión
- Zona de humedecimiento
- Frente de humedad o frente húmedo

La zona de saturación es una región somera donde el suelo está totalmente saturado, por debajo de ella, se ubica la zona de transición. El espesor de ambas zonas no cambia con el tiempo. Bajo estas áreas se ubica la zona de transmisión de un espesor que se incrementa con la duración de la infiltración y cuyo contenido de humedad es ligeramente mayor que la capacidad de campo. Por último, se tiene la zona de humedecimiento en la cual se unen la zona de transmisión y el frente húmedo, ésta región termina abruptamente con una frontera entre el avance del agua y el contenido de humedad del suelo.

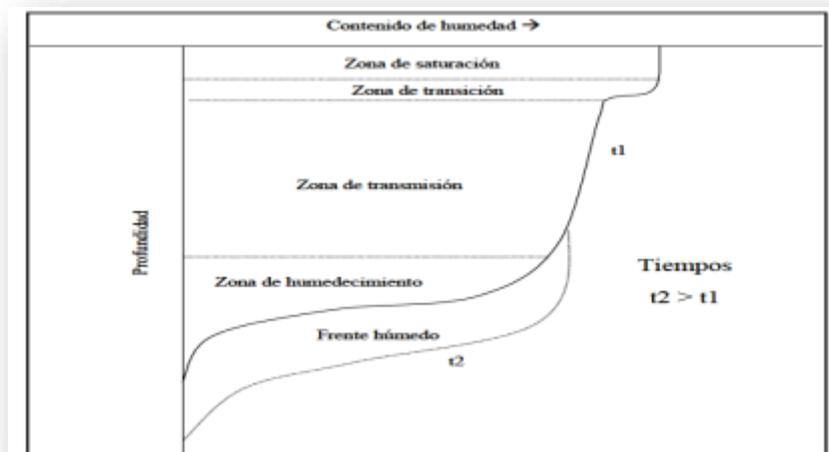


Figura 10

2.2.5.5. METODOS PARA ESTIMAR LA INFILTRACION

2.2.5.5.1. METODOS EN BASE A LA RELACION LLUVIA - ESCURRIMIENTO DIRECTO

Cuando se tienen mediciones simultáneas de lluvia y volumen de escurrimiento en una cuenca, las pérdidas se pueden calcular de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$V_p = V_{ll} - V_{ed}$$

Dónde:

V_p: Volumen de pérdidas

V_{ll}: Volumen de lluvia

V_{ed}: Volumen de escurrimiento directo

Si ambos miembros de la ecuación anterior se dividen entre el área de la cuenca se obtiene:

$$F = I - R$$

Dónde:

F: Infiltración o lámina de pérdidas acumuladas

I: Altura de lluvia acumulada

R: Escurrimiento directo acumulado

Si a su vez la ecuación anterior se deriva con respecto al tiempo, se tiene:

$$f = i - r$$

Donde r es la lámina de escurrimiento directo por unidad de tiempo. Para ello se usan comúnmente dos tipos de criterios en cuencas aforadas:

- Capacidad de infiltración media
- Coeficiente de escurrimiento

2.2.5.5.2. CAPACIDAD DE INFILTRACION MEDIA

Este criterio supone que la capacidad de infiltración es constante durante la tormenta. A esta capacidad de infiltración se le llama índice de infiltración media ϕ . Cuando se tiene un registro simultáneo de precipitación y escurrimiento de una tormenta, el índice de infiltración media se calcula de la siguiente manera:

- a. A partir del hidrograma de la avenida se separa el flujo o caudal base y se calcula el volumen de escurrimiento directo.

- b. Se calcula la altura de lluvia en exceso o efectiva i_{ef} , como el volumen de escurrimiento directo dividido entre el área de la cuenca:

$$i_{ef} = \frac{V_{ed}}{Ac}$$

- c. Se calcula el índice de infiltración media ϕ trazando una línea horizontal en el hietograma de la tormenta, de tal manera que la suma de las alturas de precipitación que quedan arriba de esa línea sea igual a i_{ef} . El índice de infiltración media ϕ será entonces igual a la altura de precipitación correspondiente a la línea horizontal dividida entre el intervalo de tiempo Δt que dure cada barra del hietograma.

Ejemplo:

En una cuenca de 36 km² se midieron el hietograma y el hidrograma respectivo. Determinar el índice de infiltración media que se tuvo durante la tormenta.

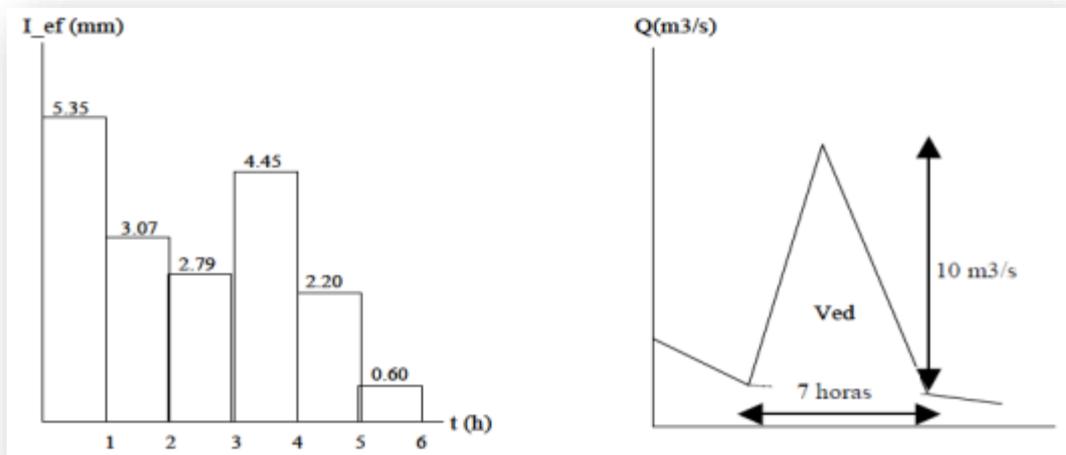


Figura 11

- Separación del flujo base mediante una línea recta

$$V_{ed} = \frac{10 * 3600 * 7}{2} = 126000 m^3$$

- Cálculo de la lluvia efectiva

$$i_{ef} = \frac{126000}{36 * 10^6} = 3.5 \text{ mm}$$

- Cálculo de ϕ

ϕ	i ef 1	i ef 2	i ef 3	i ef 4	i ef 5	i ef 6	Σ
mm/h	mm						
4.00	1.35			0.45			1.80
3.00	2.35	0.07		1.45			3.87
3.15	2.20			1.30			3.50

2.2.5.5.3. COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO

Se asume que las pérdidas son proporcionales a la intensidad de la lluvia.

$$V_{ed} = K * V_{ll}$$

Dónde:

K: Coeficiente de escurrimiento

Para el ejemplo anterior:

El volumen llovido será: $18.46 * 10^{-3} * 36 * 10^6 = 664\ 560 \text{ m}^3$

El coeficiente de escurrimiento será:

$$K = \frac{126000}{664560} = 0.19$$

2.2.5.6. METODOS EMPIRICOS

2.2.5.6.1. MÉTODO DE KOSTIAKOV (1932)

Kostiakov propuso un modelo exponencial

$$f = at^b, \text{ para } t \rightarrow \infty f = f_{básica}$$

Dónde:

- f:** Velocidad de infiltración
- a y b:** Coeficientes de ajuste
- t:** Tiempo transcurrido desde el inicio de la infiltración llamado también tiempo de oportunidad o tiempo de contacto del agua con el suelo.
- fbásica :** Tasa de infiltración correspondiente a la situación en que la variación entre dos valores consecutivos de f no sobrepasen el 10%.

2.2.5.6.2. METODO DE HORTON (1940)

Horton supuso que el cambio en la capacidad de infiltración puede ser considerada proporcional a la diferencia entre la capacidad de infiltración actual y la capacidad de infiltración final, introduciendo un factor de proporcionalidad k.

$$fp = fc + (fo - fc)e^{-kt}$$

Dónde:

- fp:** Capacidad de infiltración (mm/h)
- k:** Factor de proporcionalidad llamado también 'parámetro de decrecimiento'.
- fc:** Capacidad de infiltración final
- fo:** Capacidad de infiltración inicial (Para t=0).
- t:** Tiempo transcurrido desde el inicio de la infiltración. (En minutos).

2.2.5.6.3. METODO DE GREEN Y AMPT (1911)

Las suposiciones básicas de la Ecuación de Green y Ampt son:

- Existe un frente de humedecimiento muy bien definido para el cual la carga de presión del agua h_f permanece constante en el tiempo y posición.
- Debajo de dicho frente de humedecimiento, el perfil del suelo se encuentra uniformemente húmedo con una conductividad hidráulica constante K_s .

Green y Ampt aplicaron la ley de Darcy entre la superficie del suelo y el frente de humedecimiento, encontrando la siguiente ecuación:

$$f = K_s \left[1 + \frac{M \cdot H_f}{F} \right]$$

Dónde:

- f:** Velocidad de infiltración (mm/h)
Ks: Conductividad hidráulica a saturación (mm/h).
M: Déficit de humedad inicial, correspondiente a la diferencia entre el máximo contenido de agua a saturación natural y la humedad inicial del suelo.
F: Lámina infiltrada (mm)

$$H_f = h_o + S$$

Dónde:

- h_o:** Tirante de agua encharcada sobre la superficie y **S:** Potencial del frente de humedecimiento o cabeza de succión del frente mojado.

(Universidad Nacional Agraria La Molina – Facultad de Ingeniería Agrícola – DRAT, Curso: IA-4026 Hidrología Aplicada, Ing. Eduardo A. Chávarri Velarde, desde pág.:1 hasta pág.:10)

2.2.5.6.4. METODO DE PHILIP

Philip (1957) expresa a la infiltración *f* como:

$$f = \frac{1}{2} S t^{-1/2} + (A_2 + K_i) + \frac{3}{2} A_3 t^{1/2} + 2A_4 t + \dots$$

Donde A₂, A₃, A₄,... son constantes empíricas, K_i es la conductividad hidráulica del suelo en las condiciones de humedad iniciales y S la sortividad (influencia de la capilaridad en el proceso). Esta expresión es una solución aproximada al problema de la capacidad de infiltración del suelo (Hsu y otros, 2002; Chow, 1988).

2.2.5.6.5. METODO DE HOLTAN

Holtan y otros (1975) proponen para la capacidad de infiltración la siguiente expresión:

$$f = GI . A . SA^B + FC$$

Donde GI representa el estado de la cubierta del suelo, A índice de conectividad de poros, SA es el almacenamiento superficial disponible, FC tasa de percolación, B exponente empírico en general igual a 1,4.

$$SA \text{ se computa como } SA = (\theta_s - \theta_i) * d$$

Donde θ_s es el contenido saturado de humedad en el suelo, θ_i es el contenido de humedad para el momento de análisis y d la profundidad del manto de suelo.

(http://www.efn.uncor.edu/archivos/doctorado_cs_ing/reyna/CAPITULO_2.pdf,
Capítulo 2. Procesos atmosféricos, superficiales y sub-superficiales, página: 4)

2.2.5.6.6. CRITERIO DE LA CAPACIDAD DE INFILTRACION

Este criterio supone que la capacidad de infiltración es constante durante la ocurrencia de una tormenta y a esta capacidad de infiltración se le denomina índice de infiltración media ϕ .

En el caso de tener disponible un registro simultáneo de precipitación y escurrimiento de una tormenta, el índice de infiltración media ϕ se determina con el procedimiento siguiente:

1. Del hidrograma de la avenida se separa el gasto base y se calcula el volumen de escurrimiento directo.
2. Se estima la altura de lluvia en exceso o efectiva P_e , al dividir el volumen de escurrimiento directo entre el área de la cuenca, aplicando la ecuación:

$$P_e = \frac{V_{ED}}{A_c}$$

3. Se evalúa el índice de infiltración media ϕ trazando una línea horizontal en el hietograma de la tormenta y a partir de un proceso de prueba y error se determina que la suma de las alturas de precipitación que se ubican arriba de esa línea sea igual a la altura de lluvia efectiva P_e .

El índice de infiltración media ϕ será igual a la altura de precipitación correspondiente a la línea horizontal dividida entre el intervalo de tiempo Δt que dure cada barra del hietograma.

2.2.5.6.7. CRITERIO DEL COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO

El criterio del coeficiente de escurrimiento considera que las pérdidas son proporcionales a la intensidad de la lluvia, es decir, con la suposición anterior el coeficiente de escurrimiento C es igual al cociente del volumen de escurrimiento directo entre el volumen total de lluvia.

$$C = \frac{V_{ED}}{V_{LL}}$$

Cuando el área de drenaje está constituida por diferentes tipos de cubierta y superficies, el coeficiente de escurrimiento C puede obtenerse en función de las características de cada porción del área como un promedio ponderado, con el apoyo de la expresión:

$$C = \frac{C_1 A_1 + C_2 A_2 + C_3 A_3 \dots + C_n A_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n}$$

Donde C es el coeficiente de escurrimiento que corresponde al área parcial A_i ; A_i es el área parcial i que tiene un cierto tipo de superficie.

Algunos autores han establecido valores representativos para diferentes tipos de área por drenar y en los principales manuales y libros de texto se encuentran valores promedio para un espectro amplió de áreas por drenar.

2.2.5.6.8. CRITERIO DEL SERVICIO DE CONSERVACION DE SUELOS DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMERICA (USSCS)

La hipótesis de este criterio establece que la relación entre el coeficiente de escurrimiento y la altura de precipitación total de una tormenta está representada por la expresión:

$$C = \frac{(P - 0.2 S)^2}{P^2 + 0.8 S P}$$

Donde C es el coeficiente de escurrimiento; **P** es la altura total de precipitación de la tormenta; **S** es un parámetro por determinar con las mismas unidades de P.

En la práctica el parámetro S se puede estimar si se conocen varias parejas de valores (P, C); el valor de S puede tomarse como aquél en el cual la variancia del error cometido al calcular C con el apoyo de la ecuación, con respecto al coeficiente de escurrimiento real, sea mínima.

2.2.5.6.9. METODO DE LOS NUMEROS DE ESCURRIMIENTO

En los criterios anteriores es necesario que la cuenca esté aforada, es decir, que se hayan medido gastos de salida al mismo tiempo que las precipitaciones que los producen.

Sin embargo, dado que un gran número de cuencas de nuestro país no están aforadas y no se dispone de datos, se recurre a métodos estructurados a partir de la lluvia total y de las características de la cuenca.

El Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos de América (1975) propone un método llamado de los “números de escurrimiento”, el cual reúne las características mencionadas.

La altura de lluvia total P se relaciona con la altura de lluvia efectiva P_e , a través de la expresión matemática:

$$P_e = \frac{\left[P - \frac{508}{N} + 5.08 \right]}{P + \frac{2032}{N} - 20.32}$$

Donde **P** es la altura de lluvia total, en cm; **P_e** es la altura de lluvia efectiva, en cm; **N** es el número de escurrimiento.

El número de escurrimiento N depende del uso, tipo y composición del suelo y del tratamiento, pendiente y estado de humedad del terreno.

La tabla de clasificación de suelos muestra la clasificación de los suelos y posteriormente, en función del uso del suelo, de la condición de la superficie de la cuenca y de la pendiente del terreno, se podrá conocer el valor del número de escurrimiento N con el auxilio de la tabla Valor del número de escurrimiento N, según uso y tipo de suelo, condición de la cuenca y pendiente del terreno.

Para diferentes tipos de superficie en la cuenca de estudio, el valor de N se determina como un promedio pesado a partir de la expresión siguiente:

$$N = \frac{N_1 A_1 + N_2 A_2 + \dots + N_n A_n}{A_c}$$

El número de escurrimiento obtenido con la ecuación de P_e se debe afectar por un factor de corrección que considere la lluvia antecedente. Es decir, si hubo lluvia cinco días antes utilizando la tabla factor de corrección del número de escurrimiento N, según la precipitación antecedente se hace una corrección de acuerdo con la cantidad de lluvia que se haya registrado.

Además, en la misma tabla aparecen las magnitudes del factor de corrección por el cual se debe afectar el valor de N dependiendo del tipo de corrección A o B.

Tabla 6: Clasificación de suelos

Tipo de suelo	Características
Tipo A	Arenas con poco limo y arcilla de tamaño medio (escurrimiento mínimo)
Tipo B	Arenas finas y limos orgánicos e inorgánicos, mezclas de ambos
Tipo C	Arenas muy finas, limos y bastante arcilla
Tipo D	Arcillas en grandes cantidades; suelos poco profundos con subhorizontes casi impermeables (escurrimiento máximo)

Tabla 7: Factor de corrección del número de escurrimiento N, según la precipitación antecedente.

N	Corrección A	Corrección B
10	0.40	2.22
20	0.45	1.85
30	0.50	1.67
40	0.55	1.50
50	0.62	1.40
60	0.67	1.30
70	0.73	1.21
80	0.79	1.14
90	0.87	1.07
100	1.00	1.00

Si 5 días antes hubo lluvia	Menor de 2.5 cm;	Corrección A
	Entre 2.5 y 5 cm;	Sin corrección
	Mayor de 2.5 cm;	Corrección B

Tabla 8: Valor del número de escurrimiento N, según uso y tipo de suelo, condición de la cuenca y pendiente del terreno.

Uso de la tierra o cobertura	Condición de la superficie	Pendiente terreno, en %	Tipo de suelo			
			A	B	C	D
Bosques (sembrados y cultivados)	Ralo, baja transpiración	-----	45	66	77	83
	Normal, transpiración media	-----	36	60	73	79
	Espeso o alta transpiración	-----	25	55	70	77
Caminos	De tierra	-----	72	82	87	89
	Superficie dura	-----	74	84	90	92
Bosques naturales	Muy ralo o baja transpiración	-----	56	75	86	91
	Ralo, baja transpiración	-----	46	68	78	84
	Normal, transpiración media	-----	36	60	70	76
	Espeso o alta transpiración	-----	26	52	62	69
Descanso (sin cultivo)	Muy espeso, alta transpiración	-----	15	44	54	61
	Surcos rectos	-----	77	86	91	94
Cultivos en surco	Surcos rectos	> 1	72	81	88	91
	Surcos rectos	< 1	67	78	85	89
	Surcos en curvas de nivel (contorneo)	> 1	69	79	84	88
	Surcos en curvas de nivel (contorneo)	< 1	65	75	82	86
	Terrazas	> 1	66	74	80	82
	Terrazas	< 1	62	71	78	81
	Leguminosas (sembradas con maquinaria o al voleo)	Surcos rectos	> 1	66	77	85
o praderas con rotación	Surcos rectos	< 1	58	72	81	85
	Surcos en curvas de nivel	> 1	64	75	83	85
	Surcos en curvas de nivel	< 1	55	69	78	83
	Terrazas	> 1	63	73	80	83
	Terrazas	< 1	51	67	76	80
Pastizal	-----	> 1	68	79	86	89
	-----	< 1	39	61	74	80
	Contorneo	> 1	47	67	81	88
	Contorneo	< 1	6	65	70	79
Potrero permanente	-----	-----	30	58	71	78
Cereales	Surcos rectos	> 1	65	76	84	88
	Surcos rectos	< 1	63	75	83	87
	Contorneo	> 1	63	74	82	85
	Contorneo	< 1	61	73	81	84
	Terrazas	> 1	61	72	79	82
	Terrazas	< 1	59	70	78	81
Superficie impermeable	-----	-----	100	100	100	100

(Principios y Fundamentos de la Hidrología Superficial, Agustín Felipe Breña Puyol, Marco Antonio Jacobo Villa, UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA, desde pág.: 176 hasta pág.: 181 - Principios y Fundamentos de la Hidrología Superficial, se editó en formato electrónico el 10 de enero de 2006, en la Coordinación General de Vinculación y Desarrollo Institucional de la Rectoría General de la Universidad Autónoma Metropolitana, Tlalpan, D.F. México)

2.2.5.6.10. METODO DEL SCS PARA ABSTRACCIONES

Este método fue desarrollado por el SCS (1972). Los conceptos generales utilizados en este método son los de considerar que la precipitación efectiva, P_e , es siempre menor o a lo sumo igual que la precipitación total, P , que la retención acumulada, F_a , es siempre menor o a lo sumo igual que la retención potencial máxima, S , y que la escorrentía potencial, es decir, el máximo volumen de agua que puede convertirse en escorrentía es $P - I_a$, donde I_a es un abstracción o pérdida inicial.

La hipótesis fundamental del método es la validez de la siguiente relación:

$$\frac{F_a}{S} = \frac{P_e}{P - I_a}$$

Por continuidad se sabe que $P = P_e + I_a + F_a$

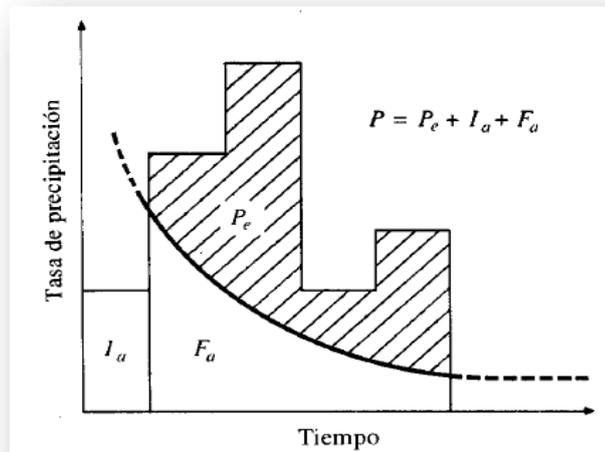


Figura 12

Combinando las dos ecuaciones anteriores se obtiene:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

Con la información de muchas cuencas experimentales, el SCS, encontró que:

$$I_a = 0,2 S$$

Con lo cual:

$$P_e = \frac{(P - 0,2S)^2}{P + 0,8S}$$

El SCS analizó también la relación entre P y Pe para muchas cuencas y encontró curvas que son función del tipo de superficie de las cuencas. Para estandarizarlas definió el número de curva, CN, tal que $0 \leq CN \leq 100$.

A las superficies impermeables y superficies de agua les corresponde un CN igual a 100, ya que toda el agua que cae en ellas se convierte en escorrentía. Para las superficies naturales, en general permeables, el CN será menor que 100.

Puede calcularse S en función del CN a través de las siguientes ecuaciones, según se utilice el sistema de medidas inglesas o internacional, respectivamente:

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \text{ [pulg]}$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \text{ [mm]}$$

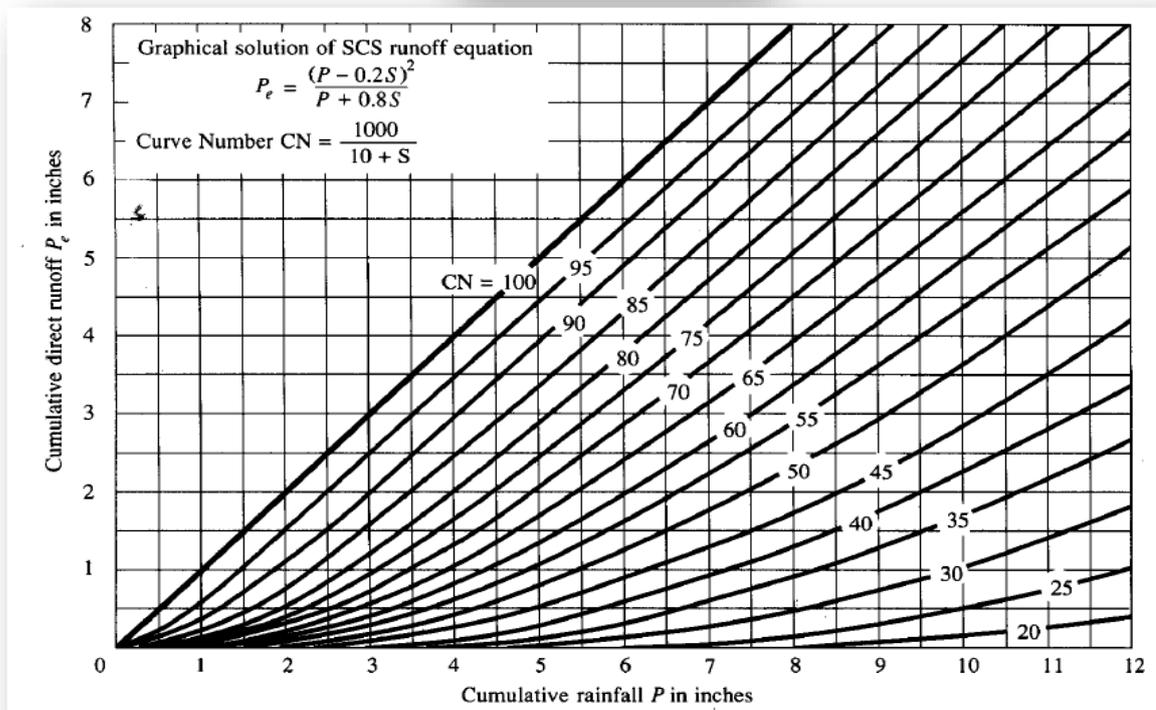


Figura 13: Número de curva

Los CN de la figura anterior corresponden a condiciones antecedentes de humedad normales (AMC II). Si deseamos calcular la escurrimiento sobre una cuenca cuyas condiciones de humedad antecedentes son diferentes, secas (condición antecedente de humedad I o AMC I) o húmedas (condición antecedente de humedad III o AMC III), puede encontrarse el CN correspondiente, aplicando las siguientes fórmulas:

$$CN(I) = \frac{4,2CN(II)}{10 - 0,058CN(II)}$$

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0,13CN(II)}$$

Los CN han sido tabulados por el SCS en función del tipo de suelo y el uso de la tierra. Existen 4 grupos hidrológicos de suelo:

- Grupo A: Arena profunda, suelos profundos depositados por el viento, limos agregados. Arenas con poco limo y arcilla. Suelos permeables con bajo potencial de escurrimiento.
- Grupo B: Suelos poco profundos depositados por el viento, Arenas finas y limos. Suelos con moderadamente bajo potencial de escurrimiento.
- Grupo C: Arenas muy finas, limos, suelos con alto contenido de arcilla. Suelos con moderadamente alto potencial de escurrimiento.
- Grupo D: Suelos expansivos, arcillas altamente plásticas. Suelos impermeables con alto potencial de escurrimiento.

Los CN en función del uso del suelo y del grupo hidrológico del suelo se pueden clasificar de la siguiente manera:

Tabla 9: Número de Curva

CN en función del uso del suelo y del grupo hidrológico del suelo.

<i>Uso del Suelo</i>		<i>Grupo Hidrológico del Suelo</i>				
		A	B	C	D	
Tierras cultivadas	con tratamiento de conservación	72	81	88	91	
	sin tratamiento de conservación	62	71	78	81	
Pastizales	Condición pobre	68	79	86	89	
	Condición buena	39	61	74	80	
Praderas		30	58	71	78	
Bosques	Cubierta pobre	45	66	77	83	
	Cubierta buena	25	55	70	77	
Espacios abiertos: con césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.	Buena condición: cubierta de pastos sobre más del 75% del área	39	61	74	80	
	Condición aceptable: cubierta de pastos sobre el 50 a 75% del área	49	69	79	84	
Áreas comerciales y de tiendas (85% impermeable)		89	92	94	95	
Zonas industriales (75% impermeable)		81	88	91	93	
Zonas Residenciales	Tamaño medio de la parcela (m ²)	Promedio de % impermeable				
	500	65	77	85	90	92
	1000	38	61	75	83	87
	1350	30	57	72	81	86
	2000	25	54	70	80	85
	4000	20	51	68	79	84
Tejados, parkings, superficies impermeables en general		98	98	98	98	
Calles y carreteras	Pavimentadas, con bordillos y bocas de tormenta	98	98	98	98	
	De grava	76	85	89	91	
	De tierra	72	82	87	89	

(SEMINARIO DE GRADO INGENIERIA CIVIL 2012-2013, MODULO DRENAJE VIAL, ING. JAVIER PLAZA, desde pág.: 26 hasta pág.: 30)

2.2.6. MODELOS DE GENERACION DE HIDROGRAMAS

El hidrograma es un gráfico que muestra la variación en el tiempo de alguna información hidrológica tal como nivel de agua, caudal, carga de sedimentos, etc. Para un río, arroyo o canal, si bien típicamente representa el caudal frente al

tiempo; esto es equivalente a decir que es el gráfico de la descarga (m^3/s) de un flujo en función del tiempo. Éstos pueden ser hidrogramas de tormenta, hidrogramas anuales etc.

Los hidrogramas son útiles, entre otras cosas, para comparar los tiempos de descarga y caudales pico de varias corrientes o cuencas hidrográficas, para así conocer las diferencias entre sus capacidades de respuesta ante avenidas.

El Hidrograma Unitario (unit hydrograph) es una curva básica de respuesta a una unidad de precipitación que describe la forma en que una cuenca devuelve un input de lluvia distribuido en el tiempo. Se basa en el principio de que dicha relación entrada-salida es lineal, es decir, que pueden sumarse linealmente. Se consigue a partir de un Hidrograma en S que a su vez viene del desglose de varias tormentas y sus hidrogramas reales registrados.

El Hidrograma Sintético (synthetic hydrograph) es un Hidrograma unitario estimado en base a fórmulas que incluyen parámetros físicos de la cuenca en estudio como área, longitud del cauce principal, pendiente promedio y otros. Estos hidrogramas sintéticos son simulados, artificiales y su finalidad es representar o simular un hidrograma representativo del fenómeno hidrológico de la cuenca, para determinar el caudal pico.

2.2.6.1. METODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO

Método del hidrograma unitario es uno de los métodos utilizados en hidrología, para la determinación del caudal producido por una lluvia en una determinada cuenca hidrográfica.

Si fuera posible que se produjeran dos lluvias idénticas sobre una cuenca hidrográfica cuyas condiciones antes de la precipitación también fueran idénticas, sería de esperar que los hidrogramas correspondientes a las dos lluvias también fueran iguales. Esta es la base del concepto de hidrograma unitario. En la realidad es muy difícil que ocurran lluvias idénticas, éstas pueden variar su duración, el volumen precipitado, su distribución espacial, su intensidad.

$$q(t) = \int i(t) U(t-T) dt$$

Un hidrograma unitario es una función $Q = f(t)$, resultante de un escurrimiento correspondiente a un volumen unitario (1 cm de lluvia por la cuenca) proveniente de una lluvia con una determinada duración y determinadas características de distribución en la cuenca hidrográfica. Se admite que los hidrogramas de otras lluvias, de duración y distribución semejantes, presentarán el mismo tiempo de base, y con ordenadas de caudales proporcionales al volumen de fluido.

Se puede construir un hidrograma unitario a partir de los datos de precipitación y de caudales referentes a una lluvia de intensidad razonablemente uniforme y sin implicaciones resultantes de lluvias anteriores o posteriores. El primer paso es la separación del escurrimiento subterráneo del escurrimiento superficial directo. Se calcula el volumen de fluido y se determinan las ordenadas del hidrograma unitario dividiendo las ordenadas del hidrograma directo, por la altura de escurrimiento distribuido sobre la cuenca, $h_{distribuido}$, expresado en cm.

$$h_{distribuid} = \frac{\int_A^C (Q_{tot} - Q_{base}) dt}{A_{drenaje}}$$

El hidrograma unitario resultante corresponde al volumen de un centímetro de escurrimiento. El paso final es la selección de la duración específica de una lluvia, con base en el análisis de los datos de la precipitación. Períodos de baja intensidad de precipitación en el comienzo y al final de la lluvia deben ser despreciados, ya que no contribuyen sustancialmente al escurrimiento.

El hidrograma unitario se puede considerar como un impulso unitario en un sistema lineal. Por lo tanto es aplicable el principio de superposición; 2 cm de escorrentía producirán un hidrograma con todas las ordenadas dos veces más grandes que aquellas del hidrograma unitario, es decir, la suma de dos hidrogramas unitarios.

Matemáticamente, el hidrograma unitario es la función Kernel $U(t-T)$

$$q(t) = \int i(t) U(t-T) dt$$

Dónde:

q(t): función del hidrograma de salida

i(t): función del hidrograma de entrada

El hidrograma unitario se basa los siguientes principios:

- Hidrograma unitario: Hidrograma de volumen unidad producido por una lluvia directa unitaria, distribuida uniformemente sobre el área de la cuenca en un período determinado de tiempo. (Sherman, 1932).
- Principio de constancia del tiempo de base: Para una cuenca receptora dada, la duración de la escorrentía superficial correspondiente a lluvias de la misma duración es constante e independiente de la precipitación. Debe cumplirse $D_c < 1/3 t_c$.
- Principio de proporcionalidad o afinidad: Para una cuenca receptora dada, dos chaparrones de intensidad uniforme y la misma duración, pero volúmenes distintos, producen caudales proporcionales a dichos volúmenes. $I_2 / I_1 = q_2 / q_1$
- Principio de superposición o de independencia: La distribución temporal de la escorrentía superficial correspondiente a un aguacero tipo es independiente de las precipitaciones de períodos anteriores.
- Principio de linealidad: el hidrograma de una lluvia de duración superior a la duración característica ($D > D_c$) puede obtenerse como suma de los hidrogramas correspondientes a los aguaceros tipo.
- En consecuencia, conocido el hidrograma para una lluvia de duración e intensidad dada, uniforme en el espacio y el tiempo sobre la cuenca, es posible obtener el hidrograma de una lluvia cualquiera compleja.
- La metodología de obtención del hidrograma unitario depende de la disponibilidad de los datos de partida, así existen dos grandes grupos de métodos:

- Métodos de calibración: cuando se tienen datos de precipitación y de escorrentía, mediante algún método matemático se trata de determinar los parámetros con mejor ajuste entre los datos observados y los simulados.
- Hidrogramas sintéticos: Cuando no se tienen datos de caudal, el hidrograma unitario se obtiene a partir de determinadas características de la cuenca.

Existen tres tipos de hidrogramas unitarios sintéticos (Chow et al., 1988).

- Hidrogramas que relacionan sus características tales como caudal pico, flujo de base, etc., con propiedades de la cuenca. Tal es el caso del hidrograma de **Snyder (1938)**.
- Los que se basan en hidrogramas unitarios adimensionales tal como el hidrograma del Soil Conservation Service (1972) (SCS).
- Aquéllos basados en modelos de almacenamiento en la cuenca como el hidrograma de **Clark (1945)**.

A partir de finales de los años 70, tras el hidrograma unitario propuesto por **Rodríguez-Iturbe y Valdés (1979)**, se vienen utilizando los denominados geomorfológicos que son aquellos que se obtienen a partir de características hidromorfológicas de la cuenca. Recientemente, **López-Rodríguez et al. (2007)** proponen nuevos métodos de obtención de hidrogramas unitarios geomorfológicos basados en depósitos o reservorios.

En los siguientes apartados realizaremos una recopilación de los métodos más frecuentemente utilizados.

2.2.6.2. HIDROGRAMA DE SNYDER

En 1938, Snyder introdujo el concepto de hidrograma unitario sintético a partir del análisis de un gran número de cuencas en la región de los Apalaches, y obtuvo la siguiente fórmula para el tiempo de desfase (T_l) de una cuenca:

$$T_l = C_t \cdot (L \cdot L_c)^{0.3}$$

Dónde:

- T_t : Tiempo de desfase (h). Tiempo comprendido entre el centro de gravedad del histograma de lluvia efectiva unitaria y el instante en que se produce el pico del hidrograma.
- L : Longitud del cauce principal (km) desde el punto de salida hasta la divisoria.
- L_c : Longitud del cauce principal (km) desde el punto de salida hasta el punto más cercano al centro de gravedad de la cuenca.
- C_t : Coeficiente regional que depende de la pendiente de la cuenca.

2.2.6.3. HIDROGRAMA ADIMENSIONAL DEL SCS

El hidrograma adimensional del Soil Conservation Service (SCS) es un hidrograma unitario sintético en el cual el caudal se expresa por la relación del caudal q con respecto al caudal pico Q_p y el tiempo por la relación del tiempo t con respecto al tiempo de ocurrencia del pico en el hidrograma unitario, T_p .

El hidrograma unitario adimensional puede calcularse para cada cuenca en estudio o puede emplearse el propuesto por el SCS, que se muestra en la figura del Hidrograma adimensional propuesto por el SCS, y que ha sido preparado utilizando los hidrograma unitarios de una gran variedad de cuencas.

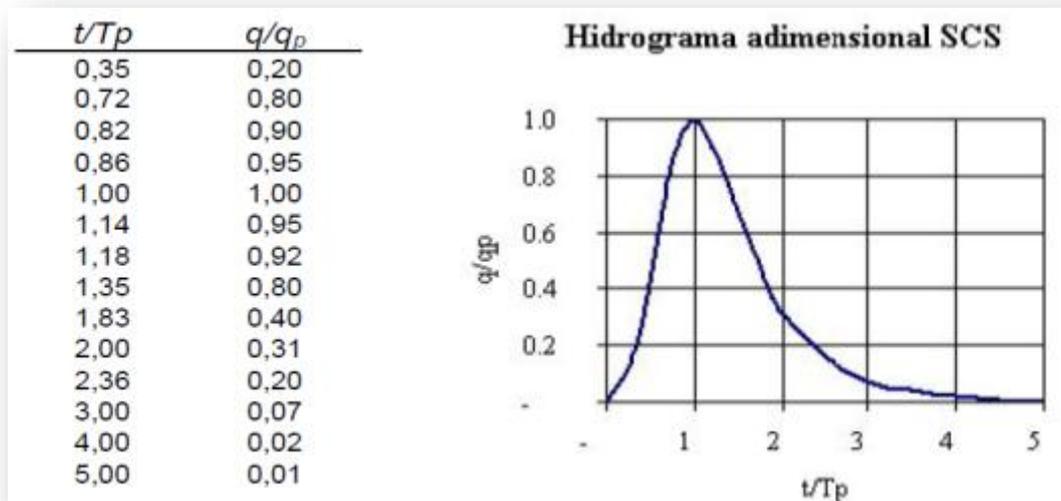


Figura 14: Hidrograma adimensional propuesto por el SCS.

Los valores de q/q_p y T_p pueden estimarse empleando el modelo simplificado del hidrograma unitario triangular.

2.2.6.4. HIDROGRAMA SINTETICO TRIANGULAR DEL SCS

Con base en la revisión de un gran número de hidrogramas unitarios, el SCS propone éste donde el tiempo está dado en horas y el caudal en m³/s.

El volumen generado por la separación de la lluvia en neta y pérdidas es transitado a través del cauce mediante el uso del hidrograma unitario.

El tiempo de recesión, t_r , puede aproximarse a:

$$t_r = 1,67 T_p$$

Como el área bajo el hidrograma unitario debe ser igual a una escorrentía de 1 cm:

$$q_p = \frac{2,08 A}{T_p}$$

Dónde:

A: Área de drenaje en Km².

T_p : Tiempo de ocurrencia del pico (horas).

Adicionalmente, un estudio de muchas cuencas ha demostrado que:

$$t_p = 0,6 t_c$$

Dónde:

T_p : Tiempo de retardo o TLAG, entre el centroide del hietograma y el pico de caudal (horas).

T_c : Tiempo de concentración de la cuenca.

El tiempo de ocurrencia del pico, T_p , puede expresarse como:

$$T_p = \frac{D}{2} + t_p$$

Dónde:

D: Duración de la lluvia (horas).

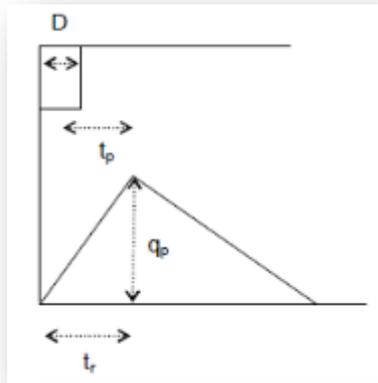


Figura 15: Hidrograma unitario triangular del SCS

Habitualmente, el tiempo de concentración se calcula con la fórmula de Kirpich (en Wanielista, 1977):

$$T_c = 0,066 \cdot \frac{L^{0,77}}{S^{0,385}}$$

Dónde:

T_c : Tiempo de concentración (horas).

L: Longitud del cauce principal (Km).

S: Pendiente media del cauce principal (en tanto por uno).

2.2.6.5. HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR DEL MOPU

En el hidrograma unitario triangular del Ministerio de Obras Públicas se toma el tiempo de concentración como el tiempo para el cual el perfil es estacionario. Tiempo requerido para que, con lluvia uniforme, el 100 % del área de la cuenca esté contribuyendo efectivamente a la escorrentía directa en el punto de control. La fórmula para su cálculo es la de Témez.

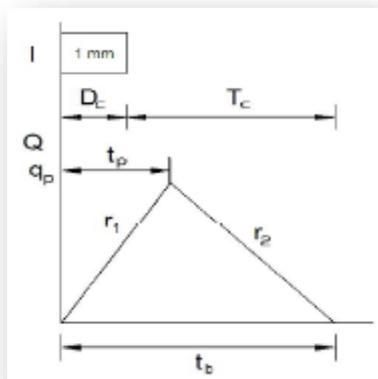


Figura 16: Hidrograma unitario triangular del MOPU

$q_p = \frac{S}{1,8 t_b}$	q_p	Cudal pico (m^3/s).
	S	Área de drenaje (km^2).
$t_b = D_c + T_c$	t_p	Tiempo al pico (h).
	t_b	Tiempo base (h).
	T_c	Tiempo de concentración de la cuenca (h).
$t_p = \frac{D_c}{2} + 0,35 T_c$	D_c	Duración característica elegida (h).
	L	Longitud del curso principal en km.
$T_c = 0,3 \left(\frac{L}{J^{1/4}} \right)^{0,76}$	J	Pendiente del curso principal en m/m.

2.2.6.6. HIDROGRAMA UNITARIO GEOMORFOLOGICO DE DEPOSITOS

Uno de los métodos más extendidos para simular el hidrograma de escorrentía directa en el ámbito del diseño hidrológico es la técnica del Hidrograma Unitario.

Basándose en un modelo de Hidrograma Unitario que se fundamenta en una asociación de depósitos lineales establecida en función de la red de drenaje de la cuenca, López-Rodríguez et al. (2007), Goñi et al. (2008), proponen una formulación que permite contemplar la variabilidad espacial de la lluvia, con la capacidad de introducir distintos yetogramas registrados en localizaciones diferentes.

Este modelo se ha aplicado en la cuenca de Oiartzun, de 56,6 km² de superficie, situada en la parte oriental de la provincia de Guipúzcoa, y en la que se dispone de tres pluviómetros con registro continuo. Dicha cuenca en cuanto a usos, suelos y características físicas es representativa de la zona.

Para evaluar el modelo se han seleccionado cuatro eventos de lluvia. Para estos cuatro eventos se ha aplicado el modelo Hidrograma Unitario Geomorfológico de Depósitos (HUIGD) agregado, introduciendo un yetograma único determinado por polígonos de Thiessen, y la variante del modelo HUIGD distribuido que permite la introducción de los tres yetogramas. Aunque ambos modelos presentan una buena capacidad de simulación, los resultados aportados por el distribuido mejoran en diferentes aspectos a los del agregado.

2.2.6.7. METODO DE LAS ISOCORONAS

El método de las isócronas para el estudio de la translación de la escorrentía transforma un hietograma de lluvia efectiva en un hidrograma de escorrentía directa. La translación de la lluvia neta desde el punto en que se genera hasta el desagüe se calcula mediante el trazado de las isócronas de la cuenca y la elaboración del histograma de áreas contributivas a lo largo del tiempo.

El método de las isocronas es una expresión de uno de los primeros conceptos de escurrimiento en una cuenca. El escurrimiento de diferentes partes de una cuenca de drenaje llega a un punto en la corriente a diferentes tiempos. El primer volumen de agua en salir de la cuenca durante una elevación de la corriente usualmente proviene del área más cercana a la salida de la cuenca. Más tarde, el agua proviene de áreas más grandes en la porción central de la cuenca, y, por último, el agua proviene de zonas alejadas de la cuenca de drenaje. Por lo tanto, la cuenca de drenaje puede dividirse en zonas donde el agua llega secuencialmente al punto de medición.

A las líneas que dividen estas zonas (figura Mapa de la cuenca con curvas isocoronas), se les llama isocronas. La distribución de las zonas de isocronas (distribución del espacio en el tiempo) se considera constante en una cuenca determinada para todos los hidrogramas.

A fin de calcular esta distribución, primero es necesario calcular o suponer un tiempo medio de recorrido o una velocidad media del escurrimiento. Las isocronas se dibujan en un mapa de la cuenca, de acuerdo con la velocidad media del flujo en el canal o el tiempo de recorrido medio. Después, se determina el área de cada zona con un planímetro, y se trazan los valores en función del tiempo de retraso correspondiente (figura Distribución espacio - tiempo).

$$Q_t \Delta t = A_1 V_t + A_2 V_{t-1} + A_3 V_{t-2} + \dots + A_c V_{t-c+1}$$

La distribución de área en el tiempo es indicativa del hidrograma para una lluvia uniforme de duración unitaria, Δt , la diferencia de tiempo entre las isocronas.

Si hay varios períodos de lluvia, cada uno con un volumen diferente de escurrimiento sobre las diferentes zonas:

Donde Q_t es el caudal medio durante el período Δ , terminando en el tiempo t , y V_t es el escurrimiento en una zona durante el mismo período. Debe tenerse cuidado para que las unidades sean uniformes. La figura Hidrograma resultante. Ilustra el cálculo del hidrograma resultante para tres períodos de escurrimiento uniforme en una cuenca.

El hidrograma resultante refleja las características de retraso de la cuenca. Como el hidrograma real podría ser afectado por el almacenamiento en el canal, el hidrograma calculado con la ecuación anterior debería realizarse teniendo en cuenta el almacenamiento.

Para ello, puede usarse cualquiera de los métodos sobre tránsito y almacenamiento en cauces. En general, se considera que es ventajoso ajustar las isocronas y los parámetros de propagación por prueba y error para obtener la mejor combinación para la simulación de los hidrogramas observados.

El método de las isocronas permite que se tomen en cuenta las distribuciones no uniformes de lluvia cuando hay suficientes pluviómetros en la cuenca para delinear una configuración lluvia de modo fiable.

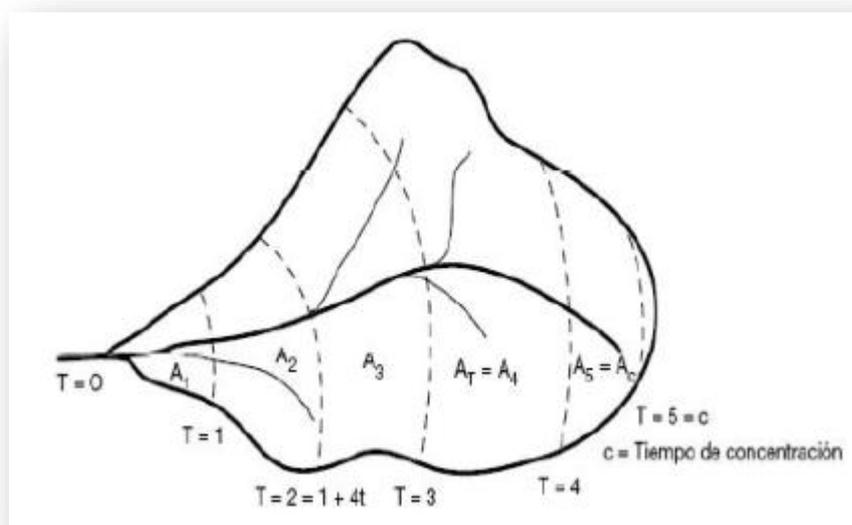


Figura 17: Mapa de la cuenca con curvas isocoronas

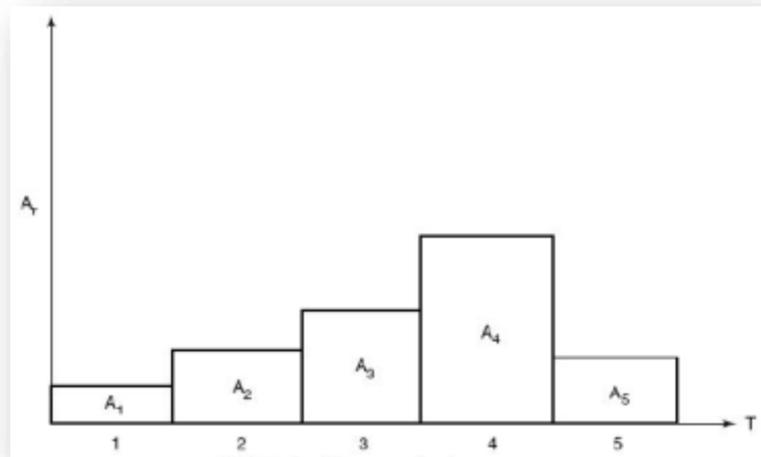


Figura 18: Distribución espacio – tiempo

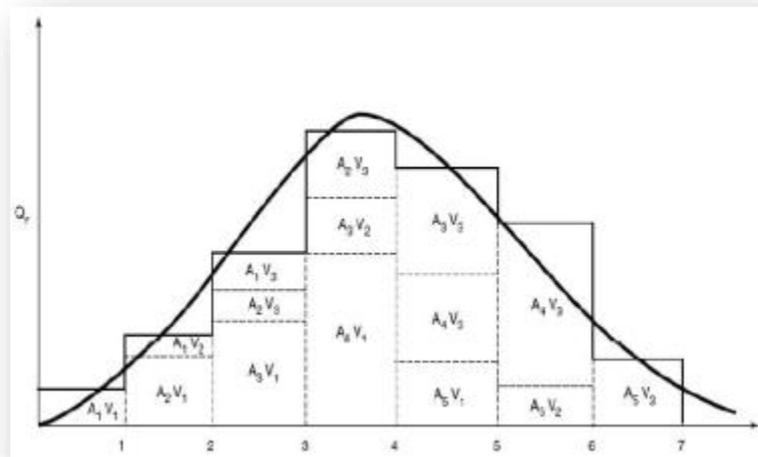


Figura 19: Hidrograma resultante

(UNIVERSIDAD ZARAGOZA, TESIS DOCTORAL, HIDROLOGIA DE CRECIDAS EN PEQUEÑAS Y MEDIANAS CUENCAS. APLICACIÓN CON MODELOS DIGITALES DEL TERRENO, Autor: Jesús Mateo Lázaro, Director: José Ángel Sánchez Navarro, Departamento de Ciencias de la tierra 2010, desde pág.: 51 hasta pág.: 61)

2.2.7. HIETOGRAMAS SINTETICOS

2.2.7.1. CURVAS INTENSIDAD-DURACION-FRECUENCIA

La forma más común de determinar los eventos de lluvia representativos en un área, cuenca o región, es utilizar un método que involucre una relación entre la intensidad de lluvia, la duración y las frecuencias o periodos de retorno.

La intensidad es la tasa temporal de precipitación, es decir, la cantidad de precipitación por unidad de tiempo (e.g. mm/h). Puede ser la intensidad instantánea o la intensidad promedio sobre una determinada duración de lluvia. Comúnmente se utiliza la intensidad promedio que puede expresarse como:

$$I = \frac{P}{T_d}$$

Dónde:

I: Intensidad.

P: Precipitación.

T_d : Duración

La frecuencia se expresa en función del periodo de retorno, que es el intervalo de tiempo promedio entre eventos de precipitación, que igualan o exceden una magnitud de lluvia.

Existen múltiples ecuaciones para definir curvas IDF. Por ejemplo Wenzel (1982) dedujo, para algunas ciudades de Estados Unidos, coeficientes para utilizarse con la ecuación de la forma:

$$I = \frac{c}{T_d^e + f}$$

Dónde: c, e, y f son coeficientes que varían con el lugar y el periodo de retorno. También es posible extender la ecuación para incluir el periodo de retorno **T**, utilizando la ecuación:

$$I = \frac{c T^m}{T_d^e + f}$$

2.2.7.2. MAXIMA DURACION

Para una lluvia de larga duración, por ejemplo 24 horas, la precipitación total obtenida con la curva es mayor que la precipitación de referencia de 24 horas. Hay una duración de lluvia t_d , menor de 24 horas, para la cual la precipitación total se iguala con la precipitación de referencia P_d :

$$\frac{1}{t_d} = \frac{1}{24} \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{\frac{28^{0,1} - t_d^{0,1}}{28^{0,1} - 1}}$$

Esta duración t_d depende del valor I_1/I_d . Por ejemplo, si I_1/I_d vale 10, resolviendo por iteraciones se obtiene, 13,7 horas para t_d , momento en el cual ya ha precipitado la cantidad equivalente a P_{24} que se toma como referencia. Si planteamos una lluvia de duración mayor, obtendremos una precipitación total del evento superior a la precipitación de referencia de 24 horas.

2.2.7.3. TRANSFORMACION LLUVIA DIARIA – LLUVIA EN 24 HORAS

En la mayoría de registros meteorológicos mundiales, los registros de lluvia diaria se realizan en el intervalo comprendido entre las 8 horas de un día hasta las 8 horas del día siguiente. Para obtener la máxima precipitación en 24 horas para el intervalo con valor máximo y que comenzará y acabará en un horario distinto, se utiliza el factor corrector de la Organización Meteorológica Mundial (World Meteorological Organization WMO, 1994), que tiene un valor de 1,13 para cualquier punto en el mundo:

$$P_{24} = 1,13 P_d$$

2.2.7.4. METODO DEL BLOQUE ALTERNO

La distribución temporal de la lluvia en función de la duración de la tormenta de diseño es un dato básico para el diseño hidrológico. No producirá el mismo caudal un hietograma rectangular que otro con forma de pico, en el que la precipitación se concentra en una fracción de tiempo dentro de una tormenta. De igual modo no produce el mismo caudal un hietograma en pico dependiendo de donde esté desviado el pico, si al principio o al final de la tormenta, pues el caudal generado está relacionado con la capacidad del suelo para infiltrar agua en el momento del pico de la lluvia.

Hay varias formas de plantear el hietograma de diseño. Quizá el método más utilizado en estudios hidrológicos sea el denominado hietograma del Bloque Alternativo (Alternative block method, Chow et al. 1994). Es un método simple para desarrollar el hietograma utilizando las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia.

Calcula para una duración de tormenta T_d , n intervalos de duración Δt ($T_d = n\Delta t$) y se va buscando la intensidad correspondiente a Δt , $2\Delta t$, $3\Delta t$, hasta $n\Delta t$. Se calcula la precipitación total de cada intervalo y por sucesivas diferencias se obtiene el incremento de precipitación por cada incremento de tiempo dado. Los incrementos se reordenan de mayor a menor y se construye el hietograma de diseño de modo que la intensidad máxima ocurra, normalmente, cerca del centro temporal de la tormenta, y posteriormente los bloques se colocan alternativamente a partir de este valor central a derecha e izquierda.

Hay dos parámetros que determinan la lluvia de diseño, la duración de la lluvia y el coeficiente de avance de la tormenta.

El coeficiente de avance de la tormenta (r) se define, para el caso del bloque alternativo, como la relación del tiempo antes del pico con respecto a la duración de la tormenta. La metodología a seguir se resume a continuación:

- a. En primer lugar se deduce de la curva IDF el valor de la máxima intensidad de precipitación para cada una de las duraciones acumuladas de los intervalos considerados ($\Delta t, 2\Delta t, \dots, n\Delta t$).
- b. Se obtiene el volumen máximo de precipitación acumulada como el producto de estas intensidades por la duración considerada ($V_5, V_{10}, \dots, V_{60}$).
- c. Se calcula el volumen de agua que corresponderá a cada uno de los bloques o intervalos del hietograma (V_1, V_2, \dots, V_{12}), de modo que en todo momento el volumen total acumulado sea igual al que se obtuvo de la curva IDF. Por lo tanto: $V_1 = V_5, V_2 = V_{10} - V_5, \dots, V_{12} = V_{60} - V_{55}$.
- d. Reduciendo estos volúmenes a intensidades ($I_j = V_j/\Delta t$), se tiene la estimación de los valores por bloques. Finalmente, se ordenan los bloques

colocando el primer bloque (de intensidad máxima) en el centro del hietograma, y los bloques siguientes alternativamente a un lado y al otro de la intensidad máxima en función del coeficiente de avance de la tormenta.

2.2.7.5. METODO DISTRIBUIDO DEL COEFICIENTE DE TORMENTA

Al realizar la simulación de lluvias en una cuenca siguiendo la metodología expuesta, donde se obtiene un hietograma para cada punto de la cuenca, se puede diseñar una distribución areal del coeficiente de tormenta, con lo que la forma de los hietogramas es diferente en cada punto de la cuenca.

La forma más sencilla de desarrollar esta característica es la de considerar una distribución lineal a lo largo de un eje que puede coincidir, o no, con el eje de la cuenca.

Si en la zona próxima a la cabecera de cuenca adoptamos un coeficiente de avance de tormenta por ejemplo 1/10 y en la zona cerca de la salida de la cuenca 9/10, tendremos que el núcleo de la tormenta se va desplazando en la misma dirección que el escurrimiento de caudales por el curso principal, y obtendremos caudales punta más elevados que con un coeficiente de tormenta uniforme para todos los puntos de la cuenca. Por el contrario, si invertimos estos valores obtendremos valores más bajos.

(UNIVERSIDAD ZARAGOZA, TESIS DOCTORAL, HIDROLOGIA DE CRECIDAS EN PEQUEÑAS Y MEDIANAS CUENCAS. APLICACIÓN CON MODELOS DIGITALES DEL TERRENO, Autor: Jesús Mateo Lázaro, Director: José Ángel Sánchez Navarro, Departamento de Ciencias de la tierra 2010, desde pág.: 115 hasta pág.: 118)

2.3. ESTABILIDAD DE TALUDES

En su mayoría los deslizamientos son el producto de las condiciones geológicas, hidrológicas, geomorfológicas y la modificación de estas por procesos

geodinámicas, vegetación, uso de la tierra, actividades humanas, y la frecuencia e intensidad de las precipitaciones y en pocas veces relacionados con la sismicidad.

La ocurrencia de este fenómeno está sujeta a muchos grados de incertidumbre debido a que los deslizamientos incluyen diferentes tipos de movimientos, velocidades, modos de falla, tipo de material del suelo, restricciones geológicas, etc. cuando existe incertidumbre de la posibilidad o no de la ocurrencia de un fenómeno, generalmente, se toman decisiones equivocadas de diseño.

Una zonificación de amenazas y riesgos nos permite evaluar parcialmente un posible problema y es una herramienta muy útil para la toma de decisiones, especialmente en las primeras etapas de planeación de un proyecto.

La zonificación consiste en la división del terreno en áreas homogéneas y la calificación de cada una de estas áreas, de acuerdo al grado real o potencial de amenaza o de riesgo. el mapeo puede realizarse sobre un área donde se tiene información de la ocurrencia de deslizamientos o se tiene un inventario de estos eventos, o sobre áreas en las cuales no se tiene conocimiento de deslizamientos en el pasado, pero en nuestro caso se cuenta con una pobre información sobre deslizamientos pero se cuenta con una considerable información sobre el tipo de suelos que se tienen en algunos sectores de nuestra ciudad para lo cual se requiere predecir la posibilidad de amenazas hacia el futuro.

Se debe diferenciar entre técnicas de análisis relativo y técnicas de análisis absoluto. El análisis relativo presenta la posibilidad diferencial de ocurrencia de deslizamientos sin dar valores exactos y en el análisis absoluto se presentan factores de seguridad o probabilidad real de ocurrencia de movimientos.

En este caso la zonificación es generalmente imprecisa debido a que la inestabilidad de taludes y laderas es un problema de alta complejidad y todavía muy poco entendido.

En cada país o región se utilizan términos diferentes y es importante que nos pongamos de acuerdo en algunos términos básicos. El término más aceptado universalmente y el cual sirve de base para nuestro análisis es el de talud.

2.3.1. TALUD

Es una composición o masa de tierra que no es uniformemente plana sino que tiene pendiente o ciertos cambios de altura significativos. En la literatura técnica se define como ladera cuando su conformación actual tuvo como origen un proceso natural y talud cuando es conformada artificialmente o sea por acción del hombre”. (Suárez, 1998)

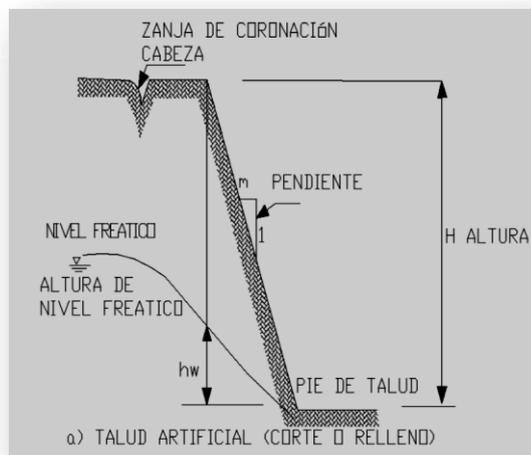
Los taludes se pueden agrupar en cuatro categorías generales:

- Los terraplenes
- Los cortes de laderas naturales
- Los muros de contención
- Cortes en vías.

Los taludes que han permanecido estables por muchos años pueden fallar en cualquier momento debido a:

- Cambios topográficos
- Sismicidad
- Flujos de agua subterránea
- Cambios en la resistencia del suelo
- Meteorización

Un talud estable que no se lo trate o se lo monitoree puede convertirse en un “deslizamiento”.



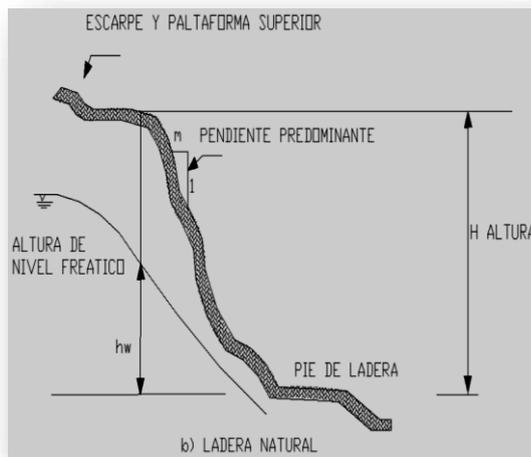


Figura 20: Partes de un talud

2.3.2. PARTES GENERALES DE UN TALUD

Cuando se trata de taludes o laderas existen varios términos o palabras para definir las partes de un talud.

En el talud o ladera se definen los siguientes elementos constitutivos:

2.3.3. ALTURA

Es la distancia vertical entre el pie y la cabeza del talud, la cual se presenta claramente definida en taludes artificiales pero es complicada de cuantificar en las laderas debido a que el pie y la cabeza no son accidentes topográficos bien marcados.

2.3.4. PIE, PATA O BASE

Corresponde al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte inferior. La forma el pie de una ladera es generalmente cóncava.

2.3.5. CABEZA CRESTA CIMA O ESCARPE

Se refiere al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte superior del talud o ladera.

2.3.6. ALTURA DE NIVEL FREÁTICO

Distancia vertical desde el pie del talud o ladera hasta el nivel de agua medida debajo de la cabeza.

2.3.7. PENDIENTE

Es la medida de la inclinación del talud o ladera. Puede medirse en grados, en porcentaje o en relación m/1, en la cual m es la distancia horizontal que corresponde a una unidad de distancia vertical. (Suárez días Jaime, 1998)

Los suelos más resistentes y duros generalmente forman laderas de mayor pendiente y los materiales de baja resistencia o blandos tienden a formar laderas de baja pendiente.

Existen, además, otros factores topográficos que se requiere definir como son longitud, convexidad (vertical), curvatura (horizontal) y área de cuenca de drenaje, los cuales pueden tener influencia sobre el comportamiento geotécnico del talud.

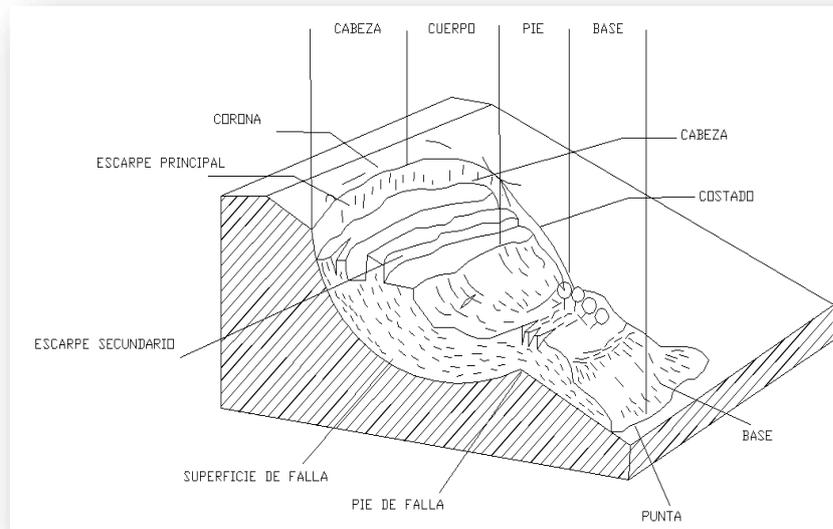


Figura 21: Nomenclatura de un deslizamiento

2.3.8. NOMENCLATURA DE UN DESLIZAMIENTO

2.3.8.1. ESCARPE PRINCIPAL

Corresponde a una superficie muy inclinada a lo largo de la periferia del área en movimiento, causado por el desplazamiento del material fuera del terreno original.

La continuación de la superficie del escarpe dentro del material forma la superficie de falla.

2.3.8.2. ESCARPE SECUNDARIO

Una superficie muy inclinada producida por desplazamientos diferenciales dentro de la masa que se mueve.

2.3.8.3. CABEZA

Las partes superiores del material que se mueve a lo largo del contacto entre el material perturbado y el escarpe principal.

2.3.8.4. CIMA

El punto más alto del contacto entre el material perturbado y el escarpe principal.

2.3.8.5. CORONA

El material que se encuentra en el sitio, prácticamente inalterado y adyacente a la parte más alta del escarpe principal.

2.3.8.6. SUPERFICIE DE FALLA

Corresponde al área debajo del movimiento que delimita el volumen de material desplazado. El volumen de suelo debajo de la superficie de falla no se mueve.

2.3.8.7. PIE DE LA SUPERFICIE DE FALLA

La línea de interceptación (algunas veces tapada) entre la parte inferior de la superficie de rotura y la superficie original del terreno.

2.3.8.8. BASE

El área cubierta por el material perturbado abajo del pie de la superficie de falla.

2.3.8.9. PUNTA O UÑA

El punto de la base que se encuentra a más distancia de la cima.

2.3.8.10. COSTADO O FLANCO

Un lado (perfil lateral) del movimiento.

2.3.8.11. CUERPO PRINCIPAL DEL DESLIZAMIENTO

El material desplazado que se encuentra por encima de la superficie de falla.

2.3.8.12. SUPERFICIE ORIGINAL DEL TERRENO

La superficie que existía antes de que se presentara el movimiento.

2.3.8.13. DERECHA E IZQUIERDA

Para describir un deslizamiento se prefiere usar la orientación geográfica, pero si se emplean las palabras derecha e izquierda debe referirse al deslizamiento observado desde la corona mirando hacia el pie.

(Asociación de ingenieros de minas del Ecuador **AIME**), (Suárez días Jaime, 1998)

2.3.9. CLASIFICACION DE LOS DESLIZAMIENTOS

Los fenómenos de inestabilidad incluyen generalmente una combinación de procesos erosionables inter-relacionados entre sí y a menudo mezclados. Por ejemplo la erosión en ríos es un fenómeno activador de movimientos en masa y los dos fenómenos actúan conjuntamente en el proceso de inestabilidad. Los procesos denudaciones pueden activar procesos erosionables y viceversa. Los procesos de erosión actúan generalmente sobre las capas más sub-superficiales del perfil y los de “remoción en masa” afectan comúnmente el perfil a una profundidad considerable.

2.3.9.1. CAIDO

Consiste en el desprendimiento así como de la caída de materiales del talud. En los caídos una masa sea cual fuese el tamaño se desprende de un talud de pendiente considerable, a lo largo de la superficie del mismo, en el que ocurre

ningún o muy poco desplazamiento de corte y desciende principalmente, a través del aire por caída libre, puede ser a saltos o rodando. Los bloques desprendidos pueden ser desde partículas relativamente pequeños hasta masa de varios metros cúbicos. (Suárez días Jaime, 1998)

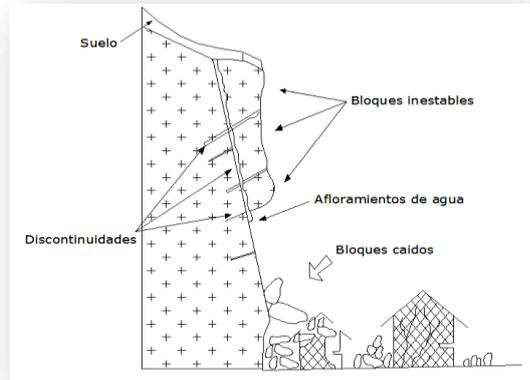


Figura 22: Deslizamiento por caído

Los factores que indican el tipo preciso de movimiento son la pendiente del talud, la morfología así como la rugosidad de la superficie (incluyendo la capa vegetal). La observación muestra que los movimientos tienden a comportarse de la siguiente manera:

- Como caídos de caída libre cuando la pendiente superficial es de más de 75 grados
- En taludes de ángulo menor generalmente, los materiales rebotan
- En los taludes de menos de 45 grados los materiales tienden a rodar.
- La velocidad de los materiales (Ec. 1) siempre va a depender de la altura de caída:

$$V = 2 gh$$

Dónde:

- **g** = Aceleración debida a la gravedad
- **h** = Altura de caída.
- **V** = Velocidad

Las partículas desprendidas siempre serán de diferentes tamaños los cuales se romperán en el proceso de caído. Los caídos de tierra corresponden a materiales compuestos de partículas pequeñas de suelo o masas blandas.

La acumulación del material caído sobre el pie del talud se le denomina “escombros”. Es común observar la clasificación de los materiales con los bloques de mayor tamaño hacia la parte inferior del depósito.

Se indican como causas de los caídos de suelos la lluvia, el suelo fracturado, el viento, la escorrentía, el movimiento de los animales, la erosión diferencial, las raíces de los árboles, los nacimientos de agua, las vibraciones de maquinaria y vehículos y la descomposición del suelo. Deben incluirse adicionalmente, los sismos, los cortes de las vías, explotación de materiales, siembras.

2.3.9.2. INCLINACION O VOLTEO

Este es un movimiento que consiste en una rotación hacia delante de suelo con centro de giro por debajo del centro de gravedad y generalmente, ocurren en las formaciones rocosas.

Las fuerzas que lo producen son generadas por las unidades adyacentes, el agua en las grietas o juntas, expansiones y los movimientos sísmicos. (Suárez días Jaime, 1998).

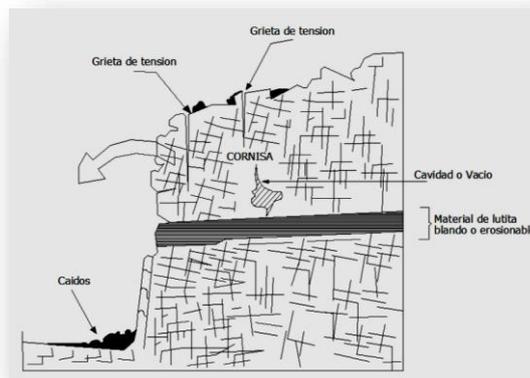


Figura 23: Volteo o inclinación en materiales residuales

Las características de la estructura de la formación geológica determinan la forma de ocurrencia de la inclinación. Las características de buzamiento y estratificación de los grupos de discontinuidades definen el proceso.

Los diferentes tipos de inclinaciones pueden variar de extremadamente lentas a extremadamente rápidas generalmente son lentas al inicio y aumentan de velocidad con el tiempo. Dependiendo de las características geométricas del terreno y de estructura geológica, la inclinación puede o no terminar en caídos o en derrumbes.

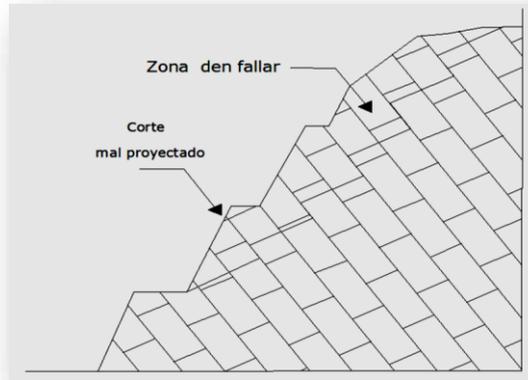


Figura 24: Proceso de falla al volteo

2.3.9.3. REPTACION

Este tipo de movimiento consiste en movimientos muy lentos a extremadamente lentos del suelo sub-superficial sin una superficie de falla definida. Por lo general la profundidad del movimiento puede ser desde pocos centímetros a varios metros. Generalmente, el desplazamiento horizontal es de unos pocos centímetros al año y afecta a grandes áreas de terreno. Generalmente ocurre en laderas donde la pendiente tiende de baja a media.

A este proceso se le atribuye a las alteraciones climáticas relacionadas con los procesos de humedecimiento y secado en suelos, usualmente, muy blandos o alterados. La reptación puede preceder a movimientos más rápidos como los flujos o deslizamientos.

2.3.9.4. DESLIZAMIENTO

Los deslizamientos consisten en un desplazamiento de corte a lo largo de una o varias superficies, que pueden detectarse fácilmente o dentro de una zona relativamente delgada. El movimiento puede ser progresivo, o sea, que no se inicia simultáneamente a lo largo de toda la superficie de falla.

Los deslizamientos pueden obedecer a procesos naturales o a desestabilización de masas de tierra por el efecto de actividades ocasionadas por el hombre como lo son cortes, rellenos, deforestación, etc.

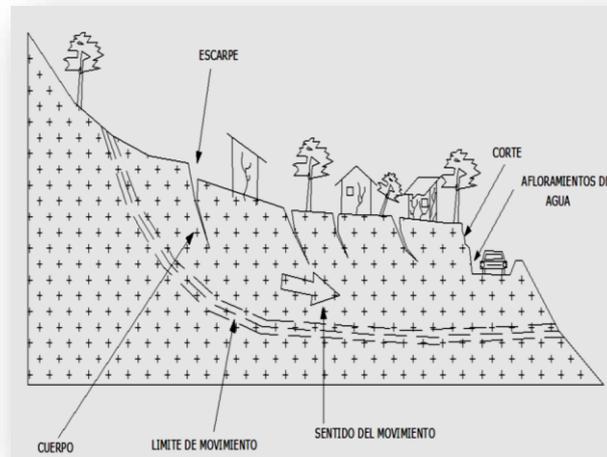


Figura 25: Deslizamientos en suelos blandos

Los deslizamientos se pueden clasificar en dos subtipos denominados:

- Deslizamientos de rotación
- Deslizamientos de traslación

Esta diferenciación es importante porque puede definir el sistema de análisis y estabilización a emplearse.

2.3.9.5. DESLIZAMIENTO ROTACIONAL

Se denomina deslizamiento rotacional cuando la superficie de falla es cóncava hacia arriba y el movimiento es rotacional con respecto a un eje paralelo a la superficie del terreno y transversal al deslizamiento.

Visto en planta el deslizamiento posee una serie de agrietamientos concéntricos y cóncavos en la dirección del movimiento.

Los deslizamientos estrictamente rotacionales ocurren usualmente, en suelos homogéneos, sean naturales o artificiales y por su facilidad de análisis son el tipo de deslizamiento más estudiado en la literatura.

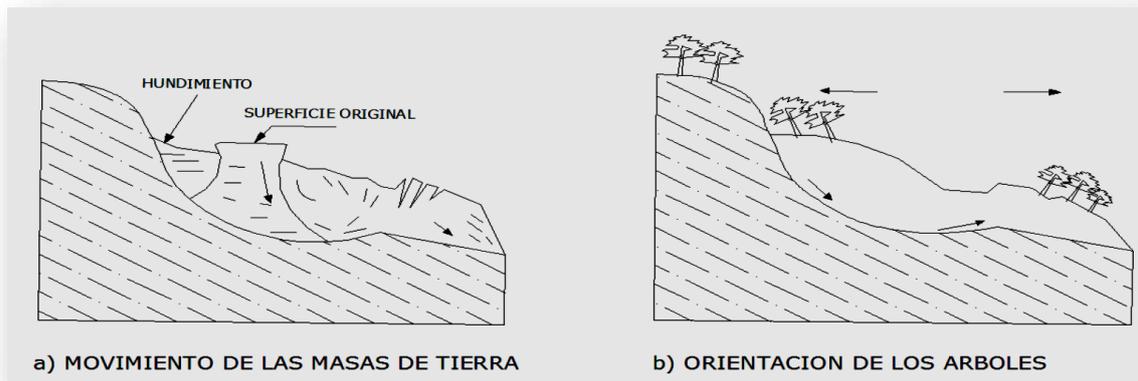


Figura 26: Deslizamiento rotacional típico

En la cabeza del movimiento, el desplazamiento es aparentemente semivertical y tiene muy poca rotación, sin embargo se puede observar que generalmente, la superficie original del terreno gira en dirección de la corona del talud, aunque otros bloques giren en la dirección opuesta.

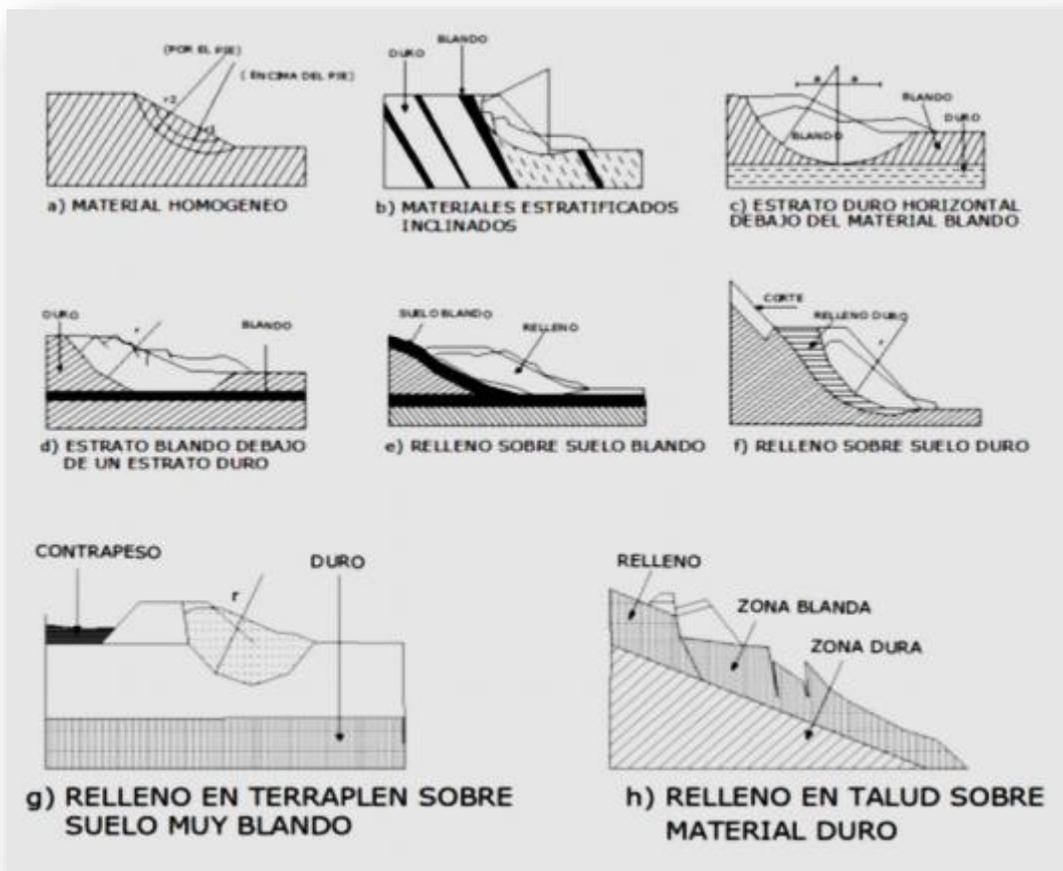


Figura 27: Efectos de la estructura en la formación de deslizamientos a rotación

Frecuentemente la forma y localización de la superficie de falla está influenciada por las discontinuidades, juntas y planos de estratificación. El efecto de estas discontinuidades debe tenerse muy en cuenta en el momento que se haga el análisis de estabilidad.

2.3.9.6. DESLIZAMIENTO DE TRASLACIÓN

En este tipo de deslizamiento el movimiento de la masa tiene un desplazamiento hacia fuera o hacia abajo. Por lo general el tipo de movimiento de rotación trata de auto estabilizarse, mientras uno de traslación puede progresar indefinidamente a lo largo de la ladera hacia abajo. En muchos deslizamientos de traslación la masa se deforma y puede convertirse en flujo.

En suelos residuales de rocas ígneas y metamórficas ácidas con perfiles de meteorización profundos son comunes los deslizamientos profundos a lo largo de superficies de falla planas. Estos deslizamientos son generalmente rápidos.

2.3.9.7. ESPARCIMIENTO LATERAL

En este tipo de deslizamiento el modo de movimiento dominante es la extensión lateral dividida por fracturas de corte del suelo y tensión del mismo, sobre suelos plásticos. El mecanismo de falla puede incluir elementos no solo de rotación y translación sino también de flujo.

La falla es generalmente progresiva, o sea, que se inicia en un área local y se extiende. Los esparcimientos laterales son muy comunes en sedimentos glaciales y marinos.

2.3.9.8. FLUJO

En un flujo existen movimientos relativos de las partículas de una masa que se mueve o desliza sobre una superficie. Las deformaciones relativas internas son muy grandes y fluye en forma similar a un fluido viscoso. El flujo puede ser laminar a turbulento. Los flujos pueden ser lentos o rápidos, así como secos o húmedos y los puede haber de roca, de residuos o de suelo o tierra.

Los flujos muy lentos o extremadamente lentos pueden asimilarse en ocasiones, a los fenómenos de reptación en el que la velocidad del movimiento disminuye al profundizarse en el perfil, sin que exista una superficie definida de rotura.

La ocurrencia de flujos está generalmente, relacionada con la saturación de los materiales sub-superficiales. Algunos suelos absorben agua muy fácilmente cuando son alterados, fracturados o agrietados por un deslizamiento inicial y esta saturación conduce a la formación de un flujo.

2.3.9.9. FLUJO DE RESIDUOS

Generalmente, el flujo de residuos es la transformación del flujo de rocas en donde los materiales se van triturando por el mismo proceso de flujo y se puede observar una diferencia importante de tamaño de las partículas entre la cabeza y el pie del movimiento.

El movimiento de los flujos de residuos puede ser activado por las lluvias, debido a la pérdida de resistencia por la disminución de la succión al saturarse el material o por el desarrollo de fuerzas debidas al movimiento producido por la presencia del agua subterránea.

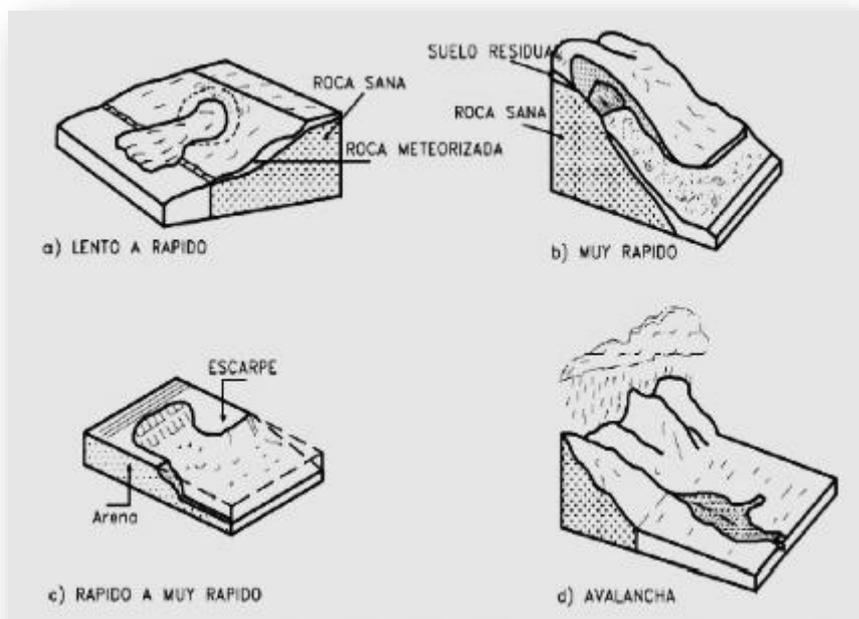


Figura 28: Flujos de diferentes velocidades

Estos movimientos se inician a velocidades moderadas y va aumentando a medida que progresa hacia abajo de la ladera o cauce. Al aumentar la velocidad va arrastrando materiales y objetos de diferentes tamaños.

2.3.9.10. FLUJO DE SUELO O TIERRA

Los flujos de tierra ocurren generalmente en suelos que se encuentran saturados, pero también pueden ocurrir movimientos de suelo en materiales secos. Se inician comúnmente como deslizamientos de rotación o traslación y al acumularse los suelos sueltos abajo del pié del deslizamiento, estos se desplazan sobre la ladera.

Pueden ser rápidos o lentos de acuerdo al contenido de humedad y la pendiente del talud o ladera de ocurrencia.

2.3.9.11. FLUJOS DE LODO

Los flujos de lodo consisten en que los materiales de suelo tienen gran presencia de finos y sus contenidos de humedad son demasiado altos llegando al punto de suelos suspendidos en agua. En los flujos de lodo las velocidades son muy altas y poseen fuerzas destructoras grandes. Un flujo de lodo posee tres unidades morfológicas:

- Un origen que generalmente es un deslizamiento
- Un camino o canal de flujo
- Una zona de acumulación

2.3.9.12. AVALANCHAS

En las avalanchas el flujo desciende formando una especie de “ríos de material suelto, y diferentes residuos”. Estos flujos se relacionan con lluvias ocasionales de índices pluviométricos muy altos, deshielo de nevados o movimientos sísmicos en zonas altas en donde la cubierta vegetal es poca, aunque es un factor influyente, no es un prerrequisito para que ocurran.

2.3.10. FACTORES QUE AFECTAN EL COMPORTAMIENTO DE UN TALUD

Los deslizamientos producidos por factores que modifican el comportamiento del suelo pueden variar de sencillos a complejos, por lo general tienen que ver con las propiedades del suelo tanto físicas como mecánicas, así como factores externos que actúan sobre el mismo.

2.3.10.1. LA LITOLOGÍA O FORMACIÓN GEOLÓGICA

La formación geológica está determinada por los diferentes tipos de suelo que van a existir en la zona de estudio, si la clasificación es homogénea vamos a tener un formación fácil de interpretar y de analizar, pero cuando una zona determinada tiene una clasificación de suelo diversa, el comportamiento de cada material va ser muy diferente a los demás por lo que se recomienda un análisis por separado.

2.3.10.2. LA GEOMORFOLOGÍA

La geomorfología de un suelo nos permite conocer los cambios que están actuando sobre la zona en estudio, ya que son procesos que han producido cambios desde su estado inicial. Por lo que se recomienda elaborar un cuadro de cambios que ha sufrido el suelo así como los que se pueden producir en el futuro.

2.3.10.3. LA TOPOGRAFÍA

El factor topografía juega un papel muy importante en lo que es estabilización de taludes, los cortes que existen en el terreno bien sean por deslizamientos así como producidos por el hombre pueden ser causas notables de que una determinada masa de tierra se deslice a través de la superficie del terreno.

Cuando se realizan cortes de gran pendiente los cuales sobrepasen al ángulo de la pendiente de equilibrio la cual es 45° se tiene un terreno susceptible a soportar un deslizamiento.

2.3.10.4. EL CLIMA Y LA HIDROLOGÍA

El comportamiento de un talud depende el clima existente en el sitio donde se encuentra ya que la gran presencia de precipitaciones va a afectar el comportamiento del suelo según el tipo que se tenga luego de haber realizado una

clasificación del mismo. Puede haber una saturación de las partículas de suelo a tal punto de que ya no atrapen humedad y se produzca un deslizamiento por la cantidad de agua existente en el sitio. Los diferentes cambios climáticos es una causa para que frecuentemente se tenga cambios de perfiles del terreno debido a deslizamientos así como escorrentías superficiales, existiendo además cambios en los diferentes tipos de fuerzas existentes en el talud.

2.3.10.5. LA HIDROGEOLOGÍA

Al momento de realizar un analizar para estabilizar un talud se debe elaborar un mapa de factores o causas que lo están afectando y podrían afectar a futuro al comportamiento del mismo en el cual vamos hacer constar lo siguiente:

- Zonas de infiltración, por lo general arriba del talud
- Permeabilidad del suelo
- Capacidad de absorción del suelo

2.3.10.6. LA SISMICIDAD

Por encontrarnos en una zona de cadenas montañosas estamos propensos a eventos sísmicos, ya que pueden ser originados por procesos tectónicos o actividad volcánica, un sismo puede activar deslizamientos, dependiendo de la magnitud del mismo.

2.3.10.7. LA VEGETACIÓN

Cuando un talud se encuentra protegido por una capa vegetal y mejor aun cuando existen árboles que poseen raíces las cuales están a gran profundidad ayudan a mantener estabilizado el terreno ya que sujetan el suelo actuando como un refuerzo absorbente de humedad, evitando así evapotranspiración e infiltración de agua.

2.3.11. PARÁMETROS GEOMÉTRICOS

La conformación topográfica del talud:

- Altura
- Pendiente
- Curvatura
- Largo y ancho

Actuando en forma conjunta o separada, afectan la estabilidad de un talud, por cuanto determinan los niveles de esfuerzos totales y las fuerzas de gravedad que provocan los movimientos.

Entre los parámetros geométricos se debe considerar los siguientes:

2.3.11.1. PENDIENTE

Dependiendo del tipo de suelo que tenemos un talud podemos trabajar con pendientes tratando en su mayoría de que no sobrepase los 45°, evitando así de que nuestro talud sufra cambios en su comportamiento y causar un deslizamiento de considerable magnitud.

Según skempton, teóricamente en suelos granulares limpios y secos el ángulo de inclinación del talud con la horizontal no debe sobrepasar el del ángulo de fricción del material.

2.3.11.2. CURVATURA

La curvatura existente en un talud afecta a que la masa de suelo se mantenga en equilibrio e inclusive ayudaría a la erosión del suelo debido a las escorrentías dando velocidad del agua que en la superficie fluye.

2.3.11.3. LARGO - ANCHO

Mientras la longitud del talud aumenta la erosión que en la superficie se presente será mayor ya que las aguas que recorran la superficie del talud y si la pendiente es considerable se tendrá una erosión que modificará los perfiles del terreno.

2.3.11.4. ÁREAS DE INFILTRACIÓN ARRIBA DEL TALUD

Se debe tener mucho cuidado con las aguas superficiales que existen en la zona ya

que tener presencia de humedad afectando así las propiedades físicas del suelo, no solo se debe realizar un monitoreo de estas aguas a corta distancia en la corona del talud sino que debe realizárselo a varios kilómetros arriba del talud, analizando si a lo mejor existen canales, piscinas, tanques reservorios, sistemas de riego en plantaciones, etc.

2.3.12. PARÁMETROS GEOLÓGICOS

La geología generalmente, define las características o propiedades del suelo. La formación geológica determina la presencia de materiales duros o de baja resistencia y las discontinuidades pueden facilitar la ocurrencia de movimientos a lo largo de ciertos planos de debilidad.

2.3.13. PARÁMETROS GEOTÉCNICOS

2.3.13.1. RESISTENCIA AL CORTANTE

La resistencia al corte representa la modelación física del fenómeno de deslizamiento. Los parámetros que se debe tener muy en cuenta son el ángulo de fricción y cohesión los cuales determinan el factor de seguridad del deslizamiento de una determinada superficie dentro del terreno.

2.3.13.2. PERMEABILIDAD

Es la capacidad de resistencia del suelo frente a la presencia de agua, la cual origina presencia de aguas subterráneas, cohesión de los suelos etc.

La permeabilidad mide la resistencia interna de los materiales a la presencia del agua y puede definir el régimen de agua subterránea, concentración de corrientes, etc.

2.3.13.3. EXPANSIVIDAD

La expansividad por lo general se nos presenta en suelos arcillosos, en los cuales al momento que se encuentran en contacto con el agua aumentan de volumen cambiando la forma de determinada masa de suelo, este fenómeno actúan en estructuras las cuales se encuentran en este tipo de suelo provocando colapsos de

las obras parciales o totales. (Suárez, 1998)

2.3.14. MÉTODOS Y ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN

2.3.14.1. INTRODUCCIÓN

El principal objetivo que debemos tener en cuenta al momento de decidir que estructura se utiliza para la estabilización o contención de muros de tierra o taludes es el resistir las fuerzas ejercidas por la tierra contenida, y transmitir esas fuerzas en forma segura a la cimentación o a un punto por fuera de la masa de suelo analizada de movimiento. En el caso de un deslizamiento de tierra el muro ejerce una fuerza para contener la masa inestable y transmite esa fuerza hacia una cimentación o zona de anclaje por fuera de la masa susceptible de moverse. Las deformaciones o movimientos de la estructura de contención o del suelo a su alrededor deben evitarse en lo más mínimo para garantizar su estabilidad.

Se debe tener muy en cuenta dos condiciones para diseñar la estructura de contención las cuales se las detalla a continuación:

2.3.14.2. CONDICIÓN DE TALUD ESTABLE

Esto lo más típico que se usa en cuanto a los análisis de muros de contención en los diferentes textos de mecánica de suelos y cimentaciones. Se supone que se trabaja con un suelo homogéneo el cual va a generar una presión de tierras de acuerdo a las teorías de rankine o coulomb y la fuerza activa tiene una distribución de presiones en forma triangular.

2.3.14.3. CONDICIÓN DE DESLIZAMIENTO

Cuando existe la posibilidad de que un deslizamiento se da o estemos tratando con la estabilización de un movimiento que se encuentre activo, la teoría de presión de tierra tanto la de rankine como la de coulomb no indica la realidad de las fuerzas que actúan sobre el muro, por lo que el valor de las fuerzas que actúan sobre el muro son muy superiores a las calculadas por teorías tradicionales.

Los costos en la construcción de estructuras de contención por lo general son mayores a los destinados para conformar un talud por lo tanto al momento de

escoger la obra a realizarse debe tenerse mucho cuidado su efectividad como método de estabilización, y mientras se esté realizando el diseño se debe mantener su altura lo más baja posible. (Braja m. das 1999)

2.3.15. TIPOS DE ESTRUCTURAS

Existen varios tipos generales de estructura, y cada una de ellas tiene un sistema diferente de transmitir las cargas.

2.3.15.1. MUROS MASIVOS RÍGIDOS

Este tipo de estructura se caracteriza por su rigidez la cual depende de la cantidad y el tipo de hormigón que en el muro se coloque, además de estar compuestos por hormigón existen muros que contienen refuerzo tanto en su estructura así como en el terreno a estabilizar. Depende mucho el suelo donde se construirá este tipo de muros ya que de su cimentación depende la capacidad de transmitir los diferentes tipos de fuerzas al cuerpo del muro. Este tipo de muros son los más utilizados en nuestro medio para la estabilización de taludes.

Además al momento de elaborar un hormigón previamente se debe realizar una correcta dosificación para obtener la resistencia a la compresión del mismo. Entre el tipo de muros rígidos más comunes tenemos:

➤ MUROS DE CONCRETO ARMADO

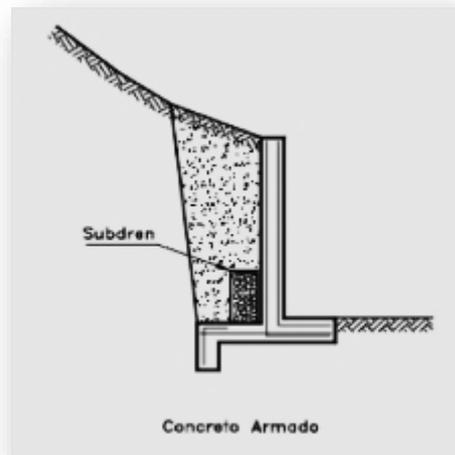


Figura 29: Muro de concreto armado

Este tipo de muros cumplen con la función para la que fueron diseñados, pero

tiene mucho que ver el tipo de suelo en el que se lo va a realizar, ya que si existe poca cohesión del mismo a futuro podemos tener problemas en la cimentación y estructura del mismo, el control de la humedad o presencia de niveles freáticos son muy importantes para evitar saturación del suelo y posibles deslizamientos o asentamientos de la estructura.

No se recomienda la construcción de este tipo de muro en pendientes fuertes y alturas considerables ya que económicamente no son recomendables por la cantidad de refuerzo que podría llevar tanto el cuerpo del muro así como en su cimentación el poco peso de estos muros no brindan confianza al momento de estabilizar considerables masas de tierra.

➤ MUROS DE CONCRETO SIMPLE

La construcción de muros de concreto simple es fácil de realizarlos se puede dar la forma que establezca el diseño o la topografía del terreno, en nuestro medio este tipo de muro es muy utilizado para estabilizar terrenos de poca altura, también cantidades de suelo considerables siempre y cuando la altura no sea mayor a los tres metros y la pendiente sea baja no mayor de 30° con respecto a la horizontal.

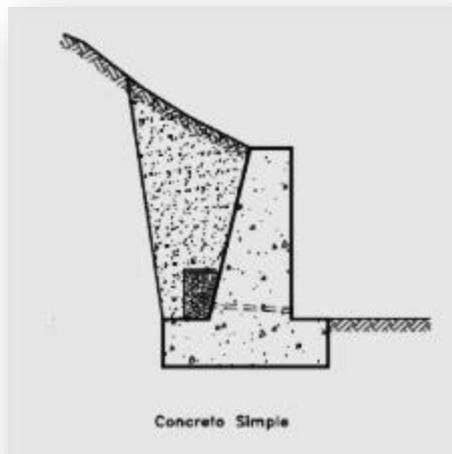


Figura 30: Muro de concreto simple

En este tipo de muros la cimentación es muy importante ya que debe ser de dimensiones capaces de soportar presiones de tierra laterales por lo que se necesita gran cantidad de hormigón, una desventaja que tiene el muro de hormigón simple por el simple hecho de no llevar refuerzo es que no tiene la

capacidad de soportar deformaciones importantes del suelo. Para alturas más de tres metros no son recomendables económicamente.

➤ MUROS DE HORMIGÓN CICLÓPEO

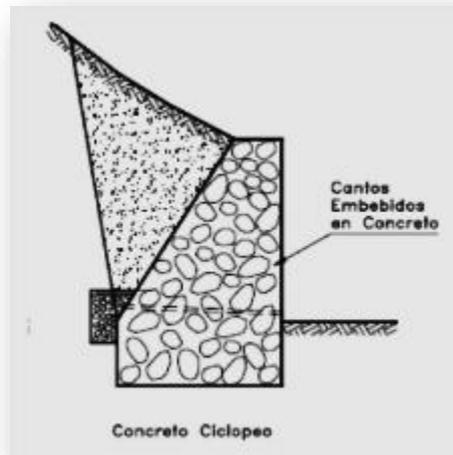


Figura 31: Muro de hormigón ciclópeo

Los muros de hormigón ciclópeo tienen igual características que los muros de hormigón simple con la diferencia de que al momento de colocar la mezcla de hormigón se utiliza piedra la cual puede ser de río o mina la cual se la va colocando al momento de fundición del muro tratando de ir compactando para que los bloques de piedra queden bien adheridos entre sí. Económicamente es recomendada la realización de este tipo de estructuras ya que con la colocación de piedra se reduce en gran cantidad el hormigón, pero existe una gran desventaja primero que son muros de anchos considerables y cimentaciones profundas así mismo el muro en si por el tamaño de la piedra no puede trabajar a flexión, o sea están más propensos a fracturaciones del concreto.

2.3.15.2. MUROS FLEXIBLES

Estas estructuras son realizadas con materiales que sean flexibles o soporten los diferentes tipos de movimientos ocasionados por las cargas que en el suelo actúan entre los más conocidos tenemos:

➤ MURO DE GAVIONES

Los muros armados por gaviones son económicos siempre y cuando el material de

relleno de las jaulas de malla electro soldada este cerca del terreno a estabilizar ya que si no existe cerca del sitio el rubro por transporte tomará valores muy elevados al momento de la construcción. Por lo general la construcción de este tipo de muros se los realiza con la finalidad de soportar presiones de suelo en el que existe presencia de humedad por lo que vendría a trabajar como un sistema de drenaje.

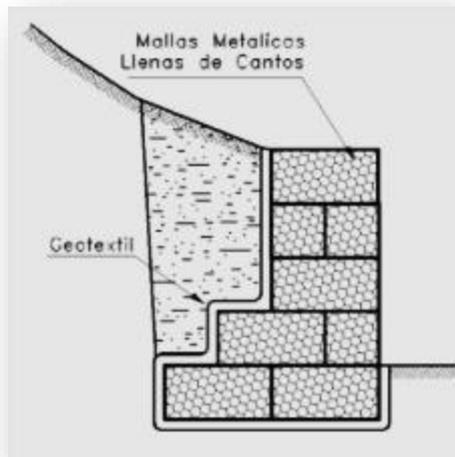


Figura 32: Muro de gaviones

Este tipo de estructuras se las realiza por lo general en vías de comunicación en donde se tiene presencia de aguas subterráneas; también se los utiliza para proteger cauces de río, en curvas donde pueda existir socavación del terreno causando grandes deslizamientos, como este tipo de muros va a trabajar a frecuentemente con presencia de humedad el material de relleno de las jaulas debe ser de buena calidad, como por ejemplo la resistencia a los sulfatos para saber si no es de fácil disgregación.

➤ MURO DE CRIBAS

Es un elemento prefabricado el cual va armado de manera uniforme intercalado con el suelo; este tipo de muros son demasiado costosos debido a que las cribas se las debe prefabricar, la elaboración de éstas lleva dinero y tiempo tanto de fabricación como de colocación en obra. En nuestro medio se hace este tipo de muros pero con la diferencia de que en reemplazo de las cribas se utiliza madera en donde se corre el riesgo de que la madera se pudra y la obra colapse.

En los espacios que queda entre criba y criba se debe colocar material granular de mejoramiento el cual tenga la capacidad de actuar como drenaje para no saturar el suelo que se encuentra estabilizando la criba. Es recomendable aplicar este método de estabilización en taludes no mayores a 5 metros de altura.

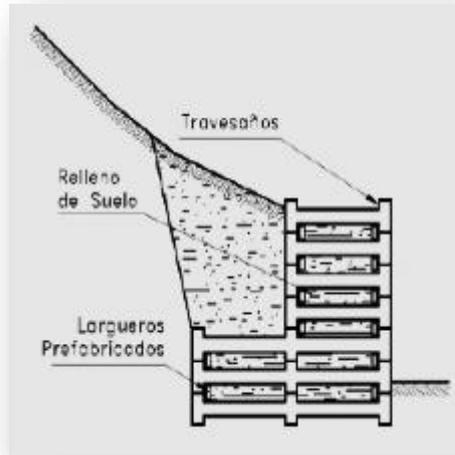


Figura 33: Muro de cribas

➤ MURO ARMADO DE LLANTAS

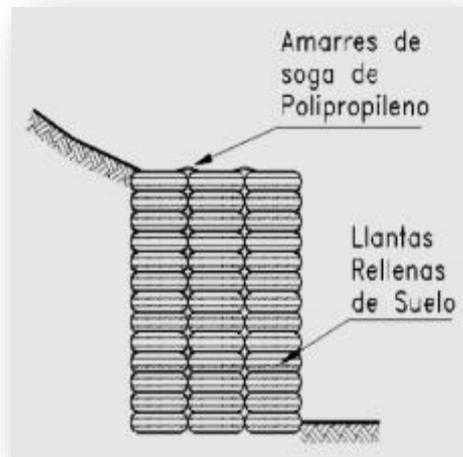


Figura 34: Muro armado de llantas

Este es un método rústico ya que para realizarlo se utiliza material de reciclaje es decir llantas usadas, por lo que al momento de construir el muro no se tendrá una geometría homogénea debido a que no siempre se va a tener un solo tipo de llanta tanto en su ancho como en su diámetro y espesor, además no están en capacidad de soportar presiones fuertes del suelo ya que si se presentan se transformaría en un resorte que se deformará fácilmente.

Este método no es recomendable para estabilizar taludes de fuertes pendientes ya

que no tienen un diseño claro establecido ni tampoco se conoce la vida útil del mismo.

2.3.15.3. MUROS DE TIERRA ARMADA

Los muros de tierra armada es un método de estabilización el cual se va compactando en capas aproximadamente iguales de suelo con un material de mejoramiento diferente al existente en el talud a estabilizar cuya finalidad es aumentar la resistencia a la tensión y al corte. Estas estructuras son fáciles de construir pero al mismo tiempo se corre mucho riesgo al momento de compactarlo.

Debido a la compactación del material de mejoramiento el cual puede adaptarse fácilmente a la topografía, permite construirse sobre fundaciones débiles, tolera asentamientos diferenciales y puede demolerse o repararse fácilmente, pero es el que más espacio requiere de lo que se diferencia de las demás construcciones de estructuras de contención.

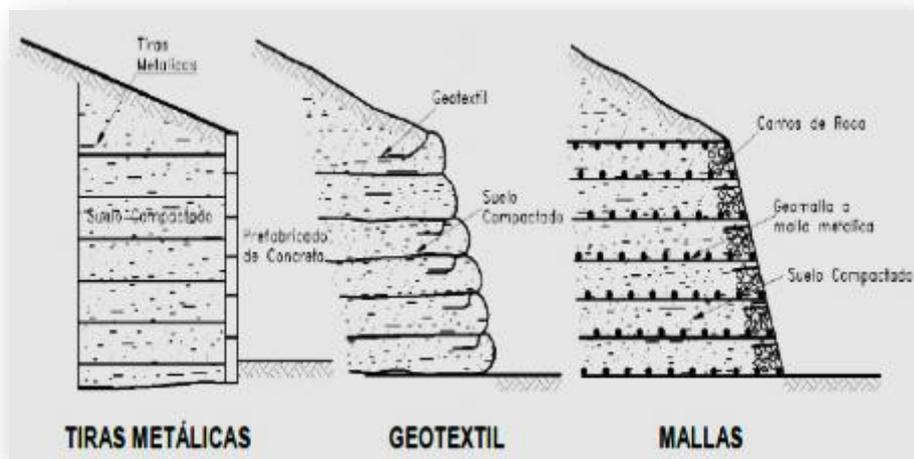


Figura 35: Muros de tierra armada

➤ REFUERZO CON TIRAS METÁLICAS

La construcción de este tipo de método actúa como un muro flexible, consiste en conseguir un tipo de material con el cual se va a hacer el relleno de preferencia debe ser un suelo granular para evitar la saturación del mismo debido a la humedad; las tiras metálicas de refuerzo que van a ser franjas de un espesor delgado y anchas las cuales van a ser colocadas a intervalos regulares e iguales.

Un recubrimiento o escama sobre la pared frontal del muro.

También en lugar del recubrimiento o escamas se puede utilizar lo que es una pequeña pared o muro de hormigón prefabricado para sujetar las tiras metálicas, dándole al entorno o a la fachada del muro un aspecto decorativo y de buen acabado.

➤ **REFUERZO CON GEOTEXTIL**

Al momento de realizar un muro de tierra armada reforzado con geotextil se corre el peligro de que no resista grandes presiones del suelo por lo que va a tender a deformarse fácilmente; si tenemos presencia de humedad en el muro de tierra armada y si no existe un correcto manejo de la misma el geotextil va a debilitar el muro debido a que se van a convertir en capas de deslizamiento. Además debemos tener en cuenta que el geotextil se va a descomponer con la luz solar así como un suelo de materia orgánica por lo que en la pared del muro se debe colocar un tipo de recubrimiento capaz de proteger de los factores climáticos en las capas de compactación; por encima del geotextil debe ser un material granular el cual ayude a la evacuación rápida de aguas subterráneas.

➤ **REFUERZO CON GEOMALLAS**

Con la construcción de este tipo de muros vamos a proporcionar un cierto grado de rigidez a la estructura debido a la influencia de las geomallas, por lo cual cada capa no se lo considera como un punto de debilidad al deslizamiento, si la compactación se la realiza de la forma correcta ayudarán a la estabilización del talud en conjunto con la geomalla.

Dependiendo del tipo de material que se tenga en la zona a estabilizar y al tipo de material de mejoramiento que se coloque, la malla puede sufrir factores como la corrosión.

2.3.15.4. ESTRUCTURAS ANCLADAS

La finalidad de este tipo de estructuras es estabilizar una masa de suelo con el uso de varillas las cuales al ser ancladas trabajan como una fuerza de contención del

suelo; éstas varillas en la mayoría son de acero o cables tensores los cuales van dentro de un tubo galvanizado, penetrados en el suelo con su ángulo especificado con respecto a la horizontal.

Las perforaciones para la colocación de los anclajes se los realizan mediante posteadora o por medio de un taladro, además al momento de que el anclaje se encuentra dentro del orificio en el que va a ser colocado en toda la longitud del anclaje a se debe aplicar hormigón auto-compactante el cual va a fijar las patas de agarre del anclaje en el talud; por lo general se aplica en la estabilización de taludes en roca. Como ya se lo mencionó anteriormente en muros donde trabaja acero se va a tener problemas de corrosión.

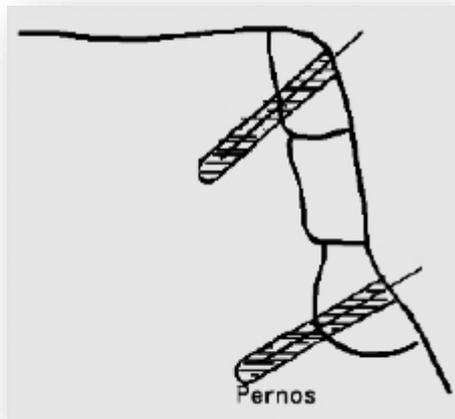


Figura 36: Estructuras ancladas

➤ **MUROS ANCLADOS**

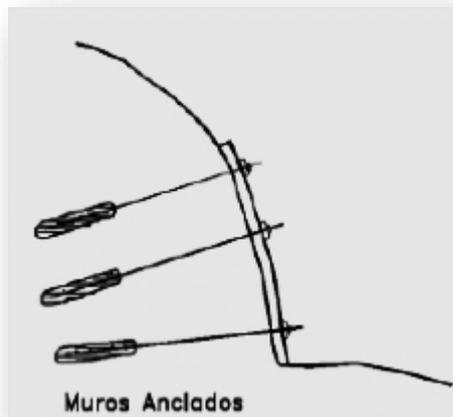


Figura 37: Muros anclados

El proceso constructivo de este tipo de estructura es cuando se tiene alturas

considerables, es decir se realizará un muro sobre el talud a estabilizar el cual luego de que ha fraguado el hormigón se hace varias perforaciones a la longitud deseada del anclaje sobre el talud para su colocación; en la parte final del talud se coloca hormigón para agarre de las patas del anclaje luego mediante una placa de acero y pernos se lo asegura con el muro de hormigón simple.

El acero de los anclajes puede sufrir corrosión, además se debe realizar un mantenimiento constante de las placas y tuercas ya que debido a las presiones del suelo estas pueden sufrir deformaciones en sus tuercas. El proceso constructivo en sí de esta obra es muy costoso por la cantidad de acero que se necesita y las placas que deben ser de un área específica.

2.3.15.5. ESTRUCTURA ANCLADA EN TIERRA

Las estructuras ancladas en tierra son realizadas por medio de perforaciones donde el diámetro de diseño es considerable, el diámetro del pilote depende del diseño para el que va a trabajar; los pilotes deben ir empotrados en su parte terminal, este tipo de estructuradas son diseñados para trabajar a flexión y cortante, por lo que se recomienda su construcción en donde se desea controlar fallas geológicas.

➤ TABLESTACAS

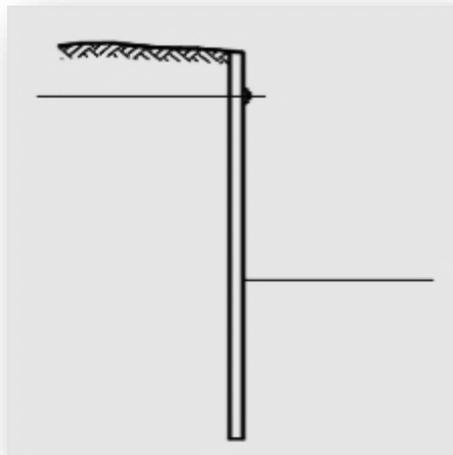


Figura 38: Muro con tablestacas

Este tipo de estructuras son por lo general construidos todo en lo que tiene que ver con muros que se encuentran en contacto con el agua los cuales cumplen la

unción de evitar socavaciones en las paredes de canales ríos o muelles. Existen tres tipos de tablestacas en construcción:

- De madera
- De acero
- De concreto prefabricado

Las tablestacas de concreto prefabricado son los que más se usan los cuales van a diseñar con acero de refuerzo para resistir los esfuerzos permanentes a los que la estructura estará sometido durante y después de la construcción.

➤ **PILAS**

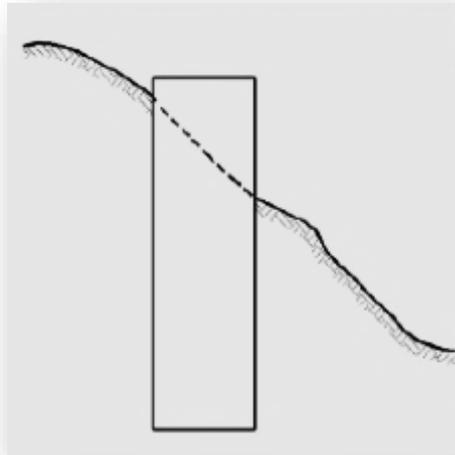


Figura 39: Pilas de hormigón

La contención con pilas de concreto armado tiene varias ventajas, la construcción se la puede hacer en sitios de difícil acceso, además no hay necesidad de que el talud a estabilizar sea cortado, pero así mismo podemos hablar de las desventajas de este tipo de estructura ya que se debe profundizar con la perforación o excavación por debajo del nivel del pie del talud, se debe tener mucho cuidado y tratar de controlar el nivel freático si lo hubiese evitando saturaciones del suelo ya que podría ser un peligro para las personas que realicen la excavación.

➤ **PILOTES**

Los pilotes son de sección o diámetro muy pequeño por lo que son fáciles de

construir pero al mismo tiempo se tiene una gran desventaja ya que se necesitan varias perforaciones y colocaciones de pilotes para poder estabilizar un talud y evitar deslizamientos.

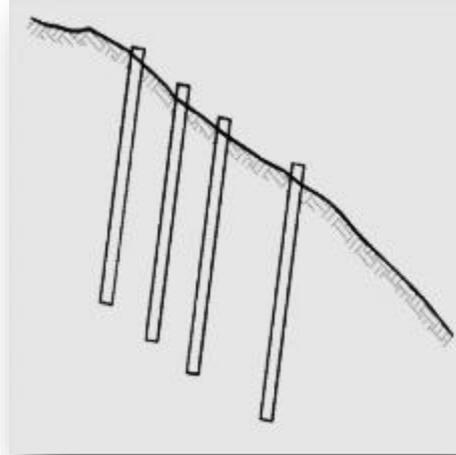


Figura 40: Pilotes de hormigón

Existen otros tipos de muros de contención, los cuales no serán analizados en la presente investigación, pero que generalmente, se asemejan y cumplen similar comportamiento a alguna de las estructuras indicadas con anterioridad.

Cuando se tiene varias alternativas de estructuras de contención se debe realizar una comparación económica, basada tanto en los costos iniciales de construcción como el costo de mantenimiento.

(TESIS DE GRADO PREVIO A OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERIA CIVIL, YANDRI GUILLERMO RIVERA SISNEROS, UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA, ESTADO DEL ARTE DE LA INGENIERIA GEOTECNICA EN ESTABILIDAD DE TALUDES, DESDE PAGINA xiii HASTA PAGINA xlviii, LOJA 2009)

CAPITULO III

3. FORMULACION Y EVALUACION DE LA INVESTIGACION

3.1. DESCRIPCION GENERAL

La estabilidad de taludes es un punto importante y necesario de determinar para todas las consideraciones geotécnicas al momento de realizar obras de ingeniería. Los distintos parámetros en consideración y el gran número de opciones que puede contemplar el trazado de la obra hacen que el cálculo de estabilidad de taludes no sea una labor trivial. La utilización de software se ha convertido en una herramienta útil y eficiente en el análisis de estabilidad, facilitando de sobremanera la tarea al geotécnico.

La protección de los taludes se realiza de algunas maneras:

- Mediante la plantación de especies vegetales apropiadas a crecer en el agua.
- Recubriendo las márgenes, en la franja donde oscila el agua de un enrocado, (rocas sueltas acomodadas en forma más o menos irregular en el talud a ser protegido, sistema denominado como enrocado.
- Recubriendo el talud con una placa de concreto o con un revestimiento en piedra.

La estabilidad de taludes es la teoría que estudia la estabilidad o posible inestabilidad de un talud a la hora de realizar un proyecto, o llevar a cabo una obra de construcción de ingeniería civil, siendo un aspecto directamente relacionado con la geotecnia. La inestabilidad de un talud, se puede producir por un desnivel, que tiene lugar por diversas razones: Razones geológicas: laderas posiblemente inestables, orografía acusada, estratificación, meteorización, etc.

Variación del nivel freático: situaciones estacionales, u obras realizadas por el hombre. Obras de ingeniería: rellenos o excavaciones tanto de obra civil, como de minería. Los taludes además serán estables dependiendo de la resistencia del material del que estén compuestos, los empujes a los que son sometidos o las

discontinuidades que presenten. Los taludes pueden ser de roca o de tierras. Ambos tienden a estudiarse de forma distinta.

Desprendimientos o desplomes son movimientos de inestabilidad producidos por falta de apoyo, englobando a una escasa cantidad de terreno. Suele tratarse de rocas que caen por una ladera, debido a la pérdida del apoyo que las sustentaba. Entre los desprendimientos o desplomes, se puede incluir el caso del desplome de una columna rocosa en un acantilado, debido a la erosión en la base del mismo. Pueden ser ocasionados por la naturaleza o por la humanidad.

Corrimientos Son movimientos que afectan a una gran cantidad de masa de terreno. Un tipo particular de corrimiento de tierra son los deslizamientos, que se producen cuando una gran masa de terreno o zona inestable, desliza con respecto a una zona estable, a través de una superficie o franja de terreno de pequeño espesor. Los deslizamientos se producen cuando en la franja se alcanza la tensión tangencial máxima en todos sus puntos. Estos tipos de corrimiento son ingenierilmente evitables.

<http://alexissandrade.blogspot.com/2012/04/estabilidad-de-taludes.html>

Sin embargo, si bien la solución es la necesaria para el caso, no es conveniente dar paso a su ejecución sin antes verificarla mediante los estudios necesarios para cada caso teniendo su diseño técnica y científicamente probados.

Por esto el presente estudio no solo se basa en la experiencia práctica del investigador y de las obras hidráulicas realizadas alrededor del problema, se elige la solución y basados en la toma de datos se procede a evaluar y formular el producto final de la investigación.

3.2. ALCANCE DE LA INVESTIGACION

Este estudio culminará con la elaboración y presentación de:

- Levantamiento topográfico (altimetría, planimetría, planos)
- Datos, análisis y diseños hidrológicos e hidráulicos.
- Datos geotécnicos (de manera general)

- Ficha ambiental
- Presupuesto
- Cronograma
- Conclusión y recomendaciones

Con esto se obtiene criterios valorados y deriva la propuesta justificada del **“ESTUDIO DEL DESAZOLVE Y MURO DE PROTECCIÓN DEL ESTERO CAÑAS JUNTO AL RECINTO CIEN FAMILIAS, CANTÓN BALAO”**.

3.3. METODOLOGIA

3.3.1. NIVEL DE INVESTIGACION

La presente investigación es de tipo exploratoria y descriptiva.

3.3.2. TIPO DE INVESTIGACION

Partiendo del problema planteado a lo largo del desarrollo del proyecto referido al Estudio del Desazolve y Muro de Protección del Estero Cañas junto al Recinto Cien Familias, Cantón Balao, y en función de la formulación de los objetivos generales y específicos que la sustenta, el presente proyecto está ubicado dentro del tipo de investigación denominado Proyecto Factible, este consiste en ser un tipo de estudio prospectivo probado en un modelo operativo, de una unidad de acción, orientados a entregar respuestas o soluciones al problema planteado en una determinada realidad: organizacional, social, económica, educativa, tecnológica. En este sentido, la delimitación de la propuesta final, pasa inicialmente por la realización de un diagnóstico de la situación existente y la conclusión de las necesidades del sitio estudiado, para formular el modelo operativo en relación de las demandas de la realidad abordada. En función de esta definición y enmarcado en el proyecto planteado bajo esta modalidad, en la cual se deben cumplir con los requisitos descritos para la definición de un Proyecto Factible. Por lo cual se utilizarán instrumentos, mediciones y patrones que procurará responder al problema planteado.

3.3.3. DISEÑO DE INVESTIGACION

En función de los objetivos definidos en el presente estudio, donde se planteó el Estudio del Desazolve y Muro de Protección del Estero Cañas junto al Recinto Cien Familias, se utilizaran para responder al problema las estrategias de investigación de campo mediante la cual se recolecto los datos directamente en el Recinto Cien Familias y investigación documental mediante la cual se obtuvo y analizo los datos de materiales impresos u otro tipo de documentos.

Para ello hubo que cumplir con tres etapas, la primera está referida con la delimitación del objeto de estudio y la elaboración del marco teórico, la segunda etapa implicó la realización de la evaluación de la protección para inundaciones en el sector y la tercera etapa correspondió a proponer la protección necesaria para la erradicación de inundaciones en el sector permitiendo mejorar la calidad de vida.

3.3.4. POBLACION

La población que obedece a este estudio estadístico para la muestra son aquellos moradores cuyas viviendas y tierras están cercanas al Estero Cañas y que están directamente beneficiados de la protección del margen derecho de mencionado Estero según los datos obtenidos en la investigación se llegó a determinar que en el Recinto Cien Familias existen alrededor de 300 habitantes.

3.3.5. UNIVERSO MUESTREAL

Cualquier estudio debe determinar el tamaño de muestra necesario para la ejecución del mismo y guardar las proporciones de los parámetros que definen la población de origen. La MUESTRA es el conjunto de individuos que realmente han sido estudiados. En la mayoría de ocasiones, el número de sujetos necesarios para la realización del estudio es mucho menor que el de candidatos que conforman la población de estudio, aparte de que una frecuente inaccesibilidad de las poblaciones impide que éstas puedan ser estudiadas directamente. Todo ello conlleva a que, por razones de eficiencia y disponibilidad de recursos, se trabaje con una muestra de la población objeto de estudio.

Hay que tener en cuenta que la muestra debe ser lo más semejante posible a la

población y, por tanto, representativa de la misma. Los resultados obtenidos en la muestra, válidos en sí mismos tan sólo para la muestra, permitirán estimar conclusiones para la población, en el caso de la muestra sea en verdad representativa de la población. Cuanto más fielmente represente la muestra a la población, más fiables serán las conclusiones e inferencias de la presente investigación.

En líneas generales, para que el estudio de una muestra sea válido para la población, se requiere:

- **HOMOGENEIDAD:** La muestra tendrá las mismas proporciones que la población en todos aquellos caracteres que pueden influir sobre la variable en estudio y, consecuentemente, en los resultados. No es necesario que exista homogeneidad en aquellas características que no actúan sobre la variable. Así, si se estudia la fuerza física de una población, la muestra deberá guardar una proporción de varones/mujeres y de adultos/niños similar a la de la población.
- **REPRESENTATIVIDAD:** La muestra ha de ser un modelo representativo de la población.

3.3.5.1. TIPOS Y MÉTODOS DE MUESTREO

Cuando ya se ha definido la población de estudio, el siguiente paso es determinar cuántos sujetos compondrán la muestra (cálculo del tamaño muestral) y qué criterios determinarán la elección de los sujetos de la muestra. Así el conocimiento del número de sujetos necesarios permitirá evaluar si el estudio y diseño de una protección junto al estero canas es una necesidad real en recinto cien familia.

Si se incluye un número excesivo de sujetos encarece el estudio y puede ser considerado poco ético, ya que un mayor número de sujetos recibirá la intervención menos eficaz o será sometido a determinadas exploraciones. Por tal modo, la principal razón para estudiar una muestra y no toda la población es el ahorro de tiempo y dinero, es decir, eficiencia. Asimismo, hay razones de validez,

en cuanto que las mediciones de las variables tenderán a ser más exactas, ya que se pueden dedicar más esfuerzos a asegurar la calidad si se efectúan en un número reducido de sujetos.

3.3.5.2. ESTUDIOS PARA DETERMINADOS PARÁMETROS

Fórmula para determinar población o muestra la misma que es utilizada en investigaciones de tipo factibles, por lo general se utiliza la presente formula:

Si conocemos la población
$$n = \frac{p*q*N}{\frac{(N-1)*E^2}{K^2} + p*q}$$

Dónde:

n= Tamaño de la muestra a obtener (resultado)

N= Población estimada

pq= Varianza de la población de América Latina

E= Margen de Error a considerarse 5%

Mientras mayor se use la muestra es menor.

K= Constante de corrección del Error: Para poblaciones medias

Especificar los tamaños de la muestra necesarios en una encuesta muestral es una tarea de gran importancia, por ser la instancia de compatibilización de los objetivos de la encuesta (y los beneficiarios) con los recursos disponibles para la implementación de la encuesta. Una decisión importante en cualquier planeamiento es la definición del tamaño de la muestra que se seleccionará.

Entonces con los conceptos anteriores definimos que para tomar la decisión del muestreo hay dos caminos posible; primero es fijar el presupuesto de la encuesta, y partiendo de allí, determinar el mayor tamaño de muestra posible según los recursos disponibles. El segundo, es especificar uno o más blancos de inferencia y el margen de error aceptable en la estimación de estas cantidades y, con estos parámetros y algún conocimiento sobre la estructura de variación de las variables de interés en la población, determinar el tamaño mínimo de la muestra que

satisfaga los requisitos de precisión establecidos.

El recurso esencial cuando se pretende seguir esta segunda ruta para definir los tamaños de la muestra, es disponer de información sobre la estructura de variación de las variables de interés en la población. Los cuales pueden venir de censos, pero en la mayoría de las veces se tienen que obtener también a partir de encuestas muestrales anteriormente realizadas. Lo lamentable es que no existe mucha información de encuestas y censos, mucho menos en parroquias y recintos alejados de las principales ciudades del país.

3.3.6. MUESTRA DEL ESTUDIO

Para esta población se obtuvo la muestra bajo el siguiente procedimiento:

DATOS	VALOR
p	0,5
q	0,5
E	0,05
N	300
K	0,5

RESOLUCION:

$$n = \frac{p*q*N}{(N-1)*\frac{E^2}{K^2} + p*q}$$

$$n = \frac{(0,5*0,5)*300}{(300-1)*\frac{0,05^2}{0,5^2} + (0,5*0,5)}$$

n = 23 encuestas

3.3.7. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

En este estudio se utilizaron las técnicas de recolección de datos la cual conlleva distintas formas o maneras de obtener la información. Para esto en el sitio del estudio comenzamos con la observación directa permitiendo realizar el levantamiento de los datos preliminares del sitio, Entablamos conversación tipo entrevista a ciertos moradores en la cual nos expusieron los diferentes requerimientos que tienen en el sector, Se elaboraron una cantidad de encuestas según la muestra obtenida las mismas que permiten el análisis de aspectos necesarios para el sector en los que podemos determinar no solo el problema de inundaciones sino también para tener conocimiento de otros aspectos sociales. Se obtuvo información necesaria por medios tecnológicos en donde interviene (páginas web, documentales, libros, folletos, análisis de contenido).

Los instrumentos utilizados dentro de este proceso de recolección y almacenamiento de información fueron entre algunos las fichas, formatos de cuestionario, quías de entrevista, grabadora SONY, filmadora SONY, cámara fotográfica SONY, escala de actitudes u opinión (tipo Likert), GPS MOBILEMAPPER 10, Estación Total BERGER, Nivel Automático STANLEY, computador de escritorio INTEL CORE I3, Laptop HP DV2000, Tablet GALAXY TAB 2.

3.4. PRESENTACION Y SELECCION DE ALTERNATIVAS

Se presenta las siguientes alternativas para el estudio:

3.4.1. DESAZOLVE DE RIOS Y ESTEROS

Este trabajo se lo realiza para garantizar el buen drenaje de las aguas del Estero hacia su desembocadura, así como la protección de los cultivos de la zona y la protección de los animales domésticos.

Para la limpieza del canal se puede utilizar una excavadora de oruga o una excavadora neumática.

3.4.2. MURO DE CONTENCIÓN

3.4.2.1. MURO DE GAVIONES

En ingeniería, los gaviones son contenedores de piedras retenidas de malla de alambre. Se colocan a pie de obra desarmados y, una vez en su sitio, se rellenan con piedras del lugar.

Como las operaciones de armado y relleno de piedras no requieren ninguna pericia, utilizando gaviones se pueden ejecutar obras que de otro modo requerirían mucho más tiempo y operarios especializados.

Se fabrican con mallas (de triple torsión y escuadradas tipos 8x10 cm) de alambre de acero (con bajo contenido de carbono) de 2,7 mm, al que se le da tres capas de galvanizado, con 270 gramos de zinc. Las aristas de los gaviones se refuerzan también con alambre de 3,4mm También se utiliza alambre para el amarre de las piezas de 2,2mm.

Los gaviones pueden tener diferentes aspectos, es muy frecuente encontrarlos con forma de cajas, que pueden tener largos de 1,5, 2, 3 y 4 metros, un ancho de 1 metro y una altura de 0,5 ó 1,0 metros.

Usos:

- Muros de contención: los muros de gaviones están diseñados para mantener una diferencia en los niveles de suelo en sus dos lados constituyendo un grupo importante de elementos de soporte y protección cuando se localiza en lechos de ríos.
- Conservación de suelos: la erosión hídrica acelerada es considerada sumamente perjudicial para los suelos, pues debido a este fenómeno, grandes superficies de suelos fértiles se pierden; ya que el material sólido que se desprende en las partes media y alta de la cuenca provoca el azolvamiento de

la infraestructura hidráulica, eléctrica, agrícola y de comunicaciones que existe en la parte baja.

- Control de ríos: en ríos, el gavión acelera el estado de equilibrio del cauce. Evita erosiones, transporte de materiales y derrumbamientos de márgenes, además el gavión controla crecientes protegiendo valles y poblaciones contra inundaciones.
- Decorativos: Recientemente se han utilizado como un nuevo recurso. Ejemplo: en Puerto Madero, Buenos Aires.

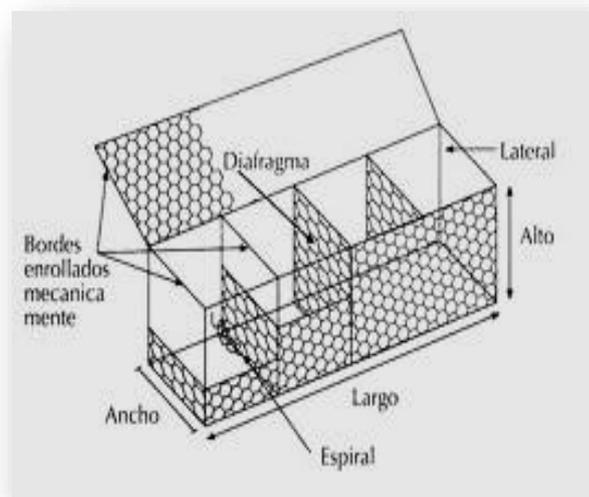


Figura 41: Muro de gaviones

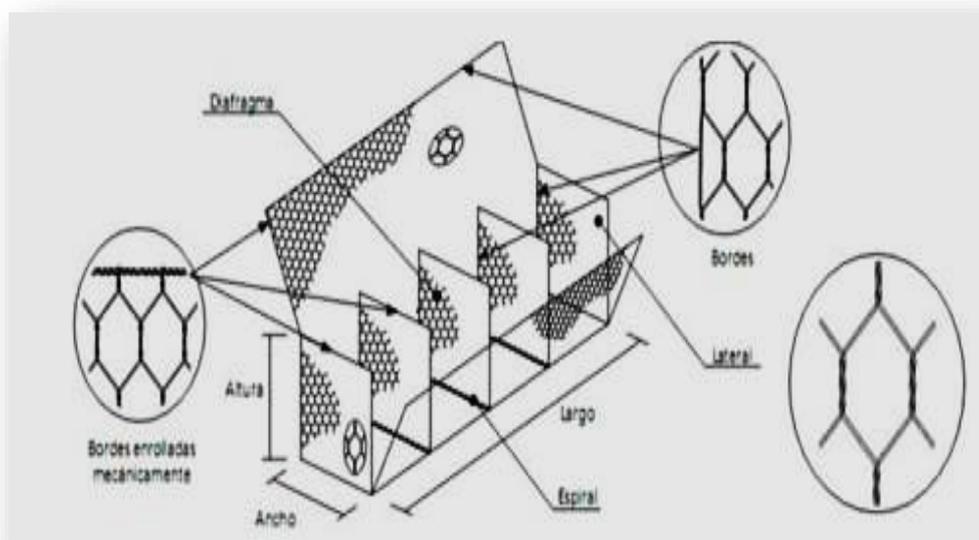


Figura 42: Muro de gaviones



Figura 43: Muro de gaviones

<http://es.wikipedia.org/wiki/Gaviones>

3.4.2.2. MAMPOSTERIA

Se llama mampostería al sistema tradicional de construcción que consiste en erigir muros y parámetros, para diversos fines, mediante la colocación manual de los elementos o los materiales que los componen (denominados mampuestos) que pueden ser,

Por ejemplo:

- Ladrillos
- Bloques de cemento prefabricados
- piedras, talladas en formas regulares o no

Este sistema permite una reducción en los desperdicios de los materiales empleados y genera fachadas portantes; es apta para construcciones en alturas grandes. La mayor parte de la construcción es estructural.

A la disposición y trabazón dadas a los materiales empleados en los muros se llama aparejo.

En la actualidad, para unir las piezas se utiliza generalmente una argamasa o

mortero de cemento y arena con la adición de una cantidad conveniente de agua.

Antiguamente se utilizaba también el barro, al cual se le añadían otros elementos naturales como paja, y en algunas zonas rurales excrementos de vaca y caballo.

En algunos casos es conveniente construir el muro sin utilizar mortero, denominándose a los muros así resultantes "muros secos" o "de cuerda seca".

Este tipo de trabajo de los muros es típico de las construcciones rurales tradicionales, por ejemplo, en la Alpujarra granadina en la región de Andalucía en España.

Cuando el elemento que conforma el muro es un sillar, a la fábrica resultante se le denomina **sillería a hueso**, en la que los sillares se colocan en seco sin material que se interponga entre ellos.

Cuando el elemento que conforma el muro es un mampuesto, a la fábrica se le denomina **Mampostería en seco**, en la que se colocan los mampuestos sin mortero que los una, y a lo sumo se acuñan con ripios.

3.4.2.2.1. TIPOS DE MAMPOSTERIA

Se pueden distinguir los siguientes tipos de mampostería:



Imagen 44: Muro de mampostería

3.4.2.2.1.1. MAMPOSTERIA EN SECO

En este tipo de mampostería no se emplea ningún mortero. Hay que escoger los

mampuestos uno a uno para que el conjunto tenga estabilidad. Se emplean piedras pequeñas, llamados ripios, para acuñar los mampuestos y rellenar los huecos entre éstos.

3.4.2.2.1.2. MAMPOSTERIA ORDINARIA

Se ejecuta con un mortero de cal o cemento. Las piedras deben adaptarse unas a otras lo más posible para dejar el menor porcentaje de huecos relleno de mortero. Únicamente se admitirá que aparezca el ripio al exterior si la fábrica va a ser posteriormente revocada.

3.4.2.2.1.3. MAMPOSTERIA CAREADA

Es la fábrica de mampostería cuyos mampuestos se han labrado únicamente en la cara destinada a formar el paramento exterior. Los mampuestos no tienen formas ni dimensiones determinadas. En el interior de los muros pueden emplearse ripios pero no en el paramento visto.

3.4.2.2.1.4. MAMPOSTERIA CONCERTADA

Fábrica de mampostería cuyos mampuestos tienen sus caras de junta y de parámetro labradas en formas poligonales, más o menos regulares, para que el asiento de los mampuestos se realice sobre caras sensiblemente planas.

No se admite el empleo de ripios y los mampuestos del paramento exterior deben prepararse de modo que las caras visibles tengan forma poligonal y rellenan el hueco que dejan los mampuestos contiguos. Debe evitarse la concurrencia de cuatro aristas de mampuestos en un mismo vértice.

Cuando la fábrica sea de un espesor mayor que el de los mampuestos, se procederá a asentar primero los mampuestos de los paramentos vistos, colocándose después los principales mampuestos del relleno, acuñados con ripios si fuera necesario. De trecho en trecho se unirán los dos paramentos con llaves o perpiaños tan largos como sea preciso para dar trabazón al conjunto. Si el espesor fuera tan grande que no se pudiese abarcar con una sola llave se colocan dos o más, alternadas, que alcancen más de la mitad de espesor y, si fuera preciso, se

engatillarían por sus colas con abrazaderas metálicas.

Si en una mampostería concertada se forman hiladas horizontales, las líneas de juntas verticales deben ser alternadas y nunca mediará entre la junta de dos hiladas contiguas menos de 20 centímetros.

<https://es.wikipedia.org/wiki/Mampostería>

3.4.2.3. ENROCADO

La **protección del talud** es un procedimiento que se realiza para proteger los taludes de obras de ingeniería, o taludes naturales, contra los daños causados por el escurrimiento del agua o el avatar de las ondas de un lago, río, o mar contra sus márgenes.

La protección de los taludes se realiza de varias formas:

- Mediante la plantación de especies vegetales apropiadas a crecer en el agua, como por ejemplo la totora;
- Recubriendo las márgenes, en la franja donde oscila el agua de un enrocado, (rocas sueltas acomodadas en forma más o menos irregular en el talud a ser protegido, sistema denominado generalmente como **enrocado**. Este método es muy usado en los taludes aguas arriba de las presas hidráulicas;
- Recubriendo el talud con una placa de concreto o con un revestimiento en piedra.

3.4.2.3.1. MATERIALES

El enrocado deberá estar conformado por rocas sanas, duras, sólidas, durables, con un peso específico, no menor de 2.6 T/m^3 . No se debe usar rocas meteorizadas. El material será razonablemente bien gradado, y se procurará que cada carga de material que se coloque contenga una mezcla homogénea de roca en todo el rango de tamaños.

El enrocado contendrá aproximadamente un 40% de rocas de tamaño igual al

espesor teórico de la capa, un 40% de bloques de tamaño igual al 60% del espesor de la capa, un 15% de bloques menores del 60% del espesor de la capa y un 5% máximo, de arena y polvo de roca.

La roca debe obtenerse de canteras apropiadas, en las cuales se han efectuado los ensayos de durabilidad, entre otros.

3.4.2.3.2. METODO DE CONSTRUCCION

Se organiza el método de trabajo de tal forma que se evite la segregación de la roca en el proceso de manejo de material, llevando a cabo el cargo selectivo de las volquetas, si es necesario.

Los taludes sobre los cuales vayan a colocarse enrocados se perfilaran, terminando en las líneas teóricas que se señalan en los planos, con una tolerancia máxima de 10 cm. Sobre los taludes perfilados se colocará el geotextil no tejido, cuando sea necesario y sobre este, se dispondrá de una cama de apoyo para las rocas, de material fino sin cantos vivos y de un espesor no superior a los 10 cm. La colocación del geotextil permite evitar la filtración de los finos del terreno que podrían dañar la integridad estructural del talud.

Al colocar los enrocado, éstos quedarán del espesor final especificado, en una o dos operaciones. El enrocado colocado quedará bien gradado, con un mínimo porcentaje de vacíos y sin zonas con acumulación de piedras de tamaños pequeños o grandes. Para colocar las rocas no se deben utilizar canoas u otros métodos que puedan ocasionar segregación del material, y se recurrirá a trabajo manual, cuando sea necesario.



Imagen 45: Muro de enrocado



Imagen 46: Muro de enrocado

http://es.wikipedia.org/wiki/Protección_del_talud

3.4.3. SELECCION DE ALTERNATIVA

Conociendo los aspectos sociales, los aspectos de diseño y su trabajo a corto y largo plazo de cada una de las propuestas antes mencionadas se opta por escoger el Desazolve de Ríos y Esteros para mejorar su sección hidráulica y para protección del margen la tercera opción que es un Muro de Enrocado.

3.5. PLANIMETRIA - ALTIEMETRIA - INC SECCIONES TRANSVERSALES

3.5.1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO

UBICACION

Cantón:	Balao
Recinto:	Cien Familias
Estero:	Cañas
Longitud del Proyecto:	260 mt

COORDENADAS

Tabla 10: Coordenadas

COORDENADAS		
	ESTE	NORTE
INICIO	644054,4500	9686925,3400
FIN	643846,9538	9686834,0537
C1	658388,9378	9679014,4487

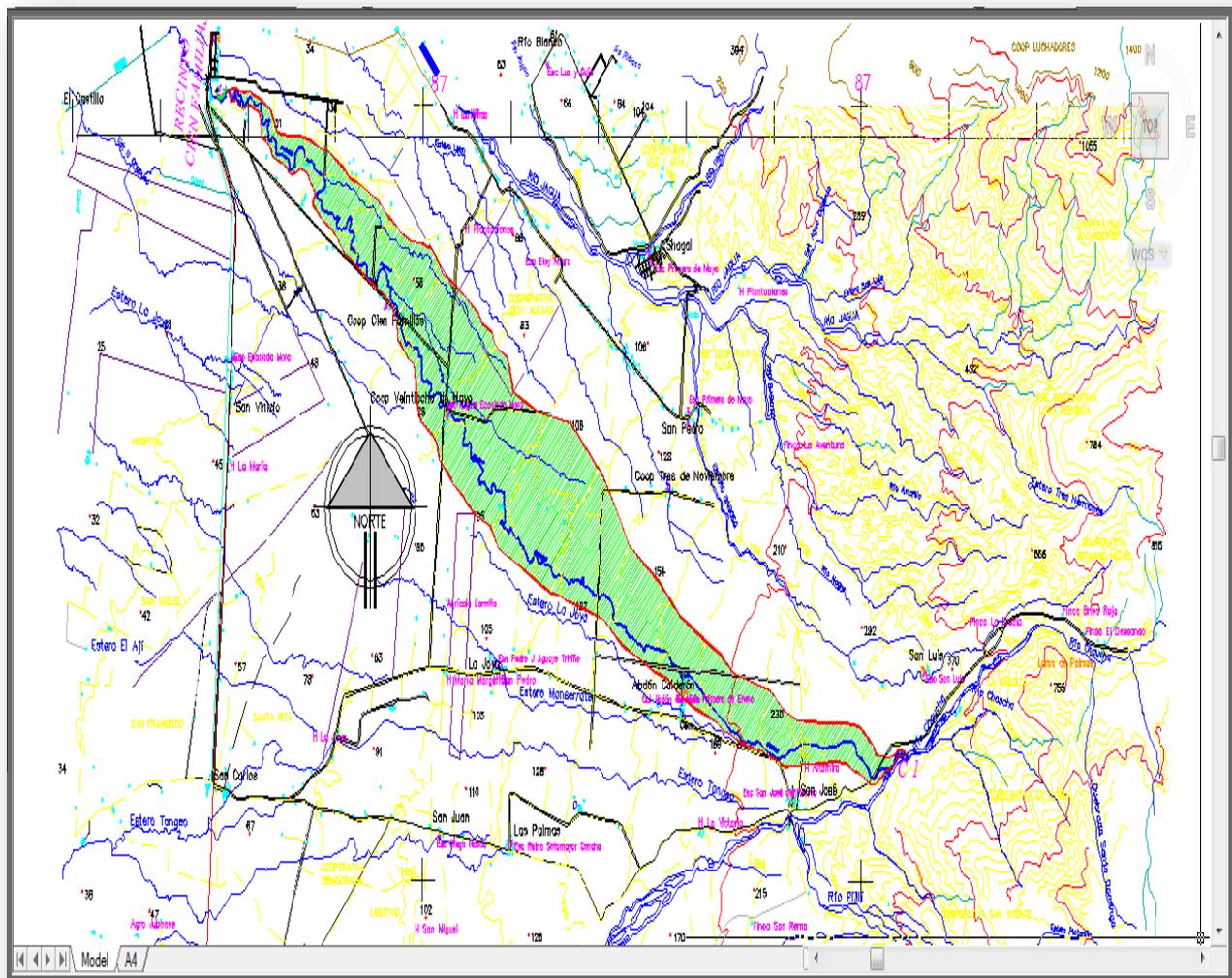


Figura 47: Cuenca del Estero Cañas vista en planta

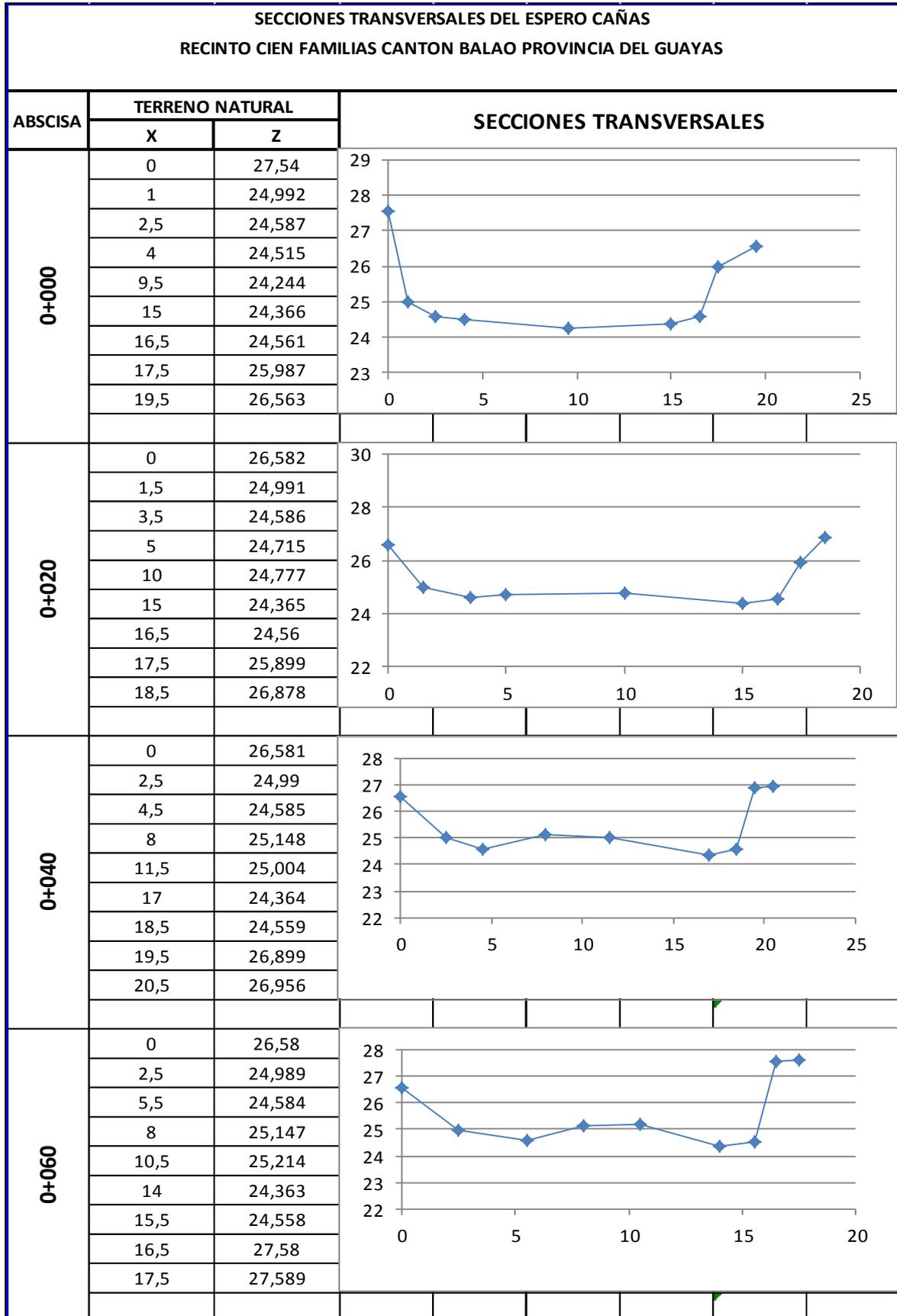
3.5.2. LIBRETA DE NIVELACION

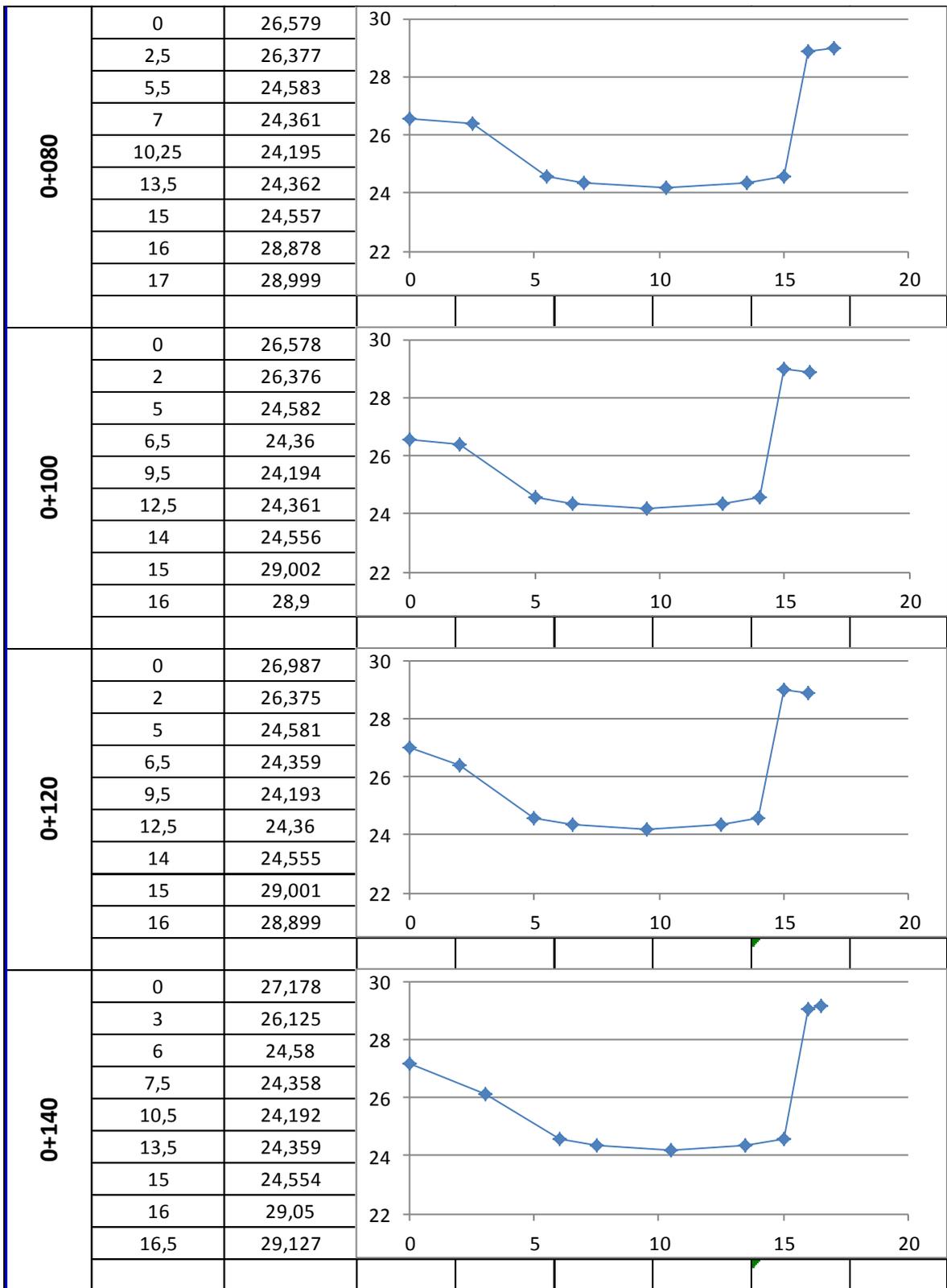
LIBRETA DE NIVELACION INICIAL DEL ESTERO CAÑAS							
RECINTO CIEN FAMILIAS CANTON BALAO PROVINCIA DEL GUAYAS							
ABSCISA	DISTANCIA	VISTA			H + I	COTA	OBSERV.
		ATRÁS	INTERMEDIO	ADELANTE			
BM		4,876			29,876	25,000	
0+000	0		2,336			27,540	
	1		4,884			24,992	
	2,5		5,289			24,587	
	4		5,361			24,515	
	9,5		5,632			24,244	
	15		5,510			24,366	
	16,5		5,315			24,561	
	17,5		3,889			25,987	
	19,5		3,313			26,563	
0+020	0		3,294			26,582	
	1,5		4,885			24,991	
	3,5		5,290			24,586	
	5		5,161			24,715	
	10		5,099			24,777	
	15		5,511			24,365	
	16,5		5,316			24,560	
	17,5		3,977			25,899	
	18,5		2,998			26,878	
0+040	0		3,295			26,581	
	2,5		4,886			24,990	
	4,5		5,291			24,585	
	8		4,728			25,148	
	11,5		4,872			25,004	
	17		5,512			24,364	
	18,5		5,317			24,559	
	19,5		2,977			26,899	
	20,5		2,920			26,956	
0+060	0		3,296			26,580	
	2,5		4,887			24,989	
	5,5		5,292			24,584	
	8		4,729			25,147	
	10,5		4,662			25,214	
	14		5,513			24,363	
	15,5		5,318			24,558	
	16,5		2,296			27,580	
	17,5		2,287			27,589	

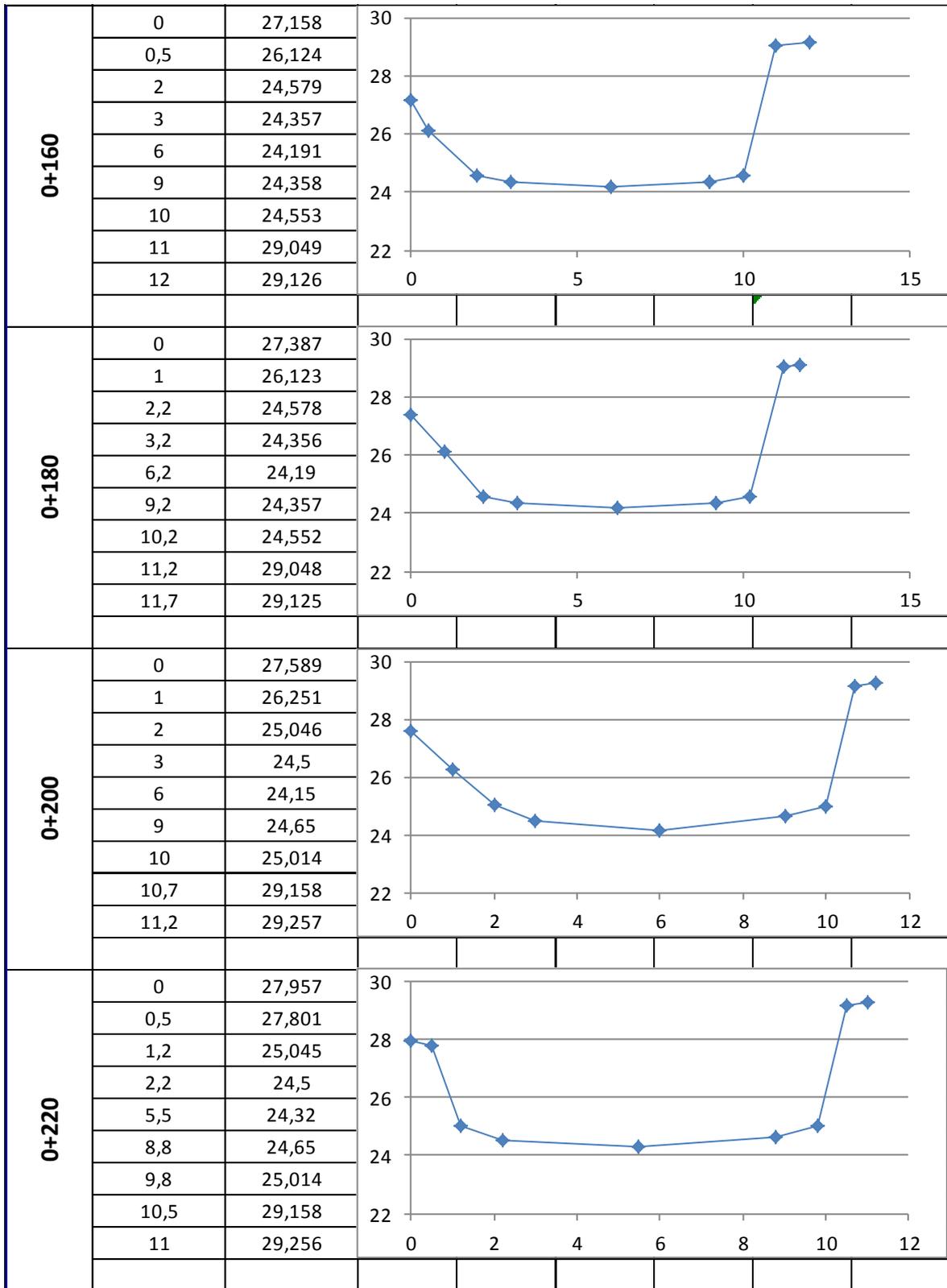
0+080	0		3,297		26,579
	2,5		3,499		26,377
	5,5		5,293		24,583
	7		5,515		24,361
	10,25		5,681		24,195
	13,5		5,514		24,362
	15		5,319		24,557
	16		0,998		28,878
	17		0,877		28,999
0+100	0		3,298		26,578
	2		3,500		26,376
	5		5,294		24,582
	6,5		5,516		24,360
	9,5		5,682		24,194
	12,5		5,515		24,361
	14		5,320		24,556
	15		0,874		29,002
	16		0,976		28,900
0+120	0		2,889		26,987
	2		3,501		26,375
	5		5,295		24,581
	6,5		5,517		24,359
	9,5		5,683		24,193
	12,5		5,516		24,360
	14		5,321		24,555
	15		0,875		29,001
	16		0,977		28,899
0+140	0		2,698		27,178
	3		3,751		26,125
	6		5,296		24,580
	7,5		5,518		24,358
	10,5		5,684		24,192
	13,5		5,517		24,359
	15		5,322		24,554
	16		0,826		29,050
	16,5		0,749		29,127
0+160	0		2,718		27,158
	0,5		3,752		26,124
	2		5,297		24,579
	3		5,519		24,357
	6		5,685		24,191
	9		5,518		24,358
	10		5,323		24,553
	11		0,827		29,049
	12		0,750		29,126

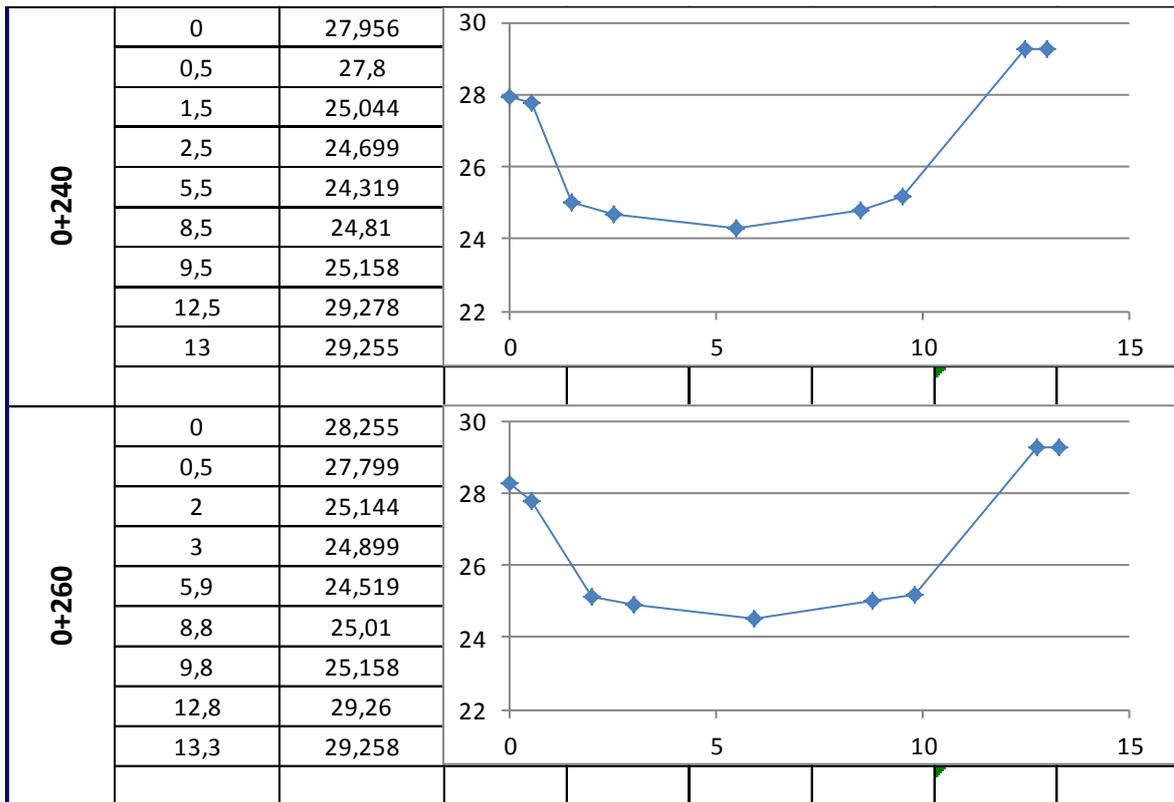
0+180	0		2,489			27,387	
	1		3,753			26,123	
	2,2		5,298			24,578	
	3,2		5,520			24,356	
	6,2		5,686			24,190	
	9,2		5,519			24,357	
	10,2		5,324			24,552	
	11,2		0,828			29,048	
	11,7		0,751			29,125	
0+200	0		2,287			27,589	
	1		3,625			26,251	
	2		4,830			25,046	
	3		5,376			24,500	
	6		5,726			24,150	
	9		5,226			24,650	
	10		4,862			25,014	
	10,7		0,718			29,158	
	11,2		0,619			29,257	
0+220	0		1,919			27,957	
	0,5		2,075			27,801	
	1,2		4,831			25,045	
	2,2		5,376			24,500	
	5,5		5,556			24,320	
	8,8		5,226			24,650	
	9,8		4,862			25,014	
	10,5		0,718			29,158	
	11		0,620			29,256	
0+240	0		1,920			27,956	
	0,5		2,076			27,800	
	1,5		4,832			25,044	
	2,5		5,177			24,699	
	5,5		5,557			24,319	
	8,5		5,066			24,810	
	9,5		4,718			25,158	
	12,5		0,598			29,278	
	13		0,621			29,255	
0+260	0		1,621			28,255	
	0,5		2,077			27,799	
	2		4,732			25,144	
	3		4,977			24,899	
	5,9		5,357			24,519	
	8,8		4,866			25,010	
	9,8		4,718			25,158	
	12,8		0,616			29,260	
	13,3		0,618			29,258	

3.5.3. SECCIONES TRANSVERSALES









3.5.4. DATOS PLANIMETRICOS DEL PROYECTO

PLANIMETRIA		
PROYECTO DEL ESTERO CAÑAS		
PUNTOS	ESTE	NORTE
1	644171.83	9686804.58
2	644197.94	9686841.13
3	644223.22	9686867.56
4	644231.14	9686869.85

5	644237.93	9686867.46
6	644240.37	9686858.91
7	644236.81	9686836.68
8	644237.62	9686824.47
9	644245.50	9686815.48
10	644259.84	9686807.66
11	644284.97	9686798.93
12	644296.76	9686791.45
13	644312.03	9686758.44
14	644317.55	9686754.17
15	644327.55	9686758.03
16	644335.60	9686766.74
17	644339.55	9686787.46
18	644344.99	9686795.56
19	644355.98	9686800.48
20	644368.41	9686798.99
21	644378.58	9686791.95
22	644383.24	9686785.10

23	644386.38	9686768.58
24	644381.57	9686744.35
25	644382.30	9686736.59
26	644391.05	9686734.14
27	644403.79	9686736.14
28	644458.88	9686757.96
29	644470.48	9686771.40
30	644475.11	9686792.82
31	644489.85	9686815.47
32	644513.68	9686824.19
33	644542.93	9686842.61
34	644560.43	9686839.09
35	644580.96	9686805.49
36	644648.72	9686733.92
37	644658.93	9686732.66
38	644675.38	9686734.62
39	644690.05	9686738.43
40	644735.69	9686761.12

3.6. DISEÑO HIDROLOGICO E HIDRAULICO

INTENSIDAD DE PRECIPITACION

ZONIFICACION DE INTENSIDADES DE PRECIPITACION

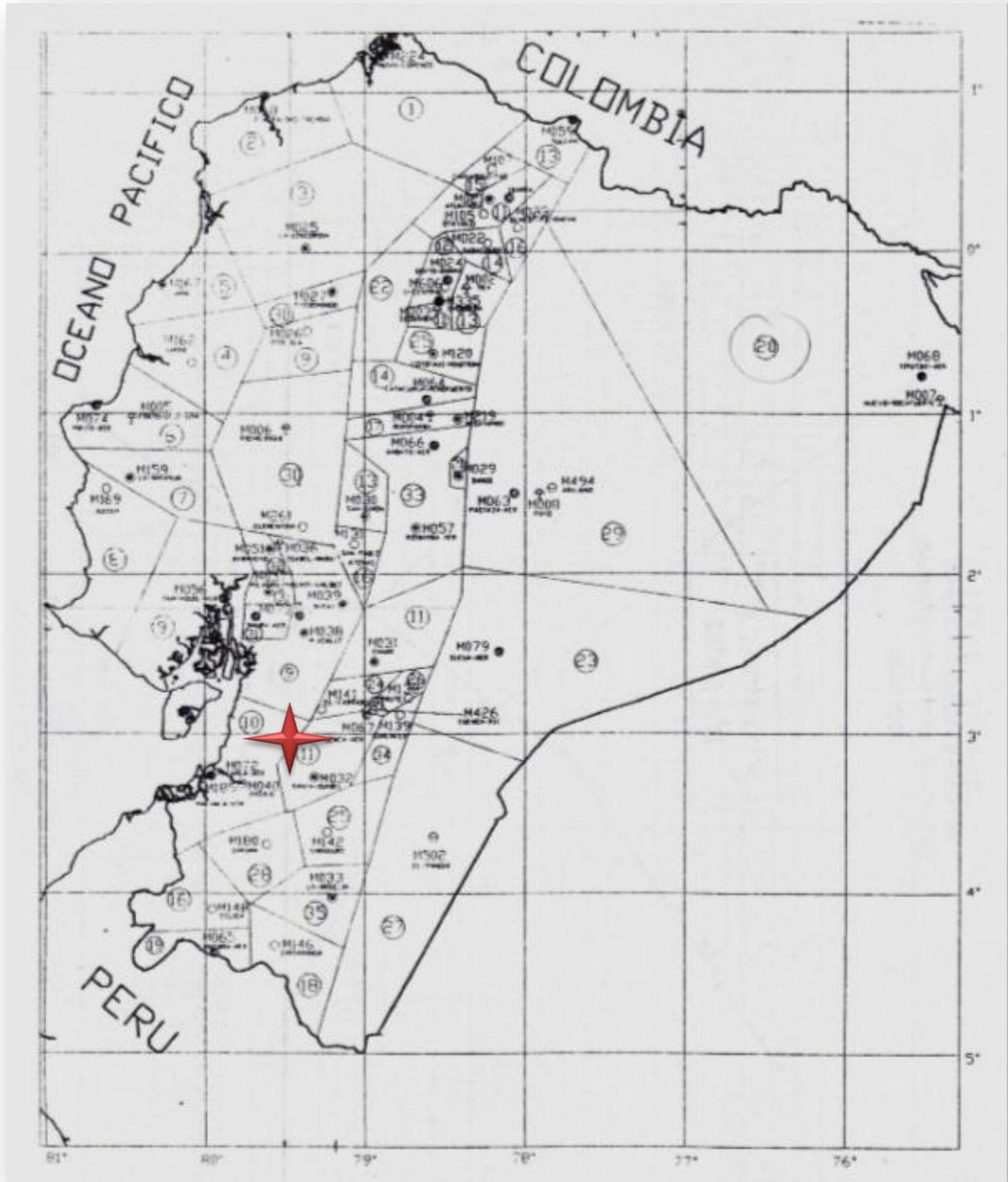


Figura 48: Zonificación de intensidades de precipitación

EL AREA DEL PROYECTO SE UBICA EN:

ZONA 10

Tabla 11: Ecuaciones representativas de las zonas (entre zona 1 y zona 18)

ZONA	DURACION	ECUACION
1	5 min < 130 min	$I_{TR} = 47.926 t^{\wedge} - 0.3387 Id_{TR}$
	130 min < 1440 min	$I_{TR} = 787.57 t^{\wedge} - 0.9154 Id_{TR}$
2	5 min < 30 min	$I_{TR} = 19.305 t^{\wedge} - 0.1332 Id_{TR}$
	30 min < 1440 min	$I_{TR} = 115.4 t^{\wedge} - 0.6546 Id_{TR}$
3	5 min < 90 min	$I_{TR} = 53.369 t^{\wedge} - 0.3278 Id_{TR}$
	90 min < 1440 min	$I_{TR} = 639.52 t^{\wedge} - 0.8838 Id_{TR}$
4	5 min < 20 min	$I_{TR} = 56.507 t^{\wedge} - 0.2694 Id_{TR}$
	20 min < 1440 min	$I_{TR} = 247.71 t^{\wedge} - 0.7621 Id_{TR}$
5	5 min < 40 min	$I_{TR} = 54.719 t^{\wedge} - 0.3875 Id_{TR}$
	40 min < 1440 min	$I_{TR} = 197.81 t^{\wedge} - 0.7378 Id_{TR}$
6	5 min < 120 min	$I_{TR} = 57.598 t^{\wedge} - 0.4267 Id_{TR}$
	120 min < 1440 min	$I_{TR} = 344.08 t^{\wedge} - 0.7982 Id_{TR}$
7	5 min < 60 min	$I_{TR} = 97.055 t^{\wedge} - 0.403 Id_{TR}$
	60 min < 1440 min	$I_{TR} = 869.87 t^{\wedge} - 0.9346 Id_{TR}$
8	5 min < 30 min	$I_{TR} = 80.068 t^{\wedge} - 0.3683 Id_{TR}$
	30 min < 1440 min	$I_{TR} = 351.73 t^{\wedge} - 0.7977 Id_{TR}$
9	5 min < 116 min	$I_{TR} = 40.035 t^{\wedge} - 0.341 Id_{TR}$
	116 min < 1440 min	$I_{TR} = 355.49 t^{\wedge} - 0.8043 Id_{TR}$
10	5 min < 88 min	$I_{TR} = 40.414 t^{\wedge} - 0.3124 Id_{TR}$
	88 min < 1440 min	$I_{TR} = 356.17 t^{\wedge} - 0.8009 Id_{TR}$
11	5 min < 60 min	$I_{TR} = 137.27 t^{\wedge} - 0.5153 Id_{TR}$
	60 min < 1440 min	$I_{TR} = 578.56 t^{\wedge} - 0.8736 Id_{TR}$
12	5 min < 50 min	$I_{TR} = 138.01 t^{\wedge} - 0.4882 Id_{TR}$
	50 min < 1440 min	$I_{TR} = 674.13 t^{\wedge} - 0.8935 Id_{TR}$
13	5 min < 36 min	$I_{TR} = 76.96 t^{\wedge} - 0.2953 Id_{TR}$
	36 min < 1440 min	$I_{TR} = 642.11 t^{\wedge} - 0.8898 Id_{TR}$
14	5 min < 40 min	$I_{TR} = 133.83 t^{\wedge} - 0.4283 Id_{TR}$
	40 min < 1440 min	$I_{TR} = 800.89 t^{\wedge} - 0.9189 Id_{TR}$
15	5 min < 230 min	$I_{TR} = 110.85 t^{\wedge} - 0.4943 Id_{TR}$
	230 min < 1440 min	$I_{TR} = 3197.1 t^{\wedge} - 1.1077 Id_{TR}$
16	5 min < 25 min	$I_{TR} = 76.946 t^{\wedge} - 0.4583 Id_{TR}$
	25 min < 1440 min	$I_{TR} = 174.47 t^{\wedge} - 0.7143 Id_{TR}$
17	5 min < 40 min	$I_{TR} = 201.28 t^{\wedge} - 0.4573 Id_{TR}$
	40 min < 1440 min	$I_{TR} = 1415.8 t^{\wedge} - 0.9947 Id_{TR}$
18	5 min < 50 min	$I_{TR} = 69.036 t^{\wedge} - 0.335 Id_{TR}$
	50 min < 1440 min	$I_{TR} = 510.71 t^{\wedge} - 0.849 Id_{TR}$

Tabla 12: Ecuaciones representativas de las zonas (entre zona 19 y zona 35)

ZONA	DURACION	ECUACION
19	5 min < 115 min	$I_{TR} = 115.98 t^{-0.4844} Id_{TR}$
	115 min < 1440 min	$I_{TR} = 1223.8 t^{-0.9751} Id_{TR}$
20	5 min < 40 min	$I_{TR} = 53.316 t^{-0.3021} Id_{TR}$
	40 min < 1440 min	$I_{TR} = 308.38 t^{-0.7782} Id_{TR}$
21	5 min < 23 min	$I_{TR} = 28.784 t^{-0.4507} Id_{TR}$
	23 min < 1440 min	$I_{TR} = 30.993 t^{-0.472} Id_{TR}$
22	5 min < 67 min	$I_{TR} = 48.772 t^{-0.3533} Id_{TR}$
	67 min < 1440 min	$I_{TR} = 266.64 t^{-0.7687} Id_{TR}$
23	5 min < 23 min	$I_{TR} = 54.246 t^{-0.4596} Id_{TR}$
	23 min < 1440 min	$I_{TR} = 89.858 t^{-0.6234} Id_{TR}$
24	5 min < 41 min	$I_{TR} = 177.26 t^{-0.5938} Id_{TR}$
	41 min < 1440 min	$I_{TR} = 446.46 t^{-0.843} Id_{TR}$
25	5 min < 60 min	$I_{TR} = 97.389 t^{-0.6117} Id_{TR}$
	60 min < 1440 min	$I_{TR} = 125.73 t^{-0.6643} Id_{TR}$
26	5 min < 120 min	$I_{TR} = 163.15 t^{-0.5018} Id_{TR}$
	120 min < 1440 min	$I_{TR} = 2477.3 t^{-1.077} Id_{TR}$
27	5 min < 46 min	$I_{TR} = 76.133 t^{-0.3477} Id_{TR}$
	46 min < 1440 min	$I_{TR} = 539 t^{-0.8634} Id_{TR}$
28	5 min < 81 min	$I_{TR} = 82.756 t^{-0.4722} Id_{TR}$
	81 min < 1440 min	$I_{TR} = 357.27 t^{-0.8077} Id_{TR}$
29	5 min < 120 min	$I_{TR} = 75.204 t^{-0.4828} Id_{TR}$
	120 min < 1440 min	$I_{TR} = 371.89 t^{-0.8152} Id_{TR}$
30	5 min < 79 min	$I_{TR} = 42.089 t^{-0.2952} Id_{TR}$
	79 min < 1440 min	$I_{TR} = 432.57 t^{-0.8304} Id_{TR}$
31	5 min < 49 min	$I_{TR} = 42.22 t^{-0.1828} Id_{TR}$
	49 min < 1440 min	$I_{TR} = 643.99 t^{-0.8852} Id_{TR}$
32	5 min < 155 min	$I_{TR} = 87.677 t^{-0.4796} Id_{TR}$
	155 min < 1440 min	$I_{TR} = 850.65 t^{-0.9257} Id_{TR}$
33	5 min < 23 min	$I_{TR} = 170.39 t^{-0.5052} Id_{TR}$
	23 min < 1440 min	$I_{TR} = 515.76 t^{-0.8594} Id_{TR}$
34	5 min < 35 min	$I_{TR} = 147.98 t^{-0.4279} Id_{TR}$
	35 min < 1440 min	$I_{TR} = 882.9 t^{-0.9351} Id_{TR}$
35	5 min < 43 min	$I_{TR} = 92.854 t^{-0.4083} Id_{TR}$
	43 min < 1440 min	$I_{TR} = 480.47 t^{-0.8489} Id_{TR}$

3.6.1. ZONIFICACION DE INTENSIDADES DE PRECIPITACION

De lo anterior notamos que las ecuaciones que corresponden a nuestro proyecto son:

ZONA	DURACION	ECUACION
10	5 MIN < 88 MIN	$I_{TR} = 40.414 t^{-0.3124} Id_{TR}$
	88 MIN < 1440 MIN	$I_{TR} = 356.17 t^{-0.8009} Id_{TR}$

3.6.2. ISOLINEAS

ISOLINEAS DE INTENSIDAD DE PRECIPITACION

Tr=	25	AÑOS
-----	----	------

PROYECTO: MURO DE PROTECCION

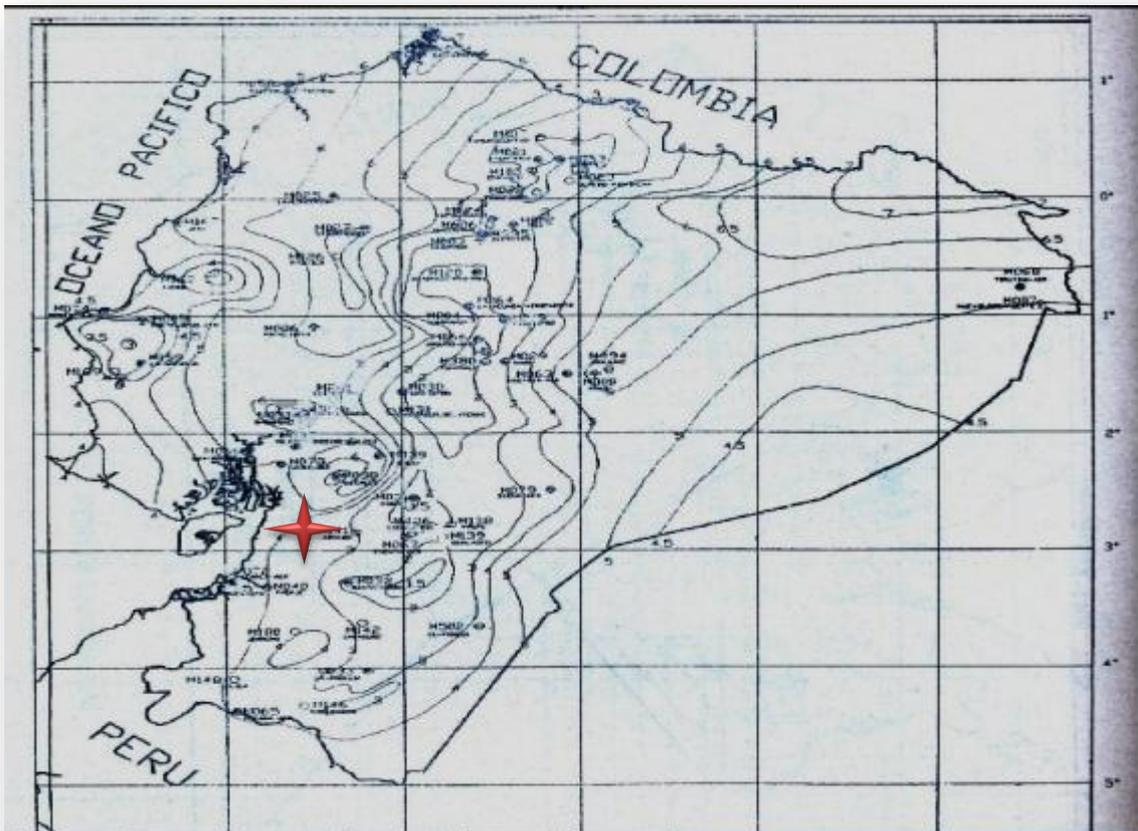


Figura 49: Mapa isocintas para tr=10 años

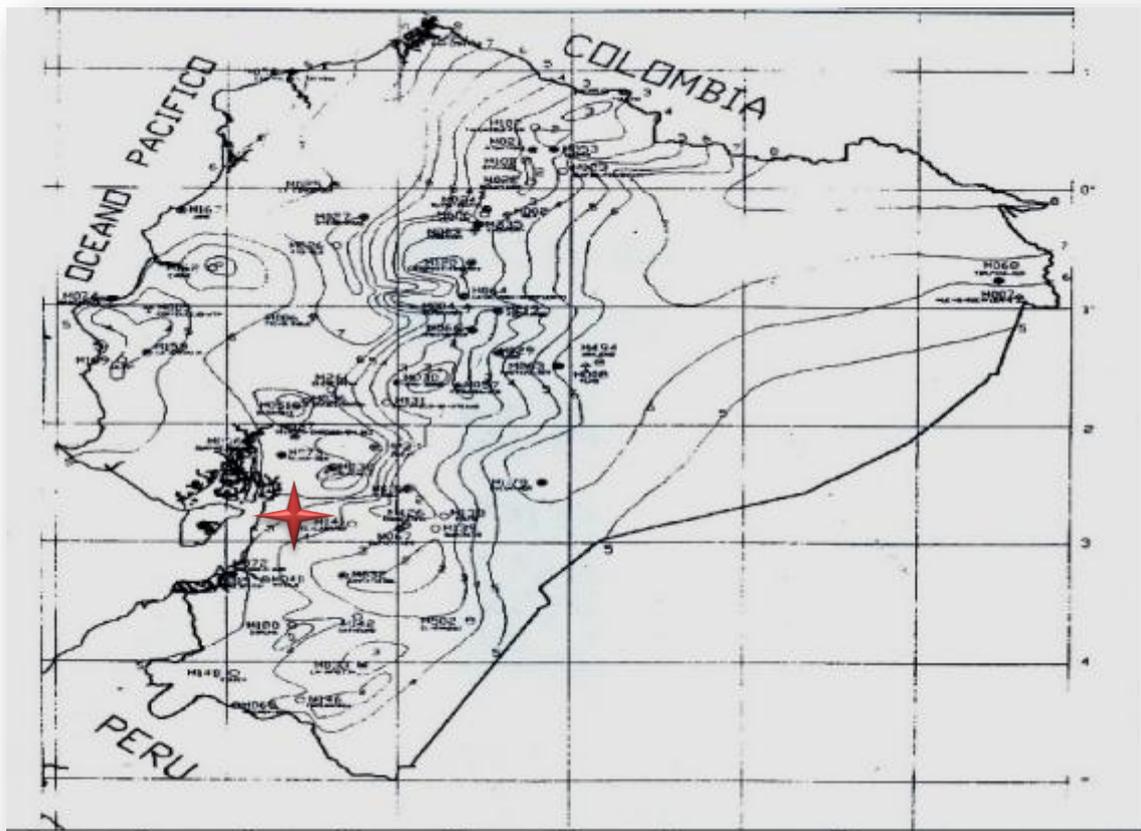


Figura 50: Mapa isolineas para tr= 25 años

Conforme al grafico obtenemos el siguiente Idtr:

IdTr	
10 AÑOS	25 AÑOS
3.90	4.90

IdTr= 4.90 [mm/h]

3.6.3. AREA DE LA CUENCA

A= 16298481.24 [m²]

A= 16.30 [km²]

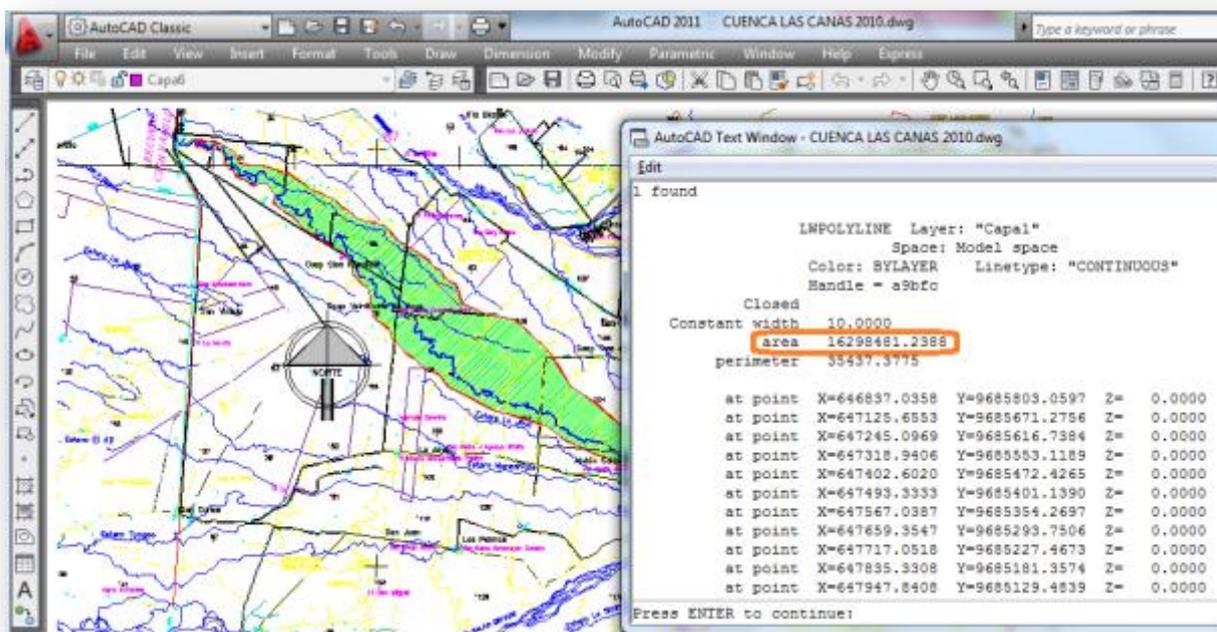


Figura 51: Área de la Cuenca

3.6.4. NUMERO DE CURVA

Tabla 13: CN en función del uso del suelo

CN en función del uso del suelo y del grupo hidrológico del suelo.

Uso del Suelo		Grupo Hidrológico del Suelo			
		A	B	C	D
Tierras cultivadas	con tratamiento de conservación	72	81	88	91
	sin tratamiento de conservación	62	71	78	81
Pastizales	Condición pobre	68	79	86	89
	Condición buena	39	61	74	80
Praderas		30	58	71	78
Bosques	Cubierta pobre	45	66	77	83
	Cubierta buena	25	55	70	77
Espacios abiertos: con césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.	Buena condición: cubierta de pastos sobre más del 75% del área	39	61	74	80
	Condición aceptable: cubierta de pastos sobre el 50 a 75% del área	49	69	79	84
Áreas comerciales y de tiendas (85% impermeable)		89	92	94	95
Zonas industriales (75% impermeable)		81	88	91	93
Zonas Residenciales	Tamaño medio de la parcela (m ²)				
		Promedio de % impermeable			
	500	65	77	85	90
	1000	38	61	75	83
	1350	30	57	72	81
Tejados, parkings, superficies impermeables en general	2000	25	54	70	80
	4000	20	51	68	79
			98	98	98
Calles y carreteras	Pavimentadas, con bordillos y bocas de tormenta	98	98	98	98
	De grava	76	85	89	91
	De tierra	72	82	87	89

CN= 71

3.6.5. PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL

LONGITUD=	23028.27	m
LONGITUD=	23.03	km
COTA INICIAL=	260.00	m
COTA FINAL=	24.24	m
DIFERENCIA DE ALTURA=	235.76	m

PENDIENTE=	0.010237677	[m/m]
-------------------	--------------------	--------------

3.6.6. TIEMPO DE CONCENTRACION

L =	23.03	km	Longitud del Canal
S =	0.010	m/m	Pendiente de la cuenca
H =	235.76	pies	Diferencia de nivel
i =	0.193	pulg/h	Intensidad de la lluvia
c =	0.06		Coefficiente de retardo
C =	0.44		Coefficiente de escorrentía

n =	0.025		Coefficiente de rugosidad de Manning
CN =	71		Número de curva SCS
V =	1.5	pies	Velocidad promedio

Kirpich (1940)		
$t_c =$	$0.0078*(L^{0.77})/(S^{0.385})$	

$t_c =$	0.50945785	[HORAS]
---------	------------	---------

$t_c =$	30.567471	[MIN]
---------	-----------	-------

California Culverts Practice (1942)		
$t_c =$	$60*(11.9L^3/H)^{0.385}$	

$t_c =$	4790.918796	[HORAS]
---------	-------------	---------

$t_c =$	287455.1277	[MIN]
---------	-------------	-------

Federal Aviation Administration (1970)		
$t_c =$	$(1.8(1.1-C)*L^{0.5})/(S^{0.333})$	

$t_c =$	26.21500935	[HORAS]
---------	-------------	---------

$t_c =$	1572.900561	[MIN]
---------	-------------	-------

Ecuación de Retardo SCS (1973)		
$t_c =$	$((100L^{0.8})/((1000/CN)-9)^{0.7})/(1900S^{0.5})$	

$t_c =$	19.96774058	[HORAS]
---------	-------------	---------

$t_c =$	1198.064435	[MIN]
---------	-------------	-------

3.6.7. HIETOGRAMA

DATOS	Área (A)=	16.30	km ²
	CN =	71	
	Longitud (L) =	23.03	km
	Pendiente (Sc) =	0.010237677	%
	D(Duración) =	0.50945785	h
		30.567471	min

DURACION	ECUACION
5 MIN < 88 MIN	$I_{TR} = 40.414 t^{-0.3124} Id_{Tr}$
88 MIN < 1440 MIN	$I_{TR} = 356.17 t^{-0.8009} Id_{Tr}$

Tabla 14: Calculo del Hietograma para un tr=10 años

METODO DE BLOQUES ALTERNOS DE VEN TE CHOW						
T= 10 AÑOS						
IdTr= 3.90 [mm/h]						
d (min)	i (mm/h)	hp (mm)	dhp (mm)	hietograma (mm)	hietograma acumulado (mm)	hietograma adimensional
30	54.468	27.234	27.234	0.412	0.412	0.00
60	43.863	43.863	16.629	0.426	0.838	0.01

90	37.807	56.710	12.847	0.442	1.280	0.01
120	30.027	60.053	3.343	0.459	1.740	0.02
150	25.113	62.781	2.728	0.478	2.217	0.02
180	21.701	65.102	2.321	0.498	2.715	0.03
210	19.180	67.131	2.029	0.520	3.235	0.03
240	17.235	68.940	1.809	0.545	3.780	0.04
270	15.683	70.576	1.636	0.572	4.353	0.04
300	14.414	72.072	1.496	0.603	4.956	0.05
330	13.355	73.453	1.381	0.638	5.594	0.06
360	12.456	74.736	1.284	0.678	6.272	0.06
390	11.683	75.937	1.201	0.724	6.996	0.07
420	11.009	77.065	1.129	0.777	7.774	0.08
450	10.418	78.131	1.066	0.841	8.614	0.09
480	9.893	79.142	1.010	0.917	9.531	0.10
510	9.424	80.103	0.961	1.010	10.542	0.11
540	9.002	81.020	0.917	1.129	11.670	0.12
570	8.621	81.897	0.877	1.284	12.954	0.13
600	8.274	82.737	0.841	1.496	14.450	0.15
630	7.957	83.545	0.808	1.809	16.259	0.17
660	7.666	84.322	0.777	2.321	18.580	0.19
690	7.398	85.072	0.750	3.343	21.923	0.22
720	7.150	85.796	0.724	16.629	38.552	0.39
750	6.920	86.496	0.700	27.234	65.786	0.67

780	6.706	87.174	0.678	12.847	78.633	0.80
810	6.506	87.831	0.658	2.728	81.361	0.83
840	6.319	88.470	0.638	2.029	83.390	0.85
870	6.144	89.090	0.620	1.636	85.026	0.86
900	5.980	89.693	0.603	1.381	86.406	0.88
930	5.825	90.281	0.587	1.201	87.607	0.89
960	5.678	90.853	0.572	1.066	88.673	0.90
990	5.540	91.412	0.558	0.961	89.634	0.91
1020	5.409	91.957	0.545	0.877	90.511	0.92
1050	5.285	92.489	0.532	0.808	91.318	0.93
1080	5.167	93.009	0.520	0.750	92.068	0.93
1110	5.055	93.518	0.509	0.700	92.768	0.94
1140	4.948	94.016	0.498	0.658	93.426	0.95
1170	4.846	94.503	0.487	0.620	94.046	0.95
1200	4.749	94.981	0.478	0.587	94.633	0.96
1230	4.656	95.449	0.468	0.558	95.192	0.97
1260	4.567	95.908	0.459	0.532	95.724	0.97
1290	4.482	96.358	0.450	0.509	96.233	0.98
1320	4.400	96.800	0.442	0.487	96.720	0.98
1350	4.322	97.234	0.434	0.468	97.188	0.99
1380	4.246	97.661	0.426	0.450	97.639	0.99
1410	4.174	98.080	0.419	0.434	98.073	1.00
1440	4.104	98.492	0.412	0.419	98.492	1.00

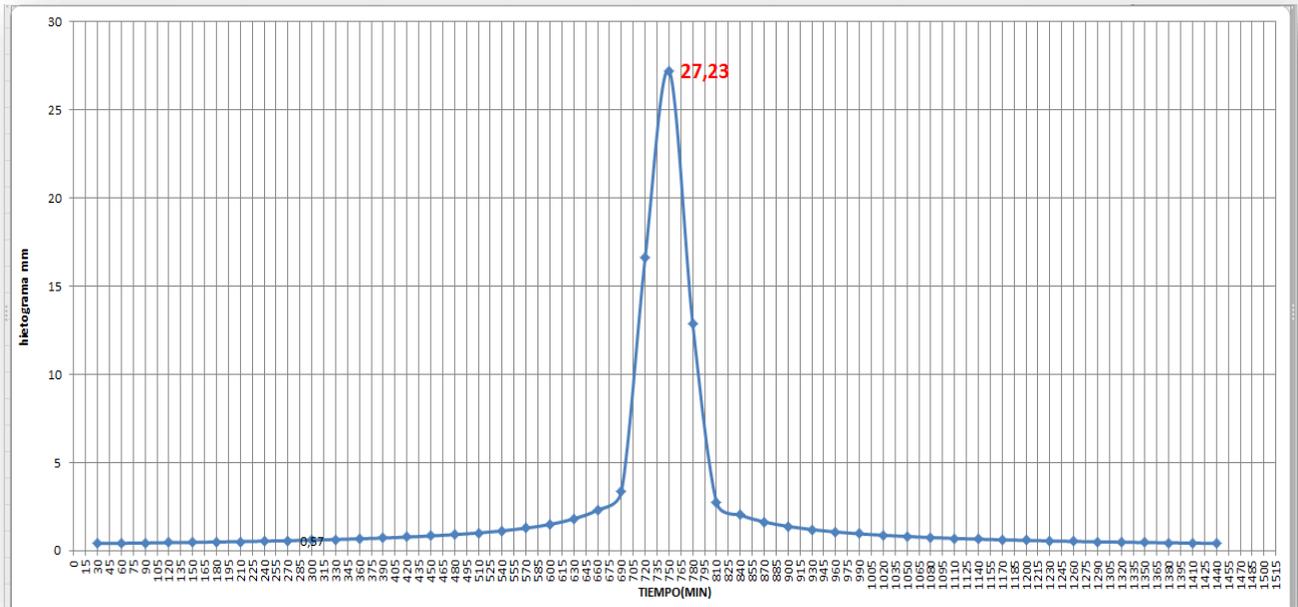


Figura 52: Hietograma tr=10 años

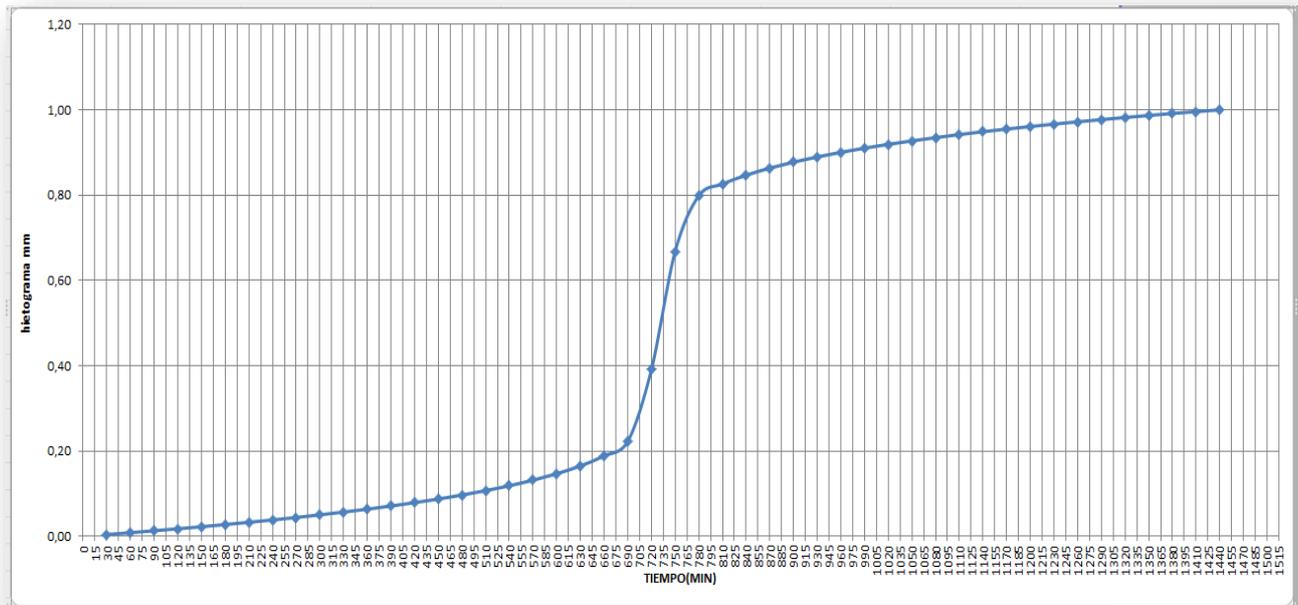


Figura 53: Hietograma tr=10 años

Tabla 15: Calculo del Hietograma para un tr=25 años

METODO DE BLOQUES ALTERNOS DE VEN TE CHOW		
T=	25	AÑOS

IdTr= 4.90 [mm/h]						
d (min)	i (mm/h)	hp (mm)	dhp (mm)	hietograma (mm)	hietograma acumulado (mm)	hietograma adimensional
30	68.435	34.217	34.217	0.518	0.518	0.00
60	55.110	55.110	20.893	0.536	1.053	0.01
90	47.501	71.251	16.141	0.555	1.609	0.01
120	37.726	75.451	4.200	0.577	2.186	0.02
150	31.552	78.879	3.428	0.600	2.786	0.02
180	27.265	81.795	2.916	0.626	3.411	0.03
210	24.098	84.344	2.549	0.654	4.065	0.03
240	21.654	86.617	2.272	0.685	4.749	0.04
270	19.705	88.672	2.055	0.719	5.469	0.04
300	18.110	90.552	1.880	0.758	6.227	0.05
330	16.779	92.287	1.735	0.802	7.029	0.06
360	15.650	93.899	1.613	0.852	7.881	0.06
390	14.678	95.408	1.508	0.910	8.790	0.07
420	13.832	96.826	1.418	0.977	9.767	0.08
450	13.089	98.165	1.339	1.056	10.823	0.09
480	12.429	99.435	1.270	1.152	11.975	0.10
510	11.840	100.642	1.207	1.270	13.245	0.11
540	11.310	101.794	1.152	1.418	14.663	0.12
570	10.831	102.896	1.102	1.613	16.275	0.13
600	10.395	103.952	1.056	1.880	18.155	0.15

630	9.997	104.967	1.015	2.272	20.428	0.17
660	9.631	105.943	0.977	2.916	23.344	0.19
690	9.294	106.885	0.942	4.200	27.544	0.22
720	8.983	107.795	0.910	20.893	48.437	0.39
750	8.694	108.674	0.880	34.217	82.654	0.67
780	8.425	109.526	0.852	16.141	98.795	0.80
810	8.174	110.352	0.826	3.428	102.223	0.83
840	7.940	111.154	0.802	2.549	104.772	0.85
870	7.720	111.934	0.779	2.055	106.827	0.86
900	7.513	112.692	0.758	1.735	108.562	0.88
930	7.318	113.430	0.738	1.508	110.070	0.89
960	7.134	114.149	0.719	1.339	111.410	0.90
990	6.961	114.851	0.701	1.207	112.617	0.91
1020	6.796	115.535	0.685	1.102	113.719	0.92
1050	6.640	116.204	0.669	1.015	114.733	0.93
1080	6.492	116.858	0.654	0.942	115.675	0.93
1110	6.351	117.497	0.639	0.880	116.555	0.94
1140	6.217	118.122	0.626	0.826	117.381	0.95
1170	6.089	118.735	0.612	0.779	118.160	0.95
1200	5.967	119.335	0.600	0.738	118.898	0.96
1230	5.850	119.923	0.588	0.701	119.600	0.97
1260	5.738	120.500	0.577	0.669	120.269	0.97
1290	5.631	121.066	0.566	0.639	120.908	0.98

1320	5.528	121.621	0.555	0.612	121.520	0.98
1350	5.430	122.166	0.545	0.588	122.109	0.99
1380	5.335	122.702	0.536	0.566	122.674	0.99
1410	5.244	123.229	0.527	0.545	123.220	1.00
1440	5.156	123.746	0.518	0.527	123.746	1.00

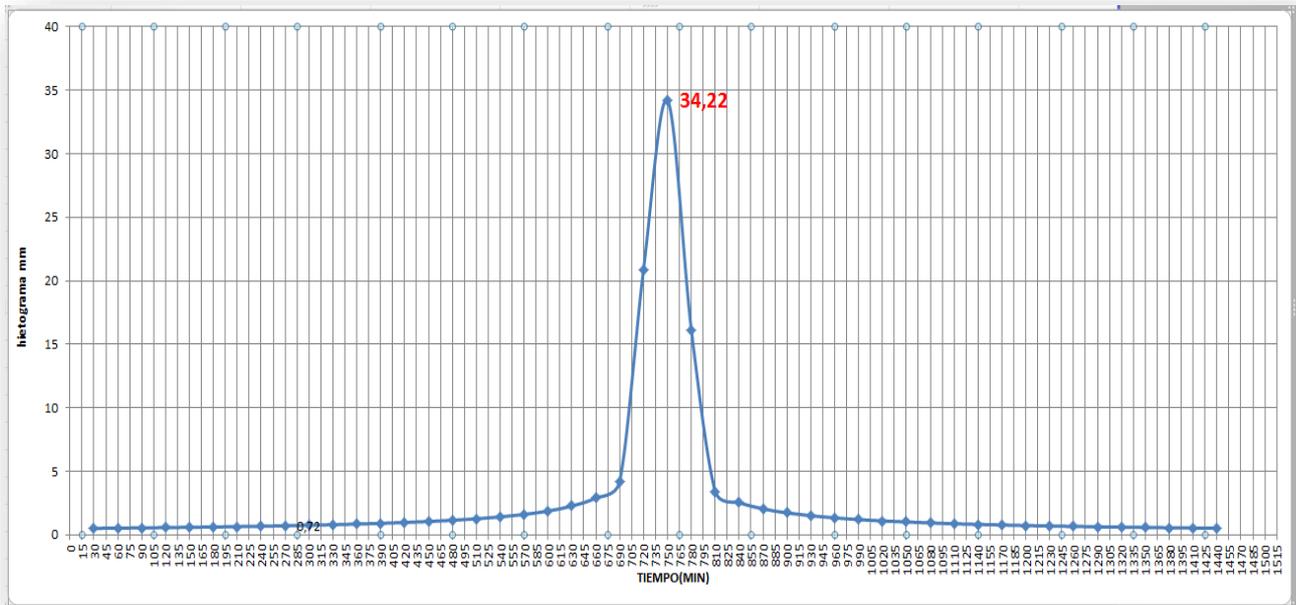


Figura 54: Hietograma tr=25 años

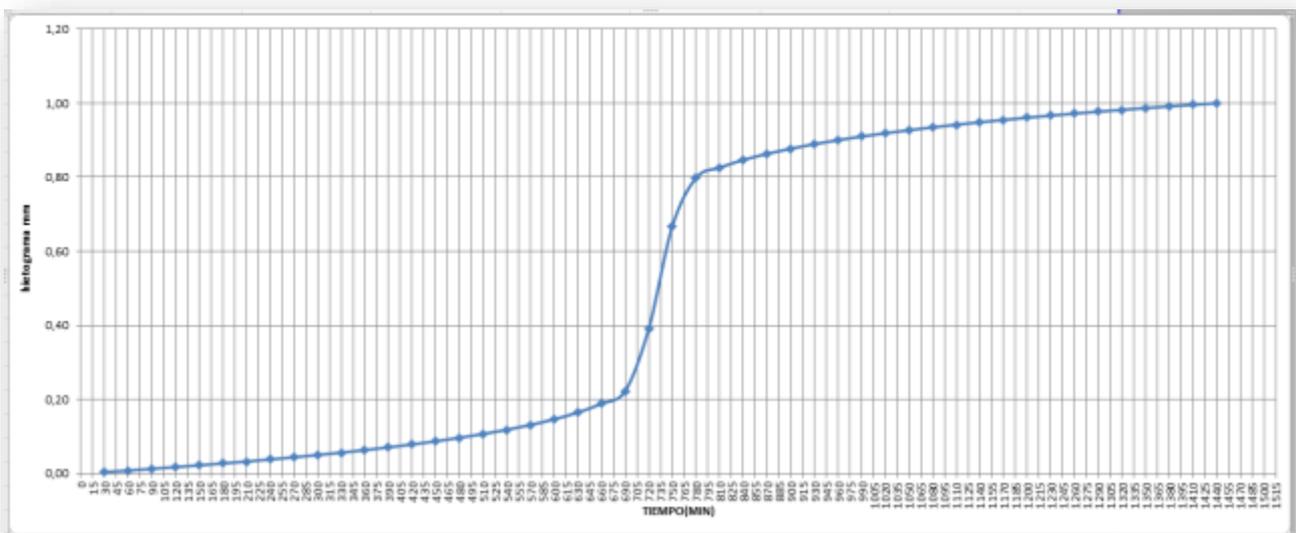


Figura 55: Hietograma tr=25 años

3.6.8. CALCULO DE CAUDAL DE DISEÑO DE CUENCA EN HEC-HMS

En este programa se ingresan los datos calculados anteriormente para cada uno de los periodos de retorno con lo cual determinamos que el diseño más factible para nuestro proyecto era el $Tr=25$ años.

3.6.8.1. PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS

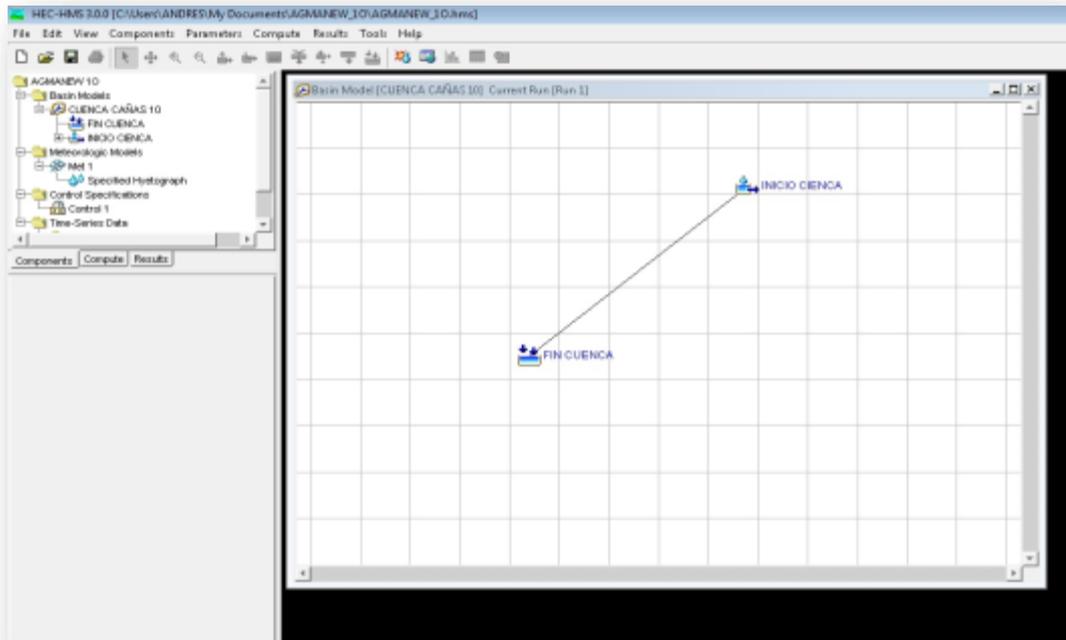


Figura 56: Ingreso de datos

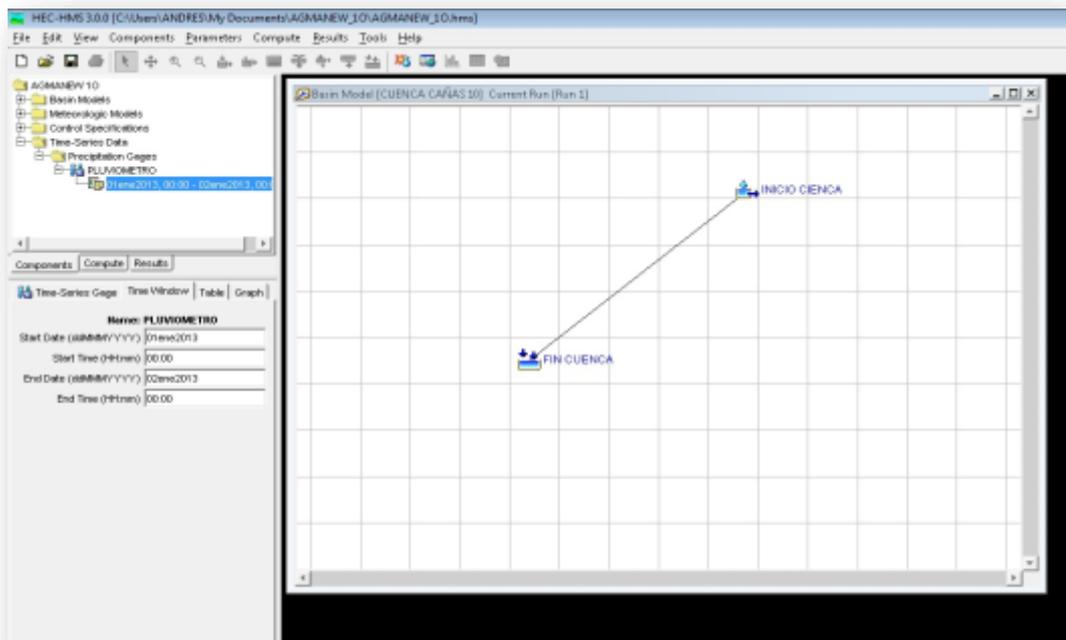


Figura 57: Ingreso de datos del pluviómetro

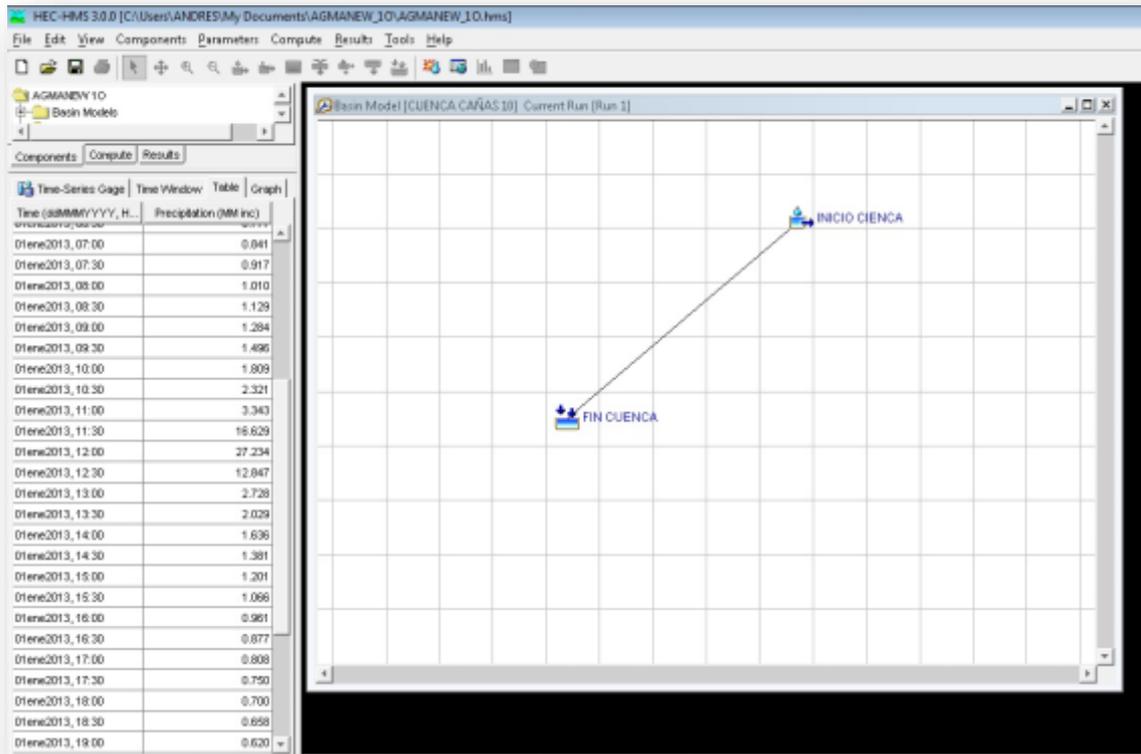


Figura 58: Ingreso de datos del hietograma

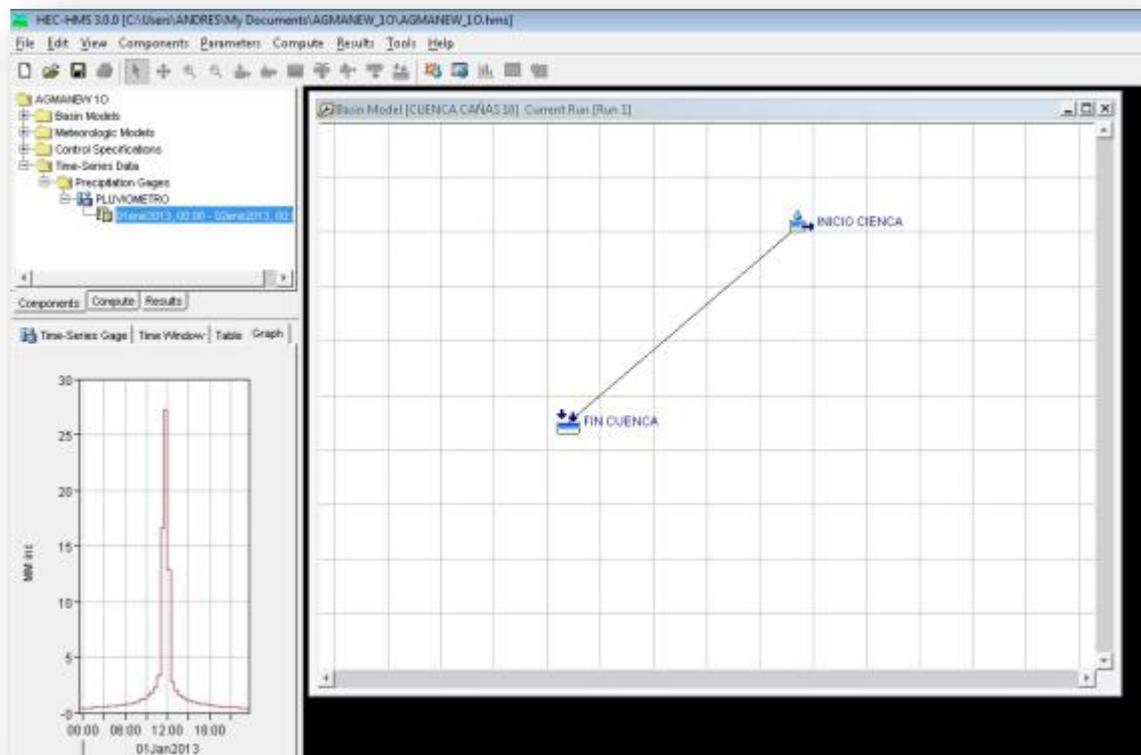


Figura 59: Grafico generado del hietograma

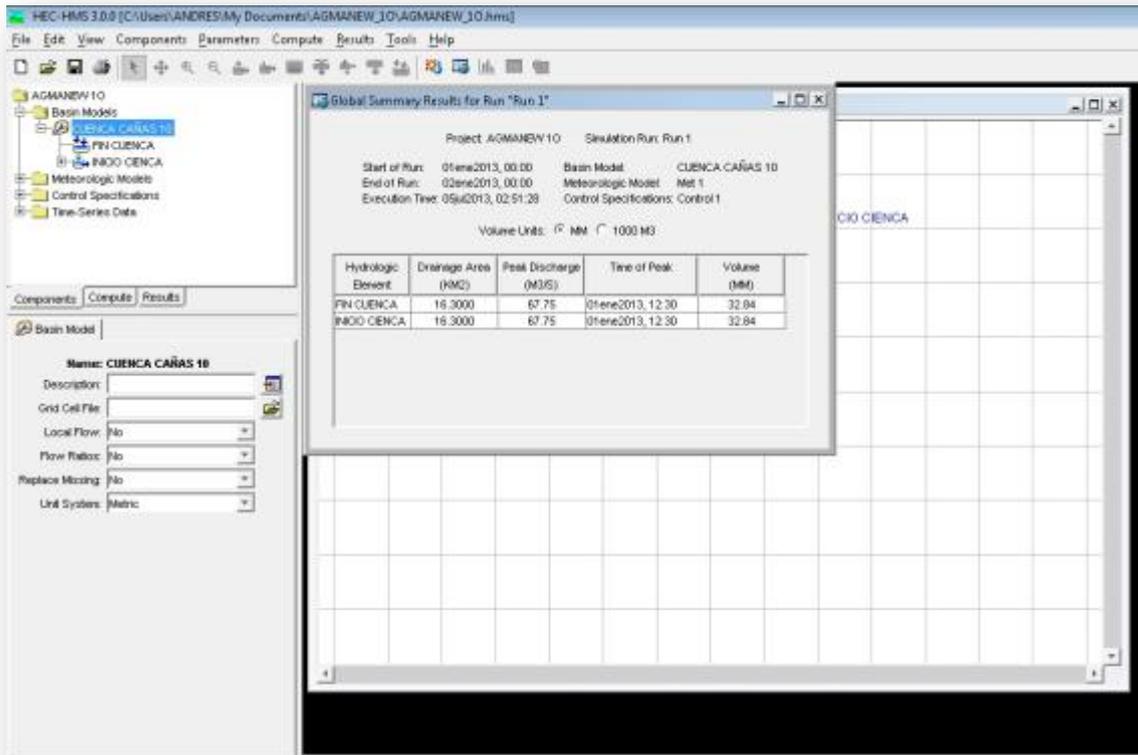


Figura 60: Resultado proceso – Global Summary

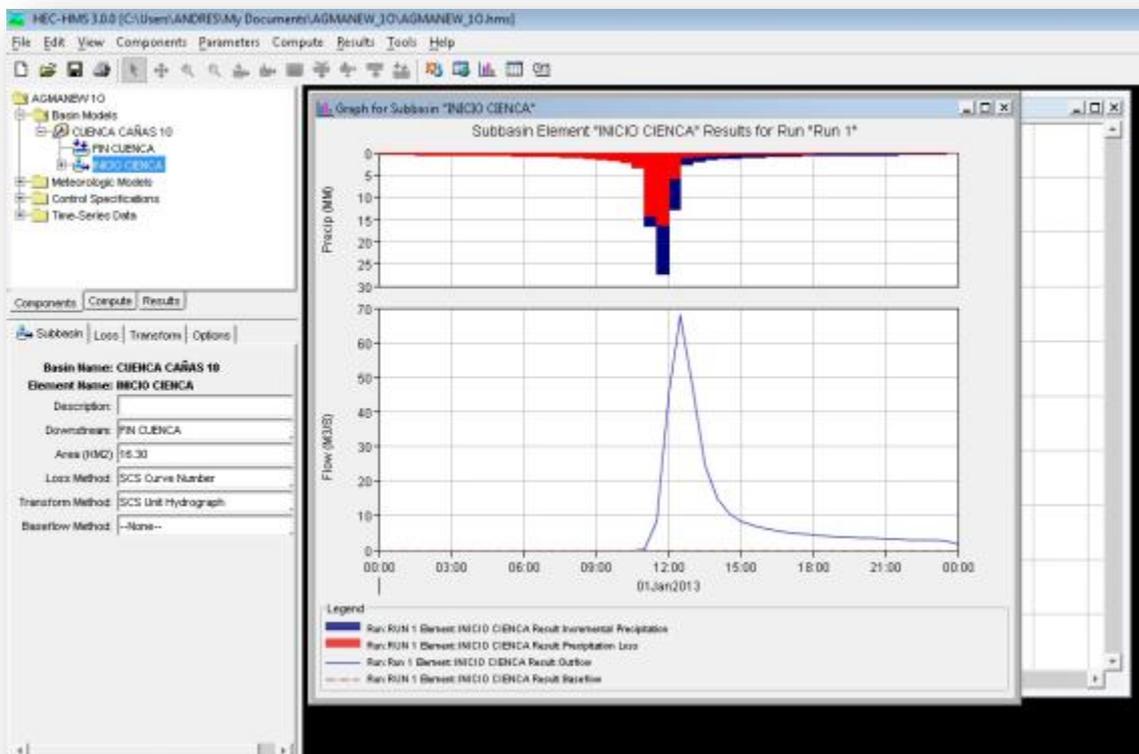


Figura 61: Resultado proceso – Graph for Subbasin

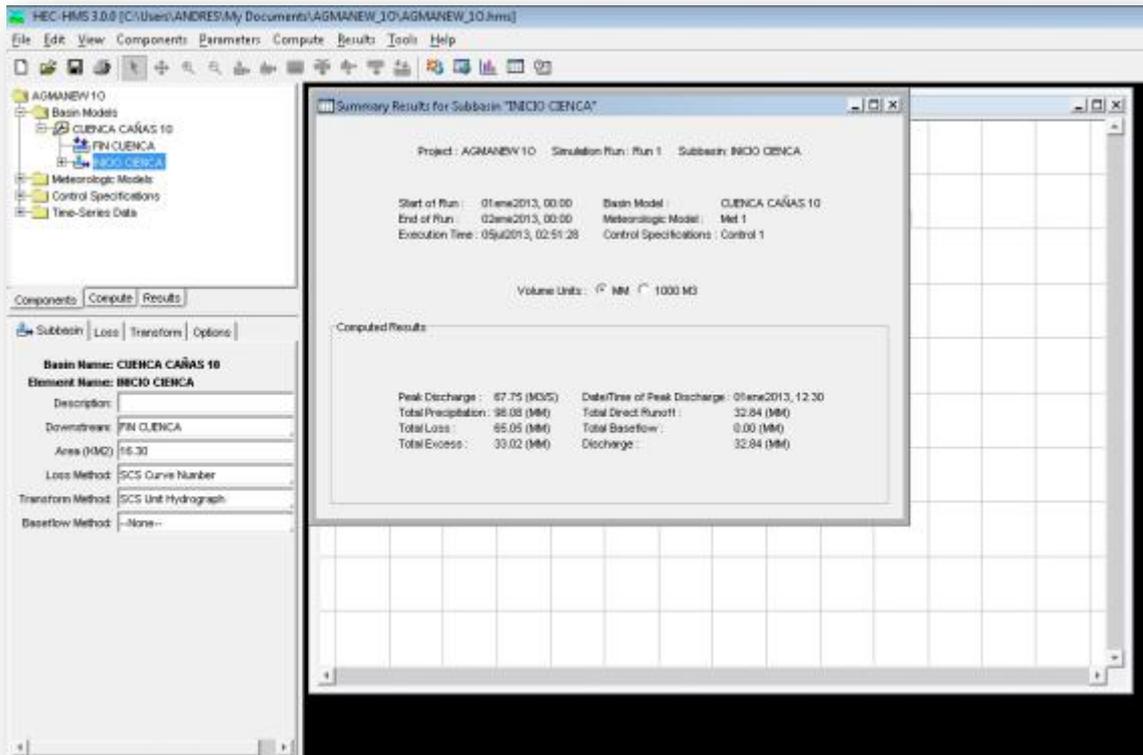


Figura 62: Resultado proceso – Summary Results for Subbasin

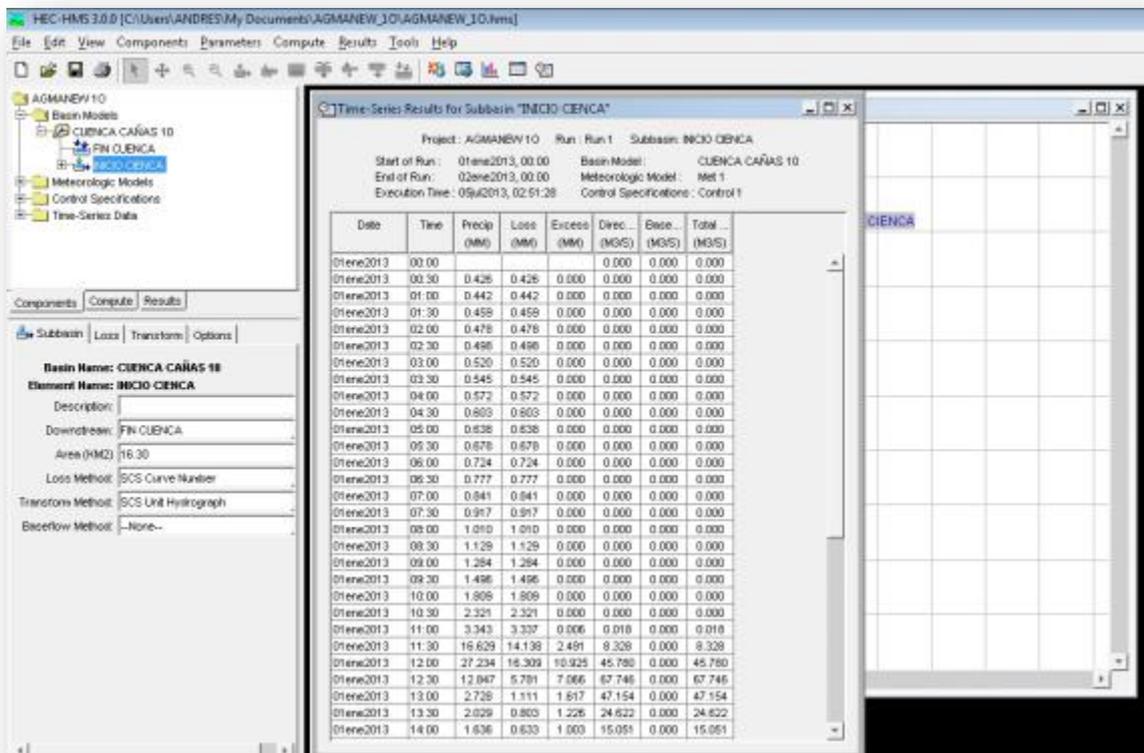


Figura 63: Resultado proceso – Time-Series Results for Subbasin

3.6.8.2. PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS (Diseño)

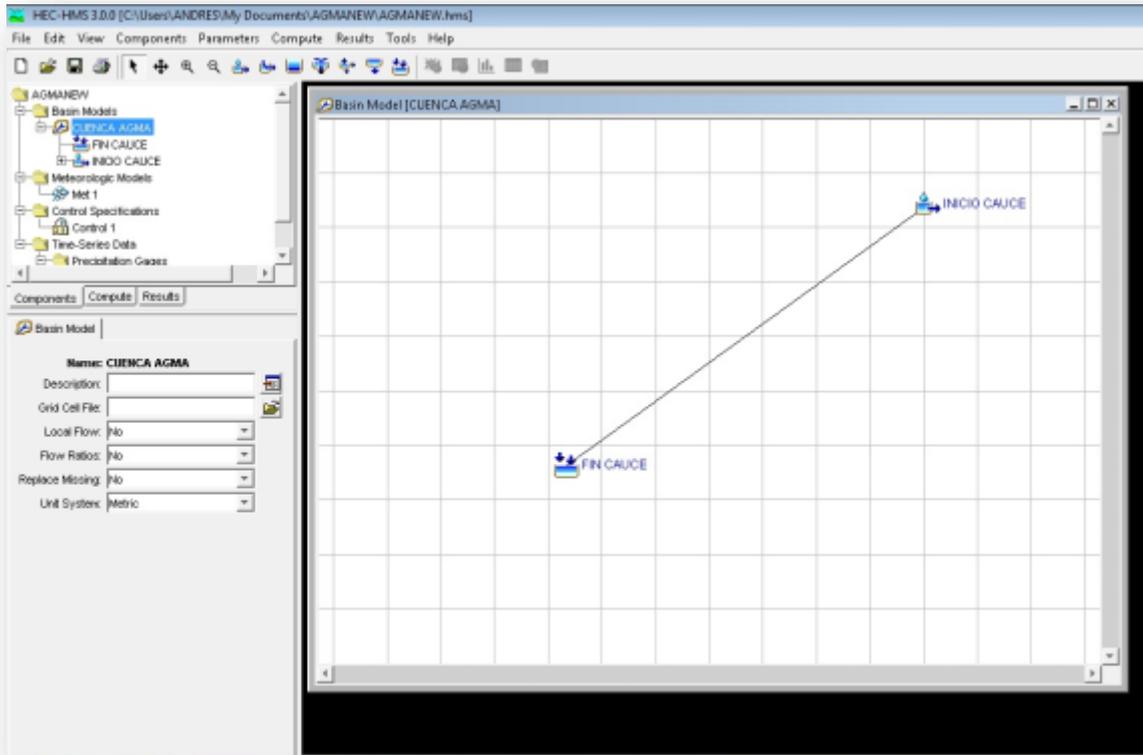


Figura 64: Ingreso de datos

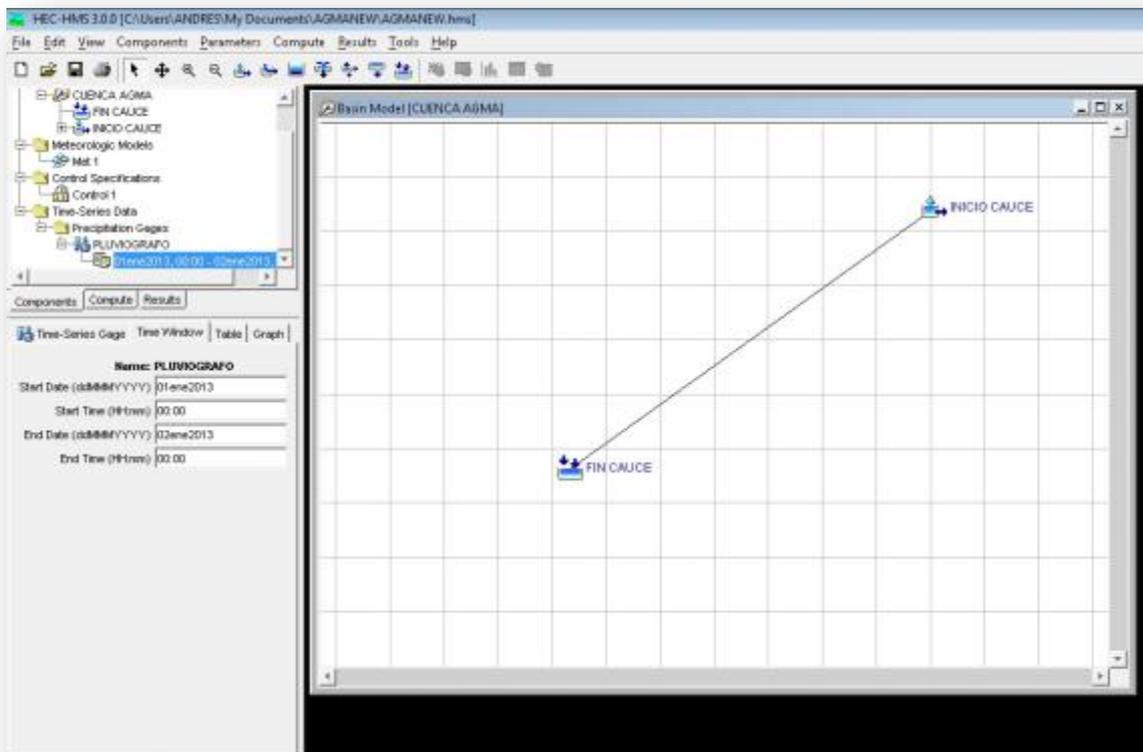


Figura 65: Ingreso de datos del pluviómetro

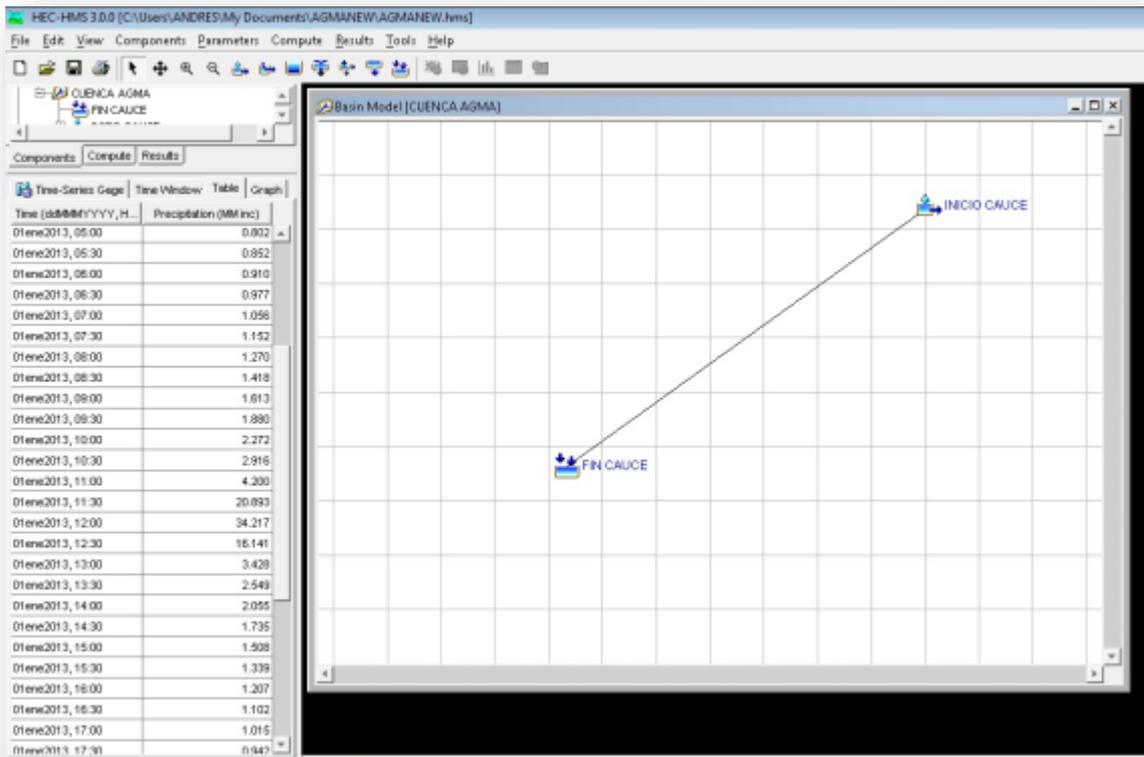


Figura 66: Ingreso de datos del hietograma

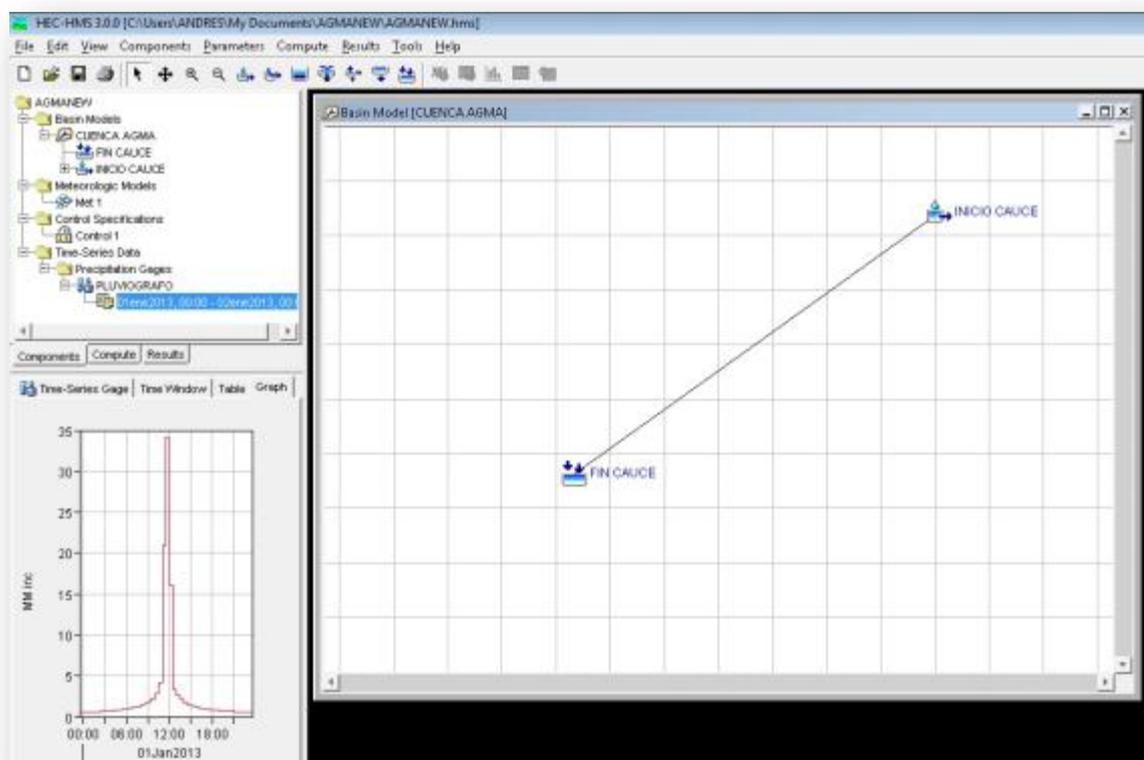


Figura 67: Grafico generado del hietograma

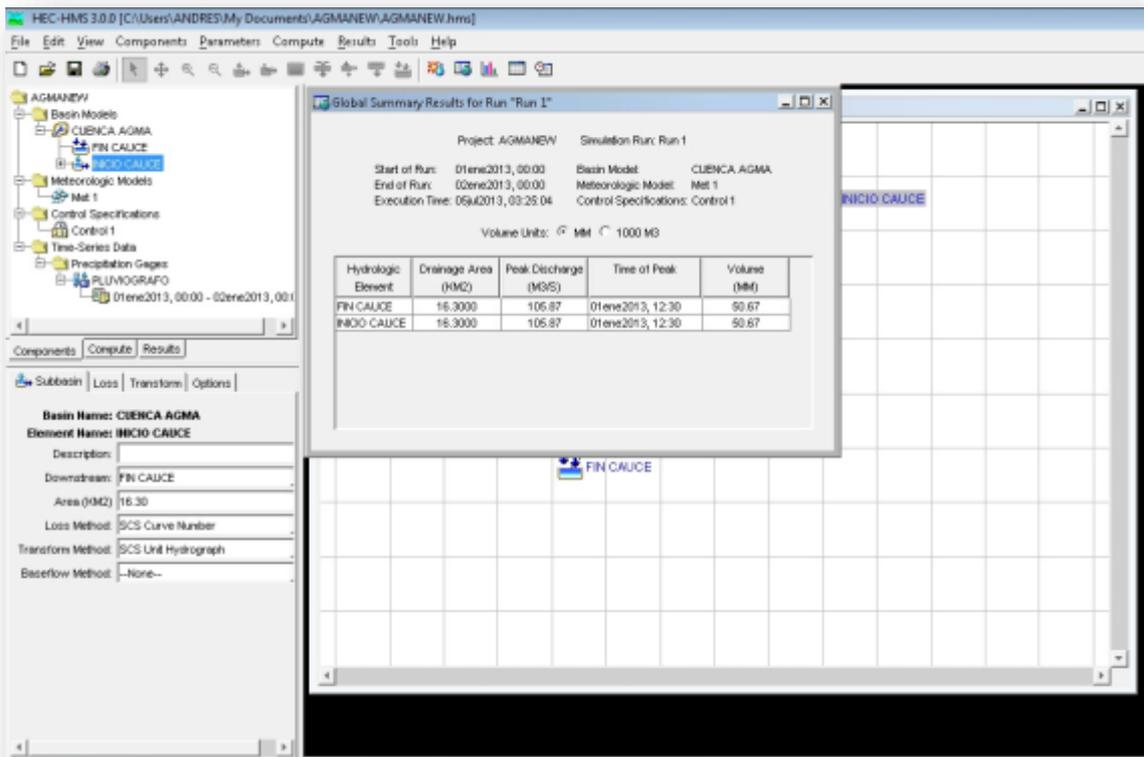


Figura 68: Resultado proceso – Global Summary

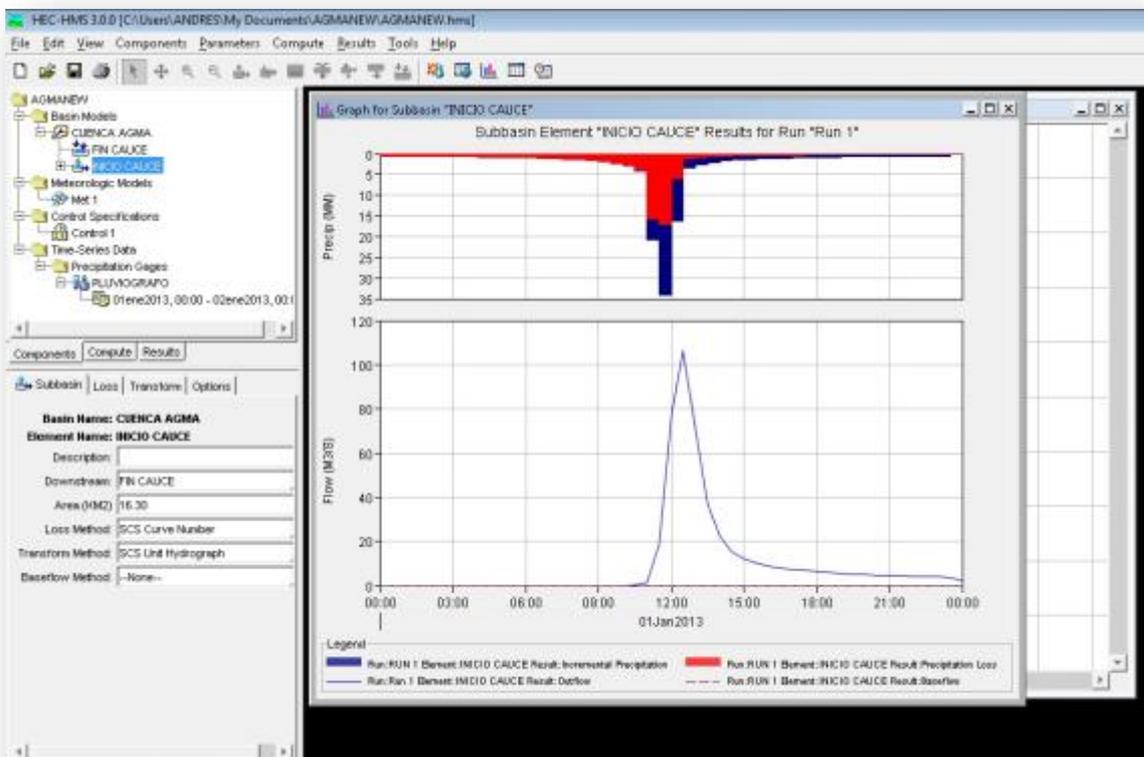


Figura 69: Resultado proceso – Graph for Subbasin

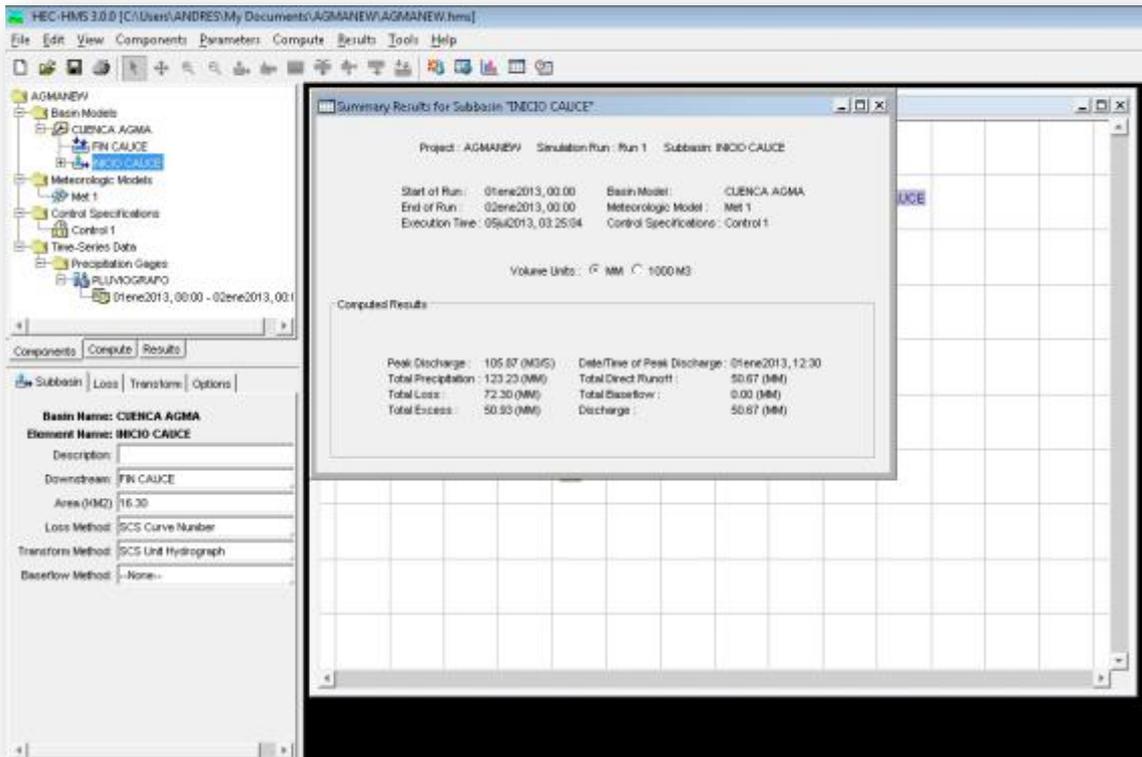


Figura 70: Resultado proceso – Summary Results for Subbasin

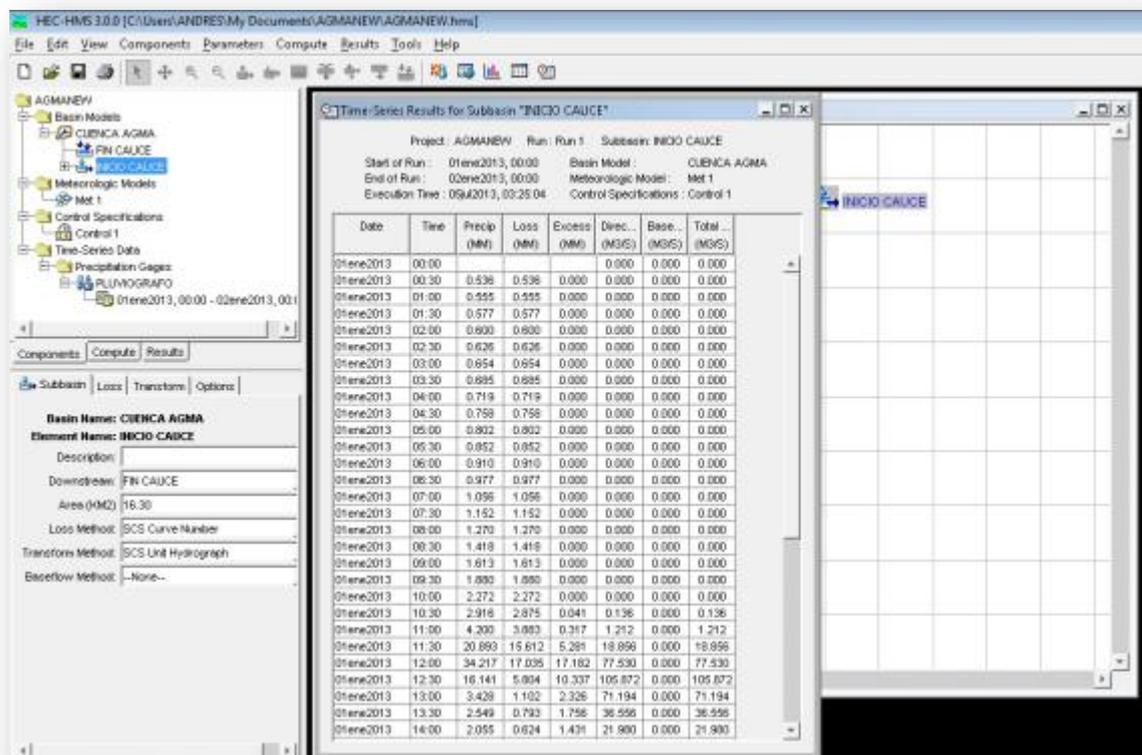


Figura 71: Resultado proceso – Time-Series Results for Subbasin

El caudal de diseño de la cuenca obtenida mediante el HEC HMS 3.5 es de 105.87 m³/seg., a este caudal, hay que añadirle el caudal de la sección de control C1 correspondiente al río Chaucha. Son caudales añadidos por que no forman parte de la cuenca sino que son caudales que ingresan de otras cuencas con caudales muy superiores al que atraviesa por el cauce principal de nuestra cuenca. Por tanto solo ingresa un caudal relativo a la sección típica promedio de entrada o control. Este valor es C1 = 78.44 m³/seg.

Estos datos fueron obtenidos con la fórmula de Manning:

$$Q = \frac{AR^{\frac{2}{3}}S^{\frac{1}{2}}}{n}$$
$$V = \frac{Q}{A} = \frac{R^{\frac{2}{3}}S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

La misma que es reconfirmada con el programa HCANALES:



Figura 72: HCANALES

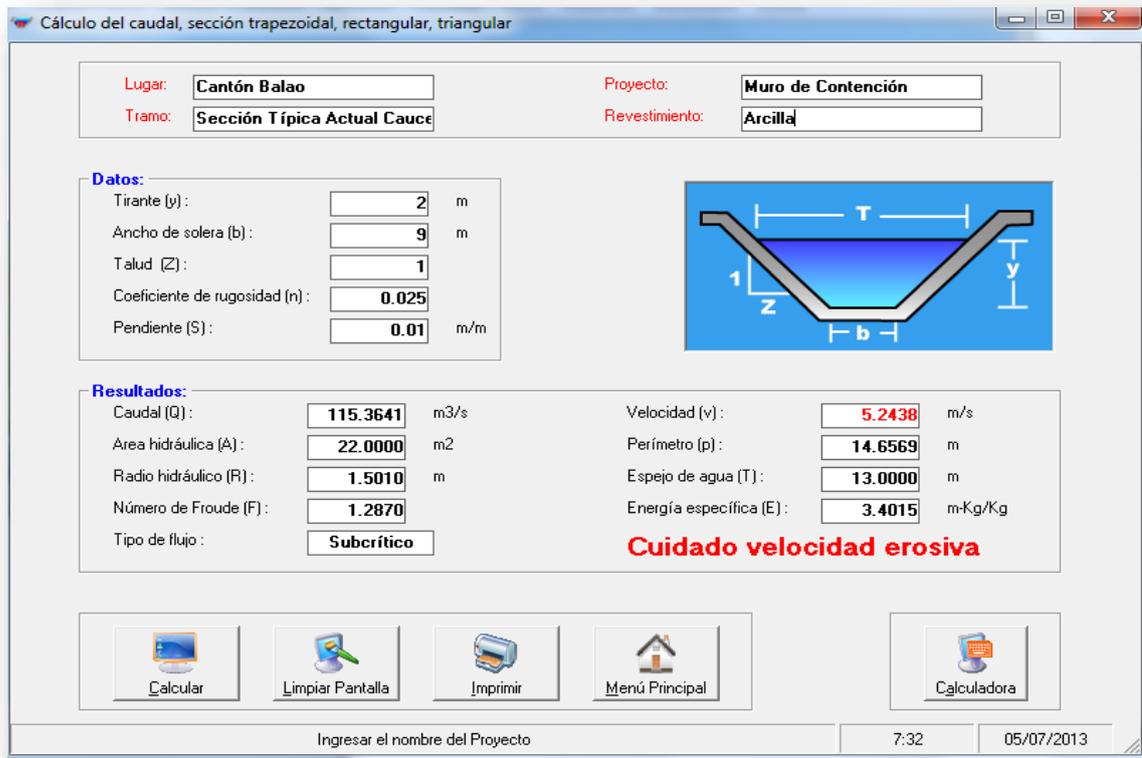


Figura 73: Sección Típica Actual Cauce Principal

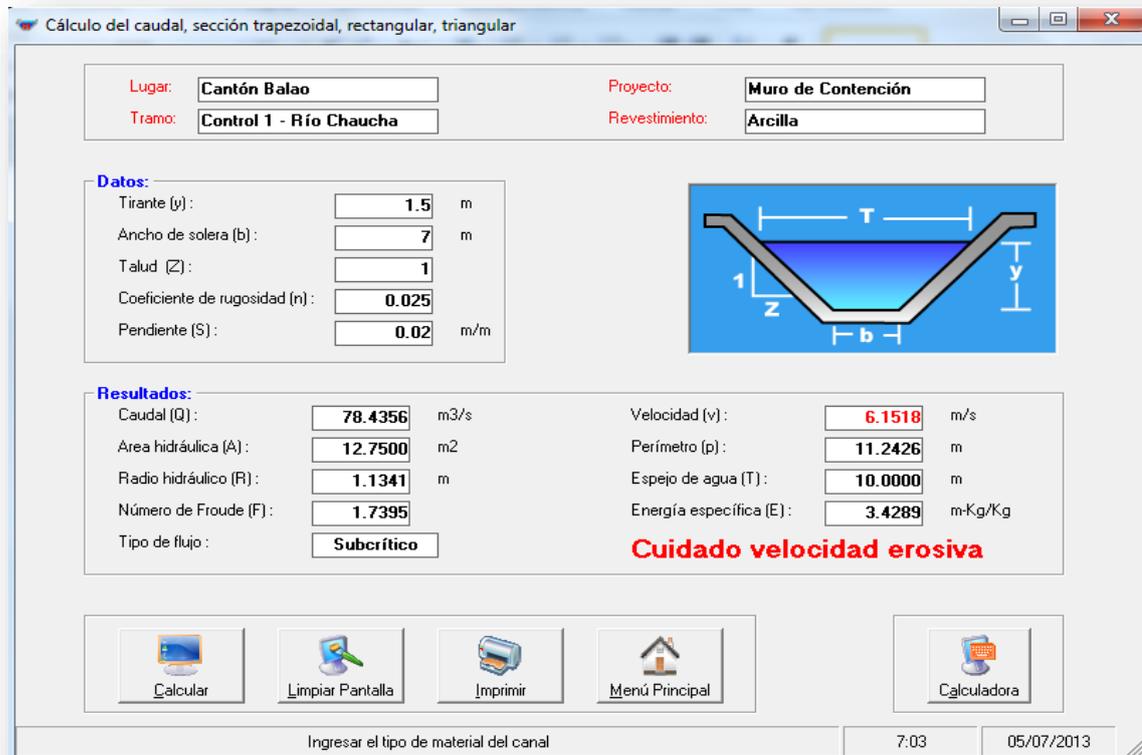


Figura 74: Sección de Control – Río Chaucha

Teniendo el valor de ingreso por el Control 1 que viene del Río Chaucha esta es sumada con el Caudal calculado por medio del HEC HMS el mismo que dio 105,87 m³/seg. + el Caudal que nos dio el HCANALES de ingreso por la sección de control 1 que es 78.44 m³/seg. Para lo cual tenemos un caudal total que pasaría por el cauce principal de este proyecto que es 184.31 m³/seg.

PROGRAMA	DESCRIPCION	CAUDAL	UNIDAD
HEC HMS	CALCULO CAUDAL CUENCA	105.87	m ³ /seg
HCANALES	SECCION CONTROL	78.44	m ³ /seg
	CAUDAL PASANTE CAUCE PRINCIPAL	184.31	m ³ /seg
HCANALES	CAUDAL SOPORTANTE SECCION DISEÑO	233.05	m ³ /seg

Este nuevo caudal necesita una nueva sección típica que la pueda contener la cual se muestra a continuación.

Figura 75: Sección Típica de Diseño

Con este diseño de canal tenemos una sección típica que soporta un volumen de 233.05 m³/seg., con lo cual permite controlar los desastres ocasionados por los incrementos de caudal del Estero Cañas en las estaciones invernales.

En las siguientes imágenes se muestra la cuenca de aportación, las distintas secciones típicas tomadas de campo en lo que corresponde al Estero, Muro existente y su correspondiente caudal soportante.

También se muestra las secciones típicas de diseño con lo cual se erradicara los problemas que causan las crecidas de los caudales del Estero Cañas en tiempos de invierno.

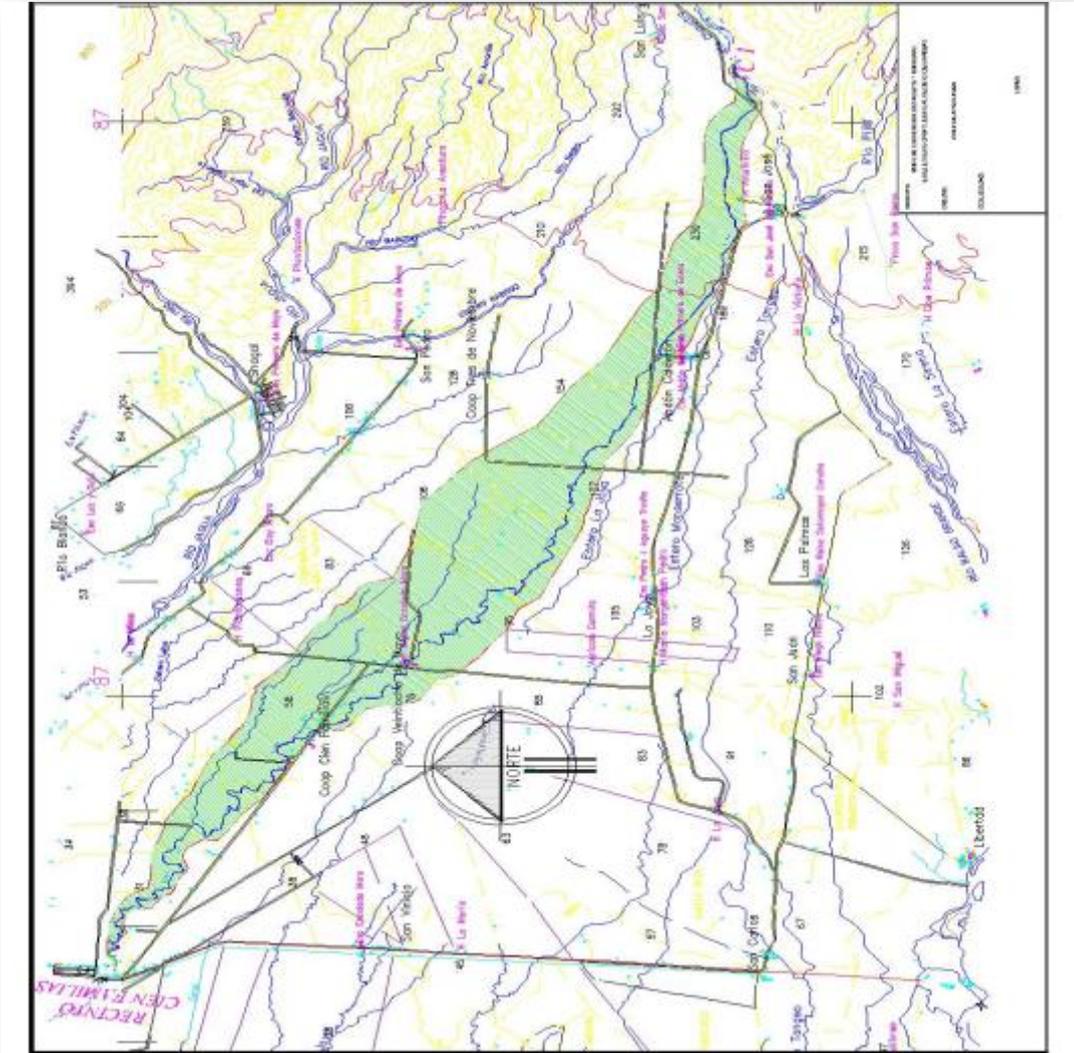


Figura 76: Cuenca de aportación

En este plano se muestra la cuenca de aportación del proyecto en mención.

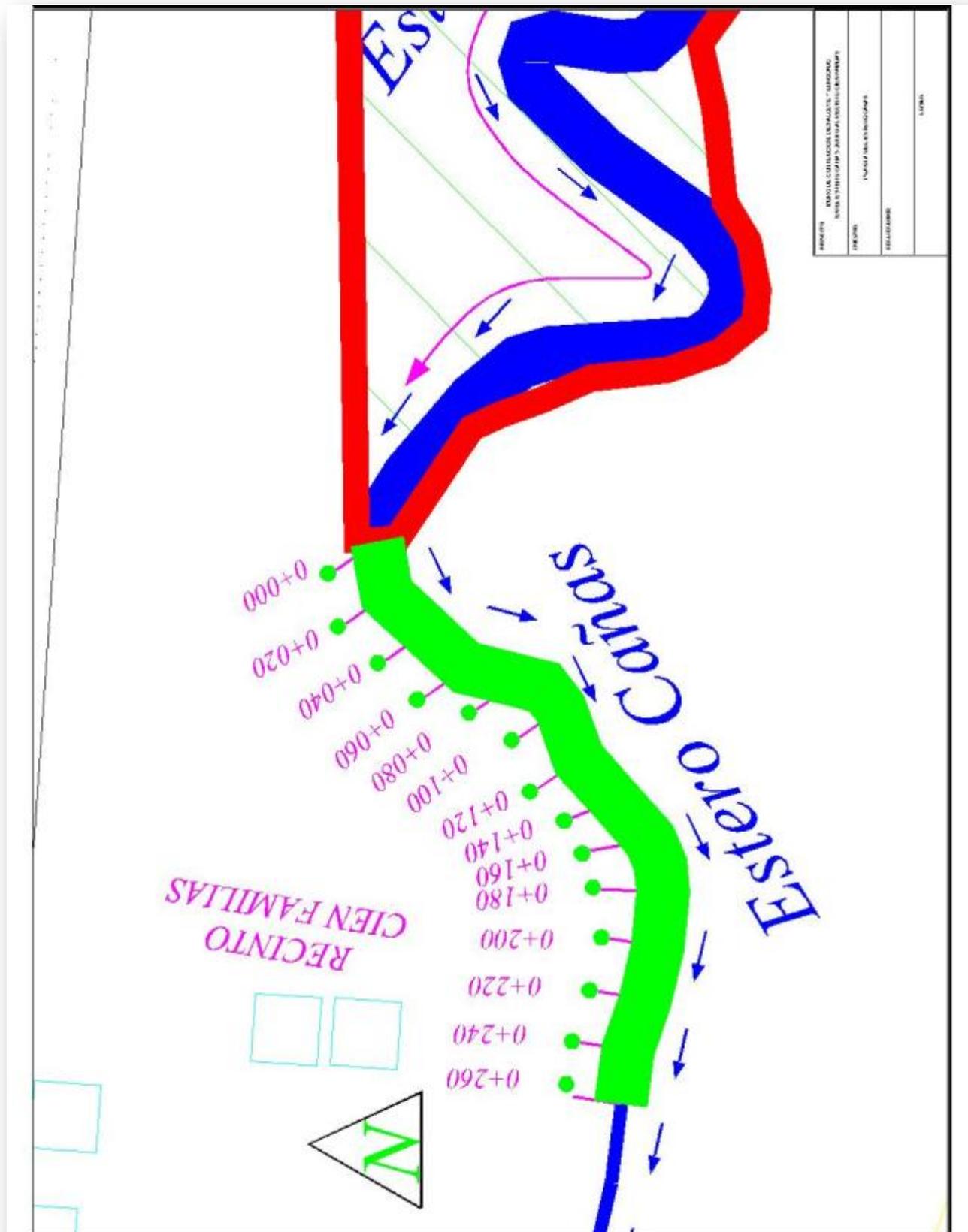


Figura 77: Cuenca Las Cañas

Este plano muestra la cuenca del estero cañas con su respectivo abscisado.

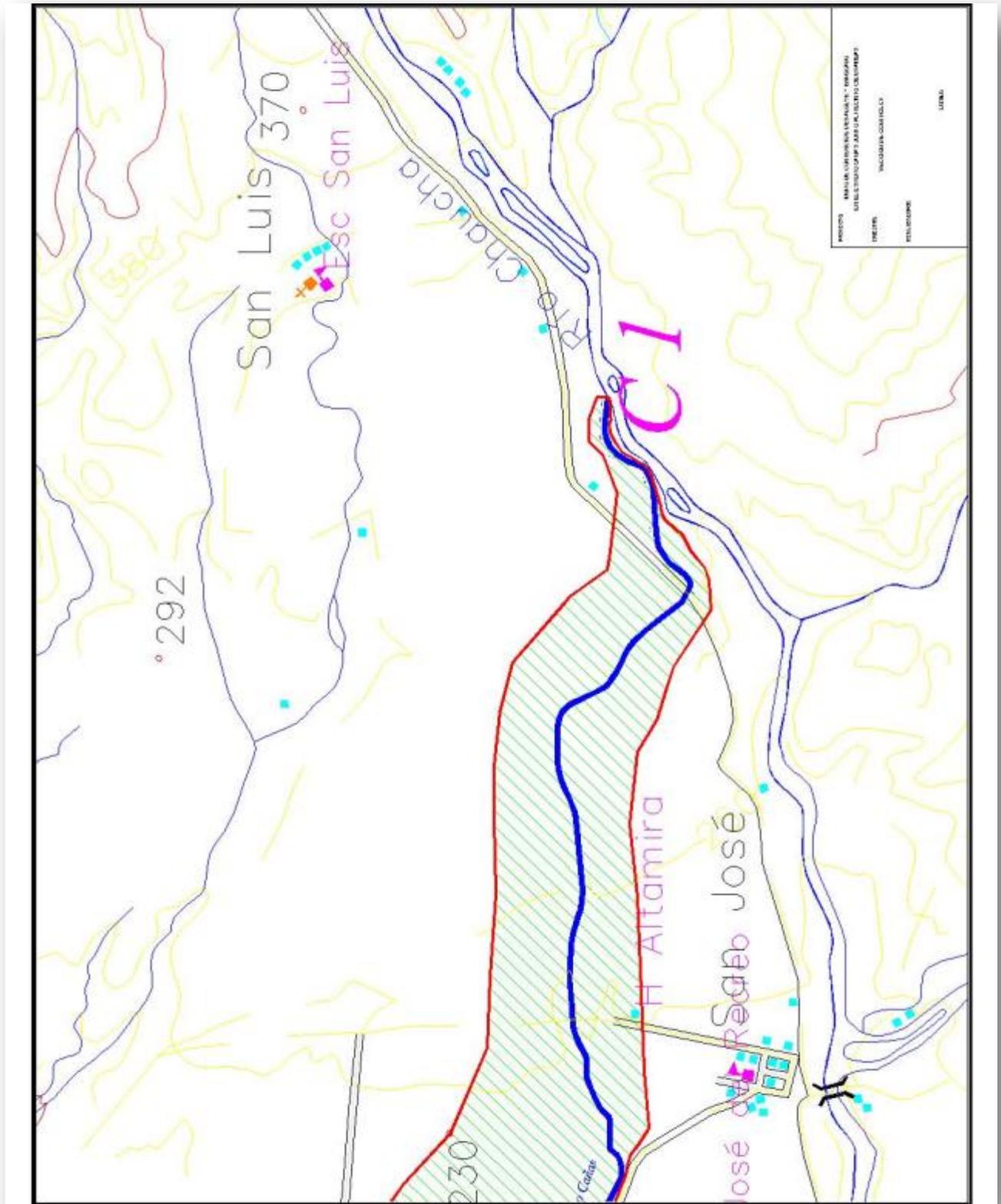


Figura 78: Punto de Control C1

En este plano se muestra el punto en donde se conecta el río Chaucha y el cauce del Estero Cañas.

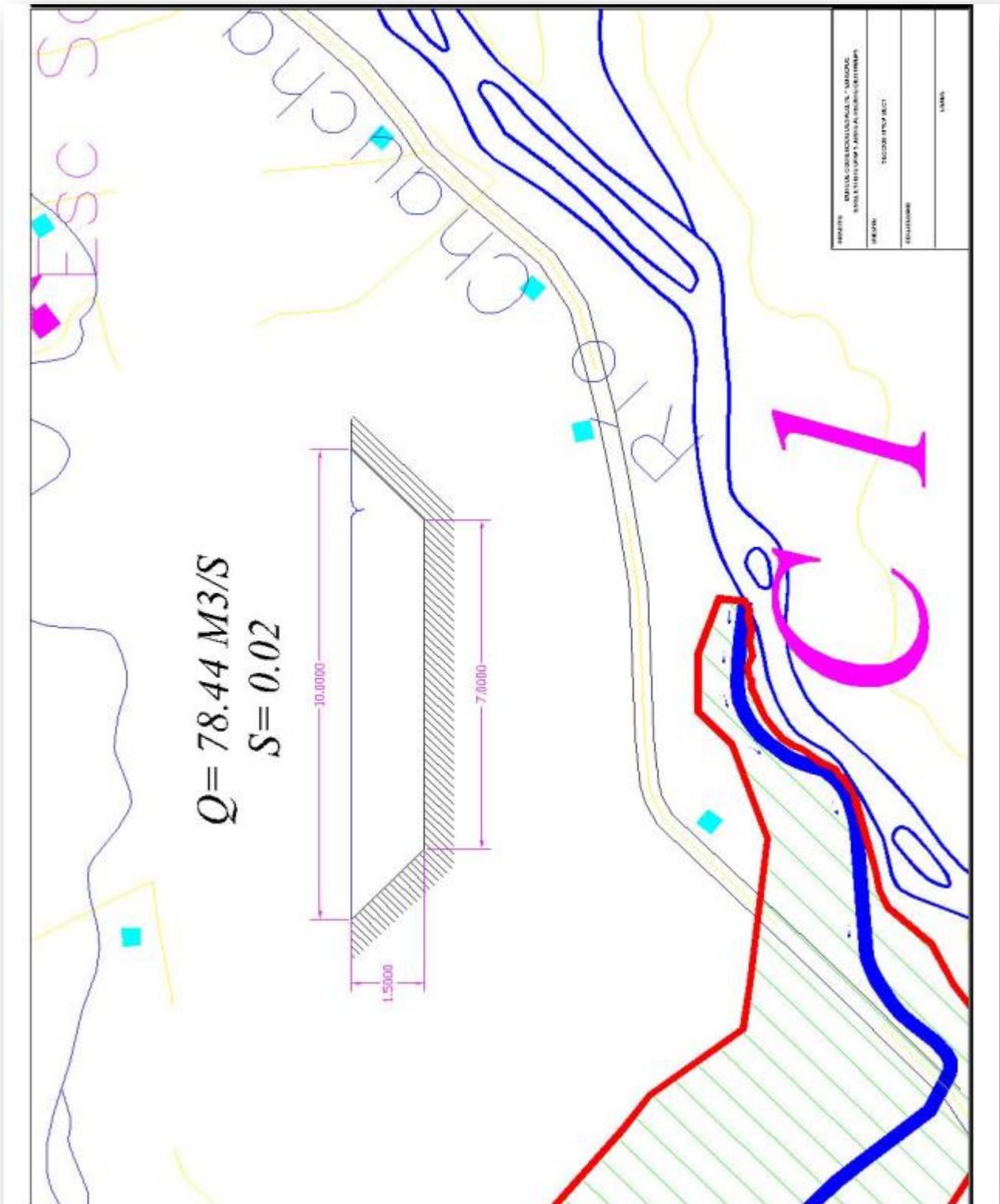


Figura 79: Sección típica de Control C1

En este plano se muestra la sección típica del punto de control C1 con el caudal total que ingresa por este del río Chaucha.

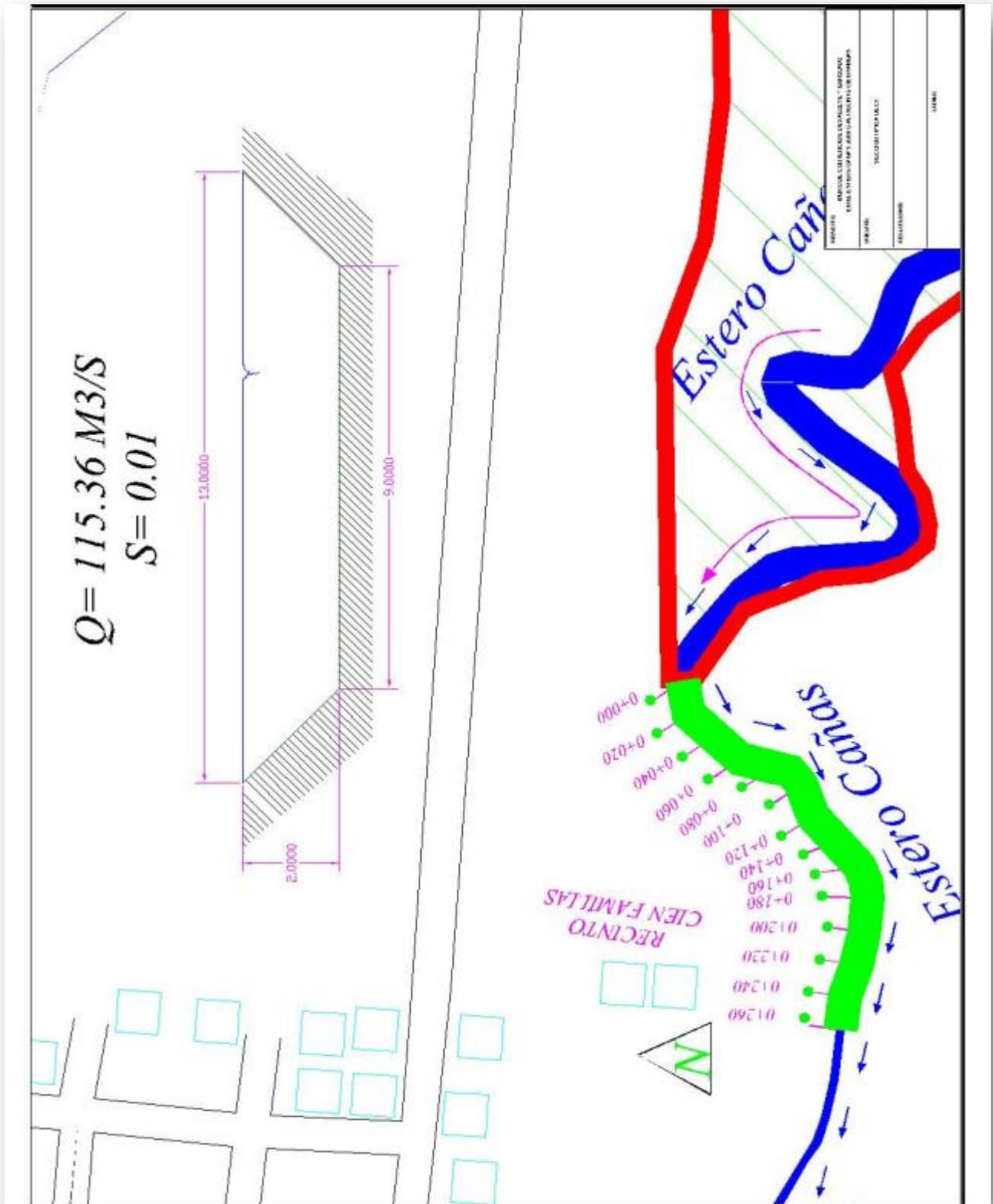
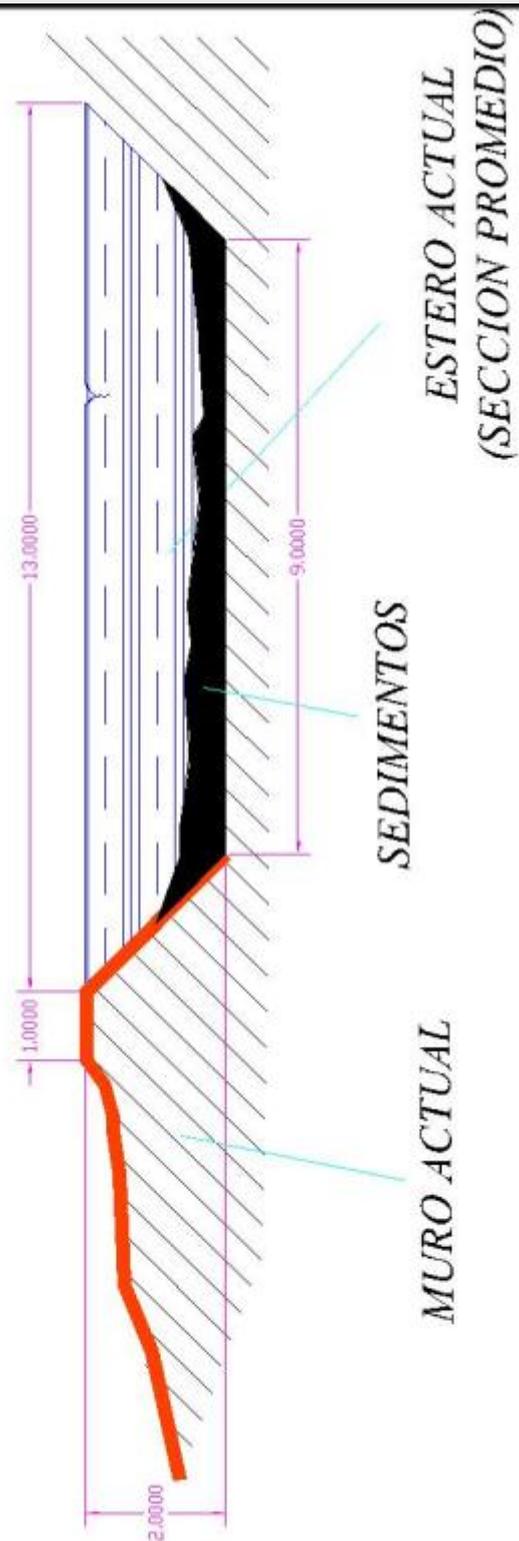


Figura 80: Sección típica del Cauce actual del Estero Cañas

En este plano se muestra la sección típica del cauce actual del Estero Cañas con el caudal total que soporta.

SECCIONES ACTUALES (SECCIONES PROMEDIOS)



PROYECTO: MANEJO INTEGRADO DEL RÍO "MAMORRA" DEL ESTRECHO DE JABÓN (INTEGRACIÓN DEL TERRITORIO)
DISEÑO: "INGENIERÍA CONSULTORA" S.A.S. - I.C. - I.A.S.
EJECUCIÓN:
LITADO:

Figura 81: Sección típica Actuales promedio del Estero y Muro

En este plano se muestra un promedio de las secciones actuales del Estero y del Muro.

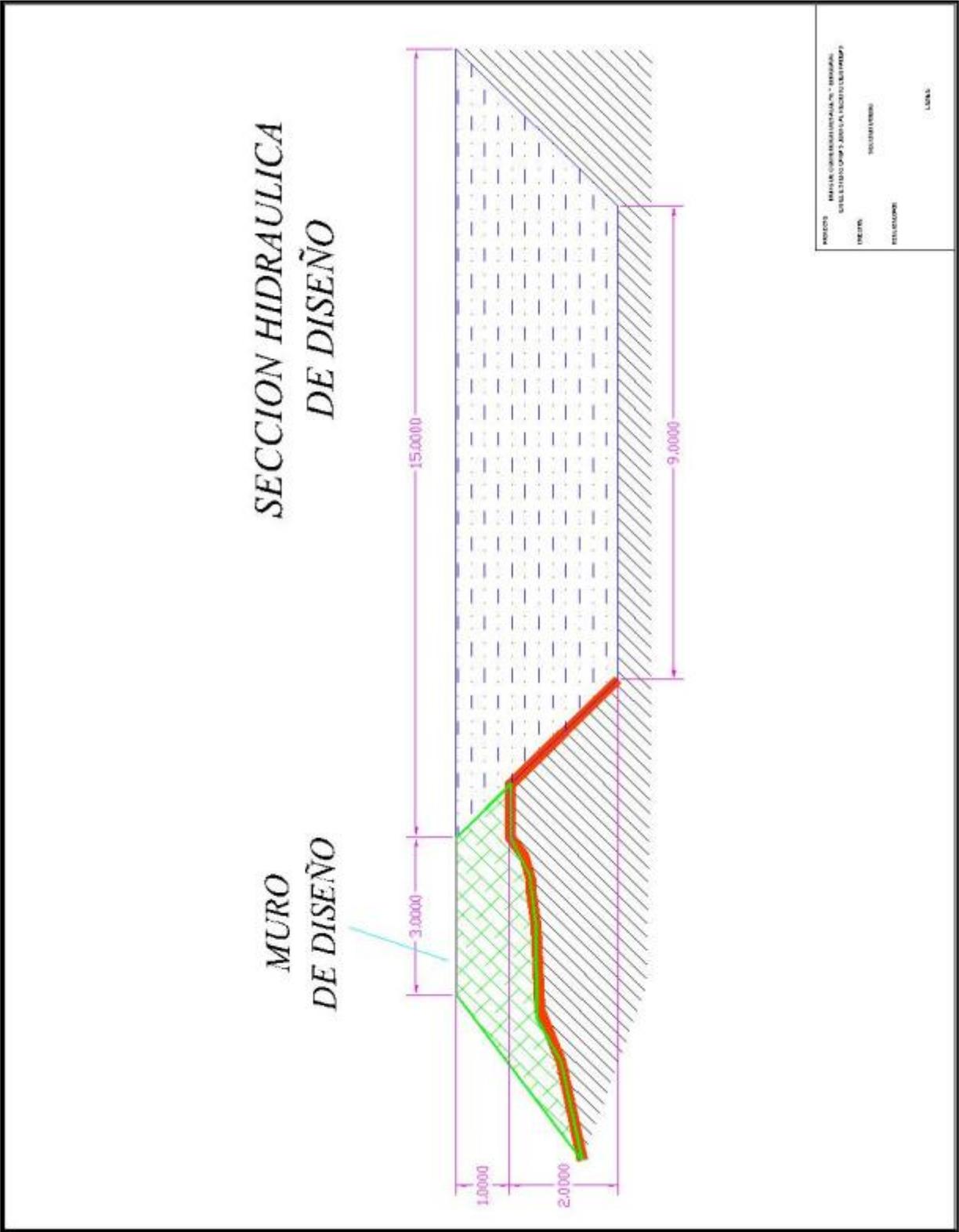


Figura 82: Sección de Diseño

En este plano se muestra una sección típica del diseño del muro y del cauce para el normal paso del caudal y proteja a los habitantes del recinto.

DESAZOLVE DEL ESTERO CAÑAS

Es importante para que la sección de diseño trabaje eficiente se desazolve el Estero por lo menos cada 2 años, pues es común en los ríos la acumulación de sedimentos cuando el río atraviesa áreas con muchas curvas y pendientes variadas.

Por tal motivo se incluye en el presente diseño el desazolve del Estero Cañas en una profundidad de 0.60 mt con lo cual se dejara conformado la solera de diseño.

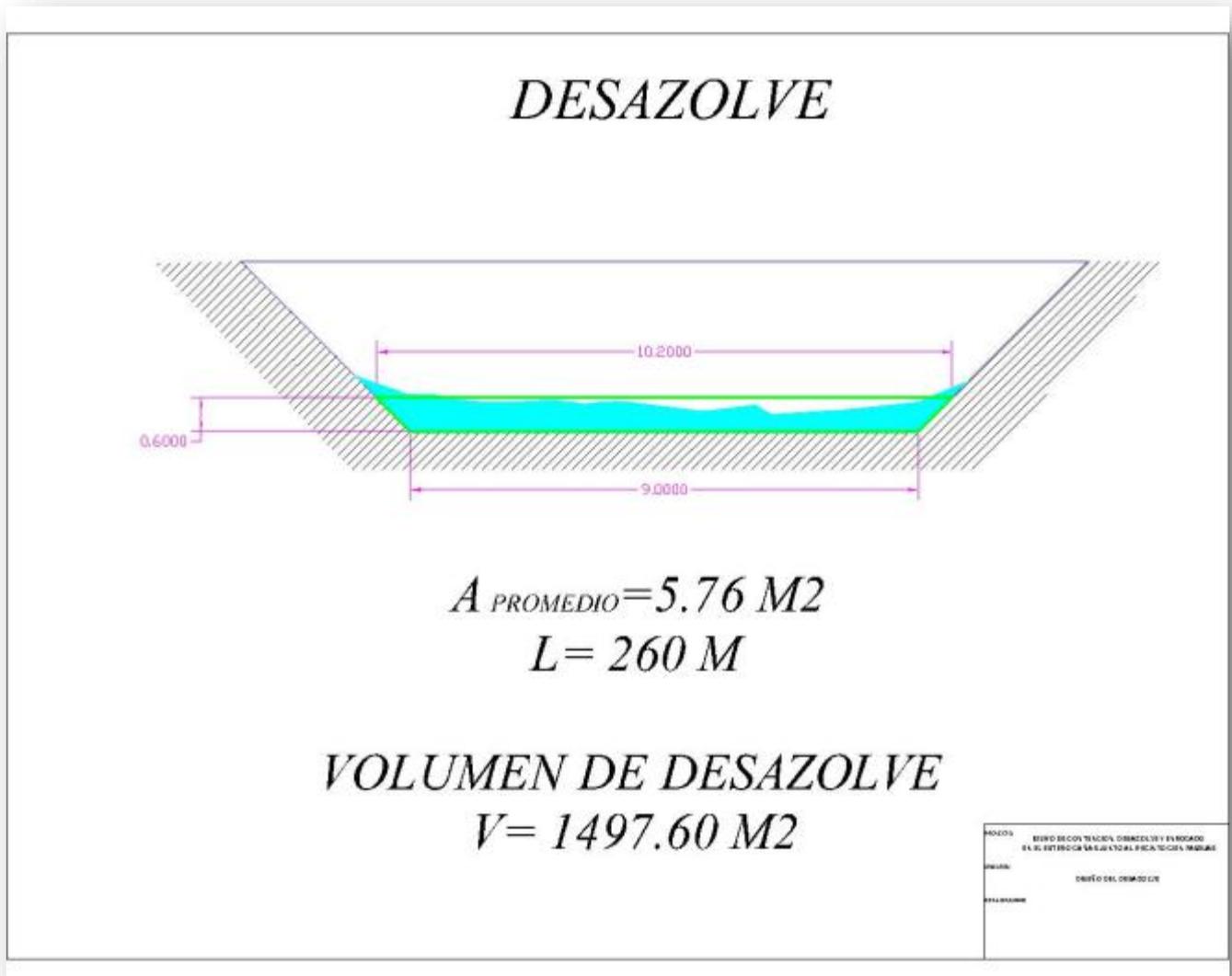
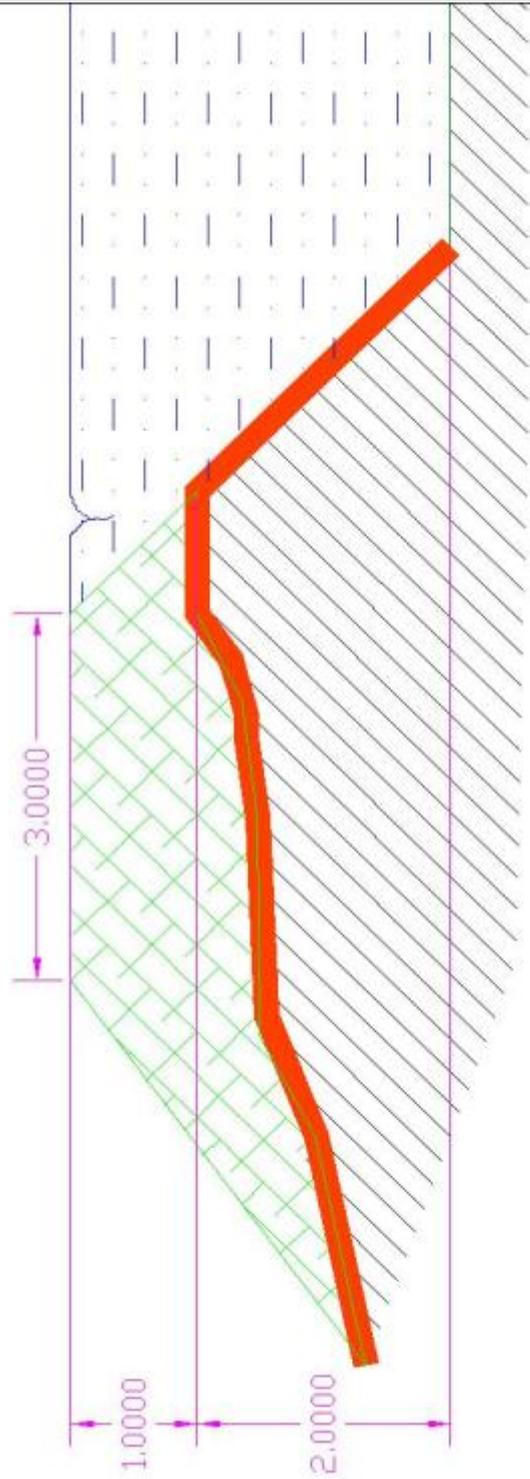


Figura 83: Desazolve Estero Cañas

En este plano se muestra una sección típica del desazolve con el volumen de material que se trasladara a la conformación del muro.

MURO DE CONTENCIÓN



$$A_{\text{PROMEDIO}} = 7.10 \text{ M}^2$$

$$L = 260 \text{ M}$$

VOLUMEN DE RELLENO

$$V = 1846.00 \text{ M}^3$$

PROYECTO	MURO DE CONTENCIÓN, DRENAJE Y ENCOCAJE
EN EL ESTUDIO	EN EL ESTUDIO
FECHA	
ELABORADO	
REVISADO	
LUNA	

Figura 84: Muro de contención

En este plano se muestra una sección típica del Muro de contención el cual tendrá su conformación con el material del desazolve.

DIMENSIONAMIENTO DEL ENROCADO

El diámetro de la roca es dimensionado a través de la fórmula de Maynard el cual emplea las siguientes expresiones:

$$D_{50} = t * C1 * F^3 \qquad F = C2 * \frac{V}{(gy)^{0.5}}$$

Datos:

- C1 = 0.36 (Coeficiente relativo al talud)
C2 = 1.00 (Coeficiente relativo a la ubicación)
V = 6.47 (Velocidad del caudal)
g = 9.81 (Gravedad)
y = 4.00 (tirante hasta la profundidad de socavación)
t = 3.00 (tirante normal)

Desarrollo:

$$D_{50} = t * C1 * F^3 = 0.66 \text{ mt} \Rightarrow 0.70 \text{ mt} \qquad F = C2 * \frac{V}{(gy)^{0.5}} = 0.85$$

Con lo que resulta una roca de 0.70 mt

Cálculo del caudal, sección trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: Proyecto:
Tramo: Revestimiento:

Datos:

Tirante (y): m
Ancho de solera (b): m
Talud (Z):
Coeficiente de rugosidad (n):
Pendiente (S): m/m

Resultados:

Caudal (Q): m³/s
Velocidad (v): m/s
Área hidráulica (A): m²
Perímetro (p): m
Radio hidráulico (R): m
Espejo de agua (T): m
Número de Froude (F):
Energía específica (E): m-Kg/Kg
Tipo de flujo:

Cuidado velocidad erosiva

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Ingresar el tipo de material del canal 12.02 05/07/2013

Figura 85: Sección Típica de Diseño con enrocado

Con este diseño de canal con enrocado tenemos una sección típica que soporta un volumen de 184.44 m³/seg., con lo que permite controlar incrementos de caudal del Estero Cañas en las estaciones invernales, previniendo inundaciones.

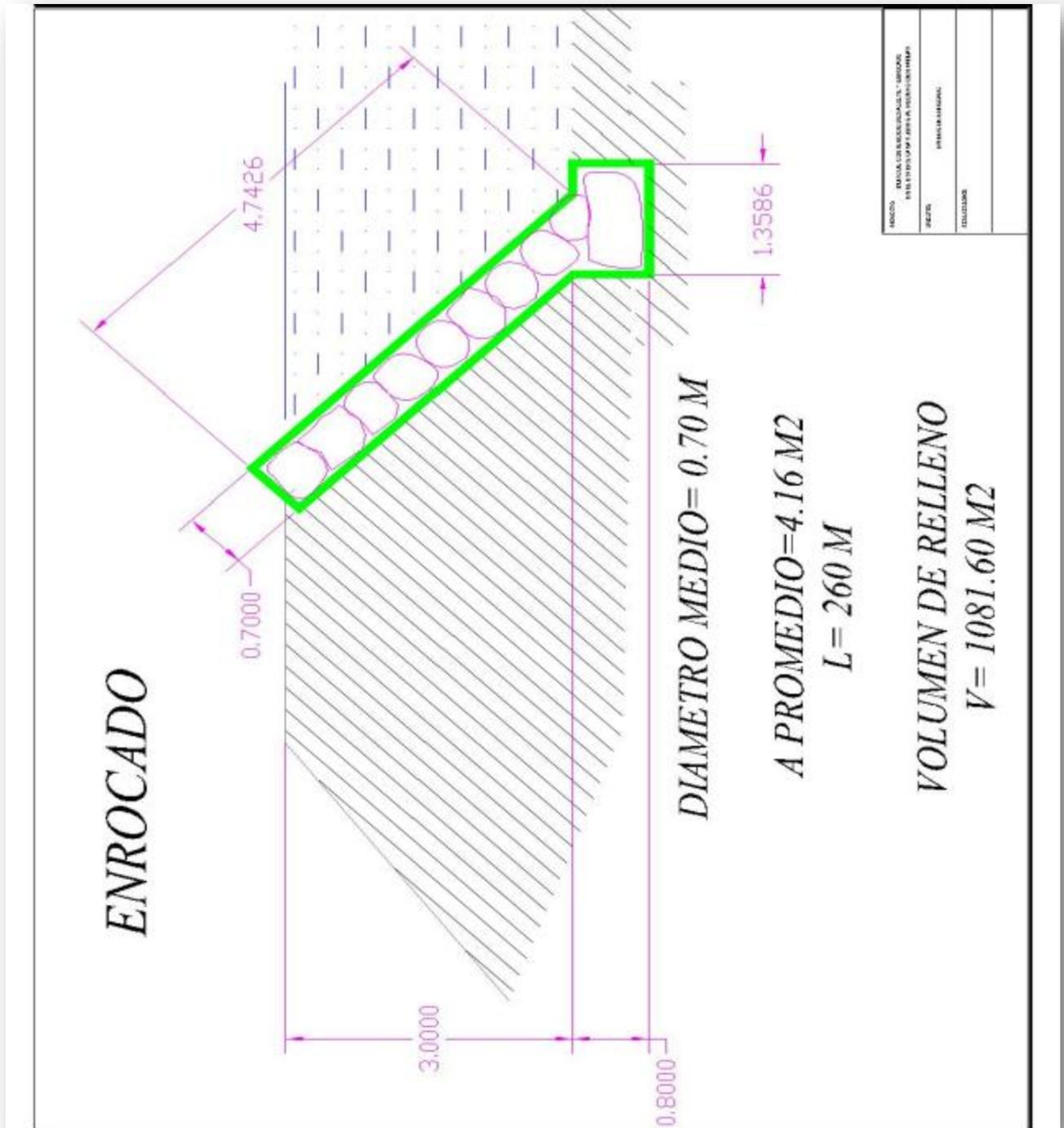


Figura 86: Enrocado

En este plano se muestra una sección típica del Muro de Enrocado con sus medidas y volumen.

3.7. FICHA AMBIENTAL

Identificación del Proyecto			
Nombre del Proyecto:			
Estudio del Desazolve y Muro de Protección del Estero Cañas junto al Recinto Cien Familias, Cantón Balao			
Fecha: Marzo 2013			
Localización del Proyecto:		Provincia:	Guayas
		Cantón:	Balao
		Parroquia:	
		Recinto:	Cien Familias
Auspiciado por:		Ministerio de:	
		Gobierno Provincial:	
		Gobierno Municipal:	
		Org. de inversión/desarrollo:	
		Otro:	Tesis de Pre-Grado de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil - ULVR

Tipo del Proyecto:		Abastecimiento de agua
		Agricultura y ganadería
		Amparo y bienestar social
		Protección áreas naturales
		Educación
		Electrificación
		Hidrocarburos
		Industria y comercio
		Minería
		Pesca
		Salud
		Saneamiento ambiental
		Turismo
		Vialidad y transporte
x	Otros: Protección de ríos y canales	
Descripción resumida del proyecto:		
El proyecto consiste en la conformación de un Enrocado que proteja de futuras		

inundaciones al recinto Cien Familias			
Nivel de los estudios técnicos del proyecto:	x	Idea o pre factibilidad	
		Factibilidad	
		Definitivo	
Categoría del Proyecto:	x	Construcción	
		Rehabilitación	
		Ampliación o mejoramiento	
		Mantenimiento	
		Equipamiento	
		Capacitación	
		Apoyo	
		Otro (especificar):	
Datos del Promotor/Auspiciante			
Nombre o Razón Social:	Facultad de Ingeniería Civil ULVR		
Representante legal:	Ing. Fausto Cabrera		
Dirección:	Avenida de Las Américas		
Ciudad:	Guayaquil	Apartado Postal:	11 - 33
Teléfono:	2287-200		
Características del Área de Influencia			

Caracterización del Medio Físico			
Localización			
Región geográfica:	x	Costa	
		Sierra	
		Oriente	
		Insular	
Coordenadas:		Geográficas:	
		Zona 17, elipsoide WGS 84	
		Inicio: 9686834.62 , 643850.91	
		Fin: 9686925.34 , 644054.54	
Altitud:	x	A nivel del mar	
		Entre 0 y 500 msnm	
		Entre 501 y 2.300 msnm	
		Entre 2.301 y 3.000 msnm	
		Entre 3.001 y 4.000 msnm	
		Más de 4000 msnm	
Clima			
Temperatura:	x	Cálido-seco	Cálido-seco (0-500 msnm)
		Cálido-húmedo	Cálido-húmedo (0-500 msnm)
		Subtropical	Subtropical (500-2.300

			msnm)
		Templado	Templado (2.300-3.000 msnm)
		Frío	Frío (3.000-4.500 msnm)
		Glacial	Menor a 0 °C en altitud (>4.500 msnm)
Geología, geomorfología y suelos			
Ocupación actual del Área de influencia:	x	Asentamientos humanos	
	x	Áreas agrícolas o ganaderas	
		Áreas ecológicas protegidas	
		Bosques naturales o plantaciones forestales	
		Fuentes hidrológicas y cauces naturales	
		Manglares	
		Zonas arqueológicas	
		Zonas con riqueza hidrocarburíferas	
		Zonas con riquezas minerales	
		Zonas de potencial turístico	
		Zonas de valor histórico, cultural o religioso	
		Zonas escénicas únicas	
		Zonas inestables con riesgo sísmico	
		Zonas reservadas por seguridad nacional	
	Otra: (especificar)		
Pendiente del	x	Llano	El terreno es plano. Las pendientes son menores

suelo:			que el 30%.
		Ondulado	El terreno es ondulado. Las pendientes son suaves (entre 30% y 100 %).
		Montañoso	El terreno es quebrado. Las pendientes son mayores al 100 %.
Tipo de suelo:	x	Arcilloso	
		Arenoso	
		Semi-duro	
		Rocoso	
		Saturado	
Calidad del suelo:	x	Fértil	
		Semi-fértil	
		Erosionado	
		Otro (especifique)	
		Saturado	
Permeabilidad del suelo	x	Altas	El agua se infiltra fácilmente en el suelo. Los charcos de lluvia desaparecen rápidamente.
		Media	El agua tiene ciertos problemas para infiltrarse en el suelo. Los charcos permanecen algunas horas después de que ha llovido.
		Baja	El agua queda detenida en charcos por espacio de días. Aparecen aguas estancadas.

Condiciones de drenaje	x	Muy buenas	No existen estancamientos de agua, aún en época de lluvias
		Buenas	Existen estancamientos de agua que se forman durante las lluvias, pero que desaparecen a las pocas horas de cesar las precipitaciones
		Malas	Las condiciones son malas. Existen estancamientos de agua, aún en épocas cuando no llueve
Hidrología			
Fuentes	x	Agua superficial	
		Agua subterránea	
		Agua de mar	
		Ninguna	
Nivel freático	x	Alto	
		Profundo	
Precipitaciones		Altas	Lluvias fuertes y constantes
	x	Medias	Lluvias en época invernal o esporádicas
		Bajas	Casi no llueve en la zona
Aire			

Calidad del aire:	x	Pura	No existen fuentes contaminantes que lo alteren
		Buena	El aire es respirable, presenta malos olores en forma esporádica o en alguna época del año. Se presentan irritaciones leves en ojos y garganta.
		Mala	El aire ha sido poluído. Se presentan constantes enfermedades bronquio-respiratorias. Se verifica irritación en ojos, mucosas y garganta.
Recirculación de aire:	x	Muy Buena	Brisas ligeras y constantes Existen frecuentes vientos que renuevan la capa de aire
		Buena	Los vientos se presentan sólo en ciertas épocas y por lo general son escasos.
		Mala	
Ruido:	x	Bajo	No existen molestias y la zona transmite calma.
		Tolerable	Ruidos admisibles o esporádicos. No hay mayores molestias para la población y fauna existente.
		Ruidoso	Ruidos constantes y altos. Molestia en los habitantes debido a intensidad o por su frecuencia. Aparecen síntomas de sordera o de irritabilidad.

Caracterización del Medio Biótico		
Ecosistema		
		Páramo
		Bosque pluvial
	x	Bosque nublado
		Bosque seco tropical
		Ecosistemas marinos
		Ecosistemas lacustres
Vegetación y Flora		
Tipo de Cobertura Vegetal:	x	Bosques
		Arbustos
		Pastos
		Cultivos
		Matorrales
		Sin vegetación
Importancia de la Cobertura vegetal:	x	Común del sector
		Rara o endémica
		En peligro de extinción
		Protegida
		Intervenida

Usos de la vegetación:	x	Alimenticio
	x	Comercial
		Medicinal
		Ornamental
		Construcción
		Fuente de semilla
		Mitológico
	Otro (especifique):	
Fauna silvestre		
Tipología		Microfauna
		Insectos
	x	Anfibios
	x	Peces
	x	Reptiles
	x	Aves
	Mamíferos	
Importancia	x	Común
		Rara o única especie
		Frágil
		En peligro de extinción
Caracterización del Medio Socio-Cultural		

Demografía		
Nivel de consolidación Del área de influencia:	x	Urbana
		Periférica
		Rural
Tamaño de la población:	x	Entre 0 y 1.000 habitantes
		Entre 1.001 y 10.000 habitantes
		Entre 10.001 y 100.000 habitantes
		Más de 100.00 habitantes
Características étnicas de la Población:	x	Mestizos
		Indígena
		Negros
		Otro (especificar):
Infraestructura social		
Abastecimiento de agua:		Agua potable
		Conexión domiciliaria
		Agua de lluvia
		Grifo público
		Servicio permanente
		Racionado
		Banquero
	X	Acarreo manual

		Ninguno	
Evacuación de aguas Servidas:	x	Alcantarillado sanitario	
		Alcantarillado pluvial	
		Fosas sépticas	
		Letrinas	
		Ninguno	
Evacuación de aguas Lluvias:	x	Alcantarillado pluvial	
		Drenaje superficial	
		Ninguno	
Desechos sólidos		Barrido y recolección	
		Botadero a cielo abierto	
	x	Relleno sanitario	
		Otro (especificar):	Quema
Electrificación	x	Red energía eléctrica	
		Plantas eléctricas	
		Ninguno	
Transporte público	x	Servicio Urbano	
		Servicio intercantonal	
		Rancheras	
		Canoa	
		Otro (especifique):	Motos, camionetas

Vialidad y accesos	x	Vías principales	
		Vías secundarias	
		Camino vecinales	
		Vías urbanas	
		Otro (especifique):	
Telefonía	x	Red domiciliaria	
		Cabina pública	
		Ninguno	Celular
Actividades socio-económicas			
Aprovechamiento y uso de la tierra:	x	Residencial	
		Comercial	
		Recreacional	
	x	Productivo	
		Baldío	
		Otro (especificar):	
Tenencia de la tierra:	x	Terrenos privados	
		Terrenos comunales	
		Terrenos municipales	
		Terrenos estatales	
Organización social			

	<input checked="" type="checkbox"/>	Primer grado	Comunal, barrial
	<input checked="" type="checkbox"/>	Segundo grado	Pre-cooperativas, cooperativas
		Tercer grado	Asociaciones, federaciones, unión de organizaciones
		Otra	
Aspectos culturales			
Lengua	<input checked="" type="checkbox"/>	Español	
		Nativa	
		Otro (especificar):	
Religión	<input checked="" type="checkbox"/>	Católicos	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Evangélicos	
		Otra (especifique):	
Tradiciones	<input checked="" type="checkbox"/>	Ancestrales	
		Religiosas	
		Populares	
		Otras (especifique):	
Medio Perceptual			
Paisaje y turismo		Zonas con valor paisajístico	
		Atractivo turístico	

		Recreacional	
		Otro (especificar):	
Riesgos Naturales e inducidos			
Peligro de Deslizamientos	x	Inminente	La zona es muy inestable y se desliza con relativa frecuencia
		Latente	La zona podría deslizarse cuando se produzcan precipitaciones extraordinarias.
		Nulo	La zona es estable y prácticamente no tiene peligro de deslizamientos.
Peligro de Inundaciones	x	Inminente	La zona se inunda con frecuencia
		Latente	La zona podría inundarse cuando se produzcan precipitaciones extraordinarias.
		Nulo	La zona, prácticamente, no tiene peligro de inundaciones.
Peligro de Terremotos	x	Inminente	La tierra tiembla frecuentemente
		Latente	La tierra tiembla ocasionalmente (está cerca de o se ubica en fallas geológicas).
		Nulo	La tierra, prácticamente, no tiembla.

3.8. PRESUPUESTO Y COSTO DEL PROYECTO

3.8.1. PRESUPUESTO

 UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL 					
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL					
PRESUPUESTO REFERENCIAL					
OBRA:	ESTUDIO DEL DESAZOLVE Y MURO DE PROTECCION DEL ESTERO CAÑAS JUNTO AL RECINTO CIEN FAMILIAS, CANTON BALAO				
TRAMO:	SEGUN COORDENADAS				
CANTON:	BALAO				
				LONGITUD:	260 mt
RUBRO	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	OBRA CIVIL				
1.1	Enrocador > 80 cm	m ³	1081.60	10.09	10,913.34
1.2	Transporte de material petreo (> de 5 a 10 km)	m ³ -km	46508.80	0.35	16,278.08
1.3	Limpieza de canales de tierra con excavadora	m ³	1497.60	5.56	8,326.66
1.4	Material del sitio	m ³	1497.60	13.67	20,472.19
1.5	Material de prestamo importado	m ³	348.40	5.35	1,863.94
1.6	Transporte de material de prestamo importado	m ³ -km	14981.20	0.28	4,194.74
SUB-TOTAL					57,854.21
2	SEÑALIZACION				
2.1	Letrero de identificación de obra 1,20*0,60 - Estructura de madera	u	1.00	118.15	118.15
SUB-TOTAL					118.15
3	PLAN AMBIENTAL Y SOCIAL				
3.1	Señal hombres trabajando	u	2.00	73.38	146.76
3.2	Rótulos ambientales (0,60*1,20)m	u	2.00	118.15	236.30
3.3	Rótulos ambientales (1,20*2,40)m	u	2.00	281.04	562.08
3.4	Trampa para grasas y aceites	u	1.00	365.16	365.16
3.5	Fosas de desechos biodegradables	u	1.00	193.10	193.10
3.6	Recipiente para desechos sólidos	u	1.00	28.61	28.61
3.7	Cabina sanitaria portátil	mes	1.00	302.47	302.47
3.8	Agua para control de polvo del sitio	m ³	50.00	1.79	89.50
3.9	Requerimientos operativos por gestion social y ambiental de proyectos	día	1.00	750.12	750.12
SUB-TOTAL					2,674.10
TOTAL					60,646.46
Distancia de acarreo: 43 km Minas de Ponce Enrique					
Marzo del 2013					

3.8.2. ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL		FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL		UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL		FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL	
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
OBRA:	ESTUDIO DEL DESAZOLVE Y MURO DE PROTECCION DEL ESTERO CAÑAS JUNTO AL RECINTO CIEN FAMILIAS,						
TRAMO:	SEGUN COORDENADAS						
CANTON:	BALAO						
RUBRO:	1.1						(horas/unid.)
DETALLE:	Enrocador > 80 cm						UNIDAD: m ³ RENDIMIENTO: 0.1000
EQUIPOS							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	%
		A	B	C=A*B	R	D=C*R	
EXCAVADORA 128 HP/1,0 M3	C/H	1.00	38.00	38.00	0.1000	3.80	45.18%
SUBTOTAL M						3.800	45.18%
MANO DE OBRA							
DESCRIPCIÓN	CATEGORIA	CANTIDAD	JORNAL/hr	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	%
		A	B	C=A*B	R	D=C*R	
PEON	E2	10.00	2.56	25.60	0.1000	2.56	30.44%
ALBAÑIL	D2	1.00	2.58	2.58	0.1000	0.26	3.09%
MAESTRO DE OBRA	C2	1.00	2.56	2.56	0.1000	0.26	3.09%
EXCAVADORA	OPE G I	1.00	2.71	2.71	0.1000	0.27	3.21%
AYUDANTE DE OPERADOR DE EQUIPO	E2	1.00	2.56	2.56	0.1000	0.26	3.09%
SUBTOTAL N						3.610	42.93%
MATERIALES							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	%		
		A	B	C=A*B			
DERECHO DE MINA	M3	1.00	1.00	1.00	12.00%		
SUBTOTAL O						1.000	12.00%
TRANSPORTE							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	%		
		A	B	C=A*B			
SUBTOTAL P						0.000	0.00%
				TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	8.410	100.00%	
				INDIRECTOS Y UTILIDAD	20%	1.682	
				OTROS INDIRECTOS	0%	0.000	
				COSTO TOTAL DEL RUBRO	10.090		
Marzo del 2013							
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA							



UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA:	ESTUDIO DEL DESAZOLVE Y MURO DE PROTECCION DEL ESTERO CAÑAS JUNTO AL RECINTO CIEN FAMILIAS,		
TRAMO:	SEGUN COORDENADAS		
CANTON:	BALAO		
RUBRO:	1.2		(horas/unid.)
DETALLE:	Transporte de material petreo (> de 5 a 10 km)	UNIDAD: m ³ -km	RENDIMIENTO: 0.0100

EQUIPOS							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	%
		A	B	C=A*B	R	D=C*R	
VOLQUETA 9 M3	C/H	1.00	24.50	24.50	0.0100	0.25	86.21%
SUBTOTAL M						0.250	86.20%

MANO DE OBRA							
DESCRIPCIÓN	CATEGORIA	CANTIDAD	JORNAL/hr	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	%
		A	B	C=A*B	R	D=C*R	
CHOFER PROFESIONAL LICENCIA TIPO D (ES)	C1	1.00	3.91	3.91	0.0100	0.04	13.79%
SUBTOTAL N						0.040	13.80%

MATERIALES						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	%	
		A	B	C=A*B		
SUBTOTAL O				0.000	0.00%	

TRANSPORTE						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	%	
		A	B	C=A*B		
SUBTOTAL P				0.000	0.00%	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				0.290	100.00%	
INDIRECTOS Y UTILIDAD 20%				0.058		
OTROS INDIRECTOS 0%				0.000		
COSTO TOTAL DEL RUBRO				0.350		

Marzo del 2013

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA



UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA:	ESTUDIO DEL DESAZOLVE Y MURO DE PROTECCION DEL ESTERO CAÑAS JUNTO AL RECINTO CIEN FAMILIAS,		
TRAMO:	SEGUN COORDENADAS		
CANTON:	BALAO		
RUBRO:	1.3		(horas/unid.)
DETALLE:	Limpieza de canales de tierra con excavadora	UNIDAD: m ³	RENDIMIENTO: 0.1000

EQUIPOS							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	%
HERRAMIENTAS MENORES	GLOBAL	A	B	C=A*B	R	D=C*R	
EXCAVADORA 128 HP/1,0 M3	C/H	1.00	38.00	38.00	0.1000	3.80	82.07%
SUBTOTAL M						3.840	82.90%

MANO DE OBRA							
DESCRIPCIÓN	CATEGORIA	CANTIDAD	JORNAL/hr	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	%
EXCAVADORA	OPE G I	A	B	C=A*B	R	D=C*R	
AYUDANTE DE OPERADOR DE EQUIPO	E2	1.00	2.71	2.71	0.1000	0.27	5.83%
PEON	E2	1.00	2.56	2.56	0.1000	0.26	5.62%
SUBTOTAL N						0.790	17.10%

MATERIALES							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	%		
		A	B	C=A*B			
SUBTOTAL O						0.000	0.00%

TRANSPORTE							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	%		
		A	B	C=A*B			
SUBTOTAL P						0.000	0.00%

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				4.630	100.00%
INDIRECTOS Y UTILIDAD 20%				0.926	
OTROS INDIRECTOS 0%				0.000	
COSTO TOTAL DEL RUBRO				5.560	

Marzo del 2013

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA



UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: ESTUDIO DEL DESAZOLVE Y MURO DE PROTECCION DEL ESTERO CAÑAS JUNTO AL RECINTO CIEN FAMILIAS,
TRAMO: SEGUN COORDENADAS
CANTON: BALAO
RUBRO: 1.5 (horas/unid.)
DETALLE: Material de prestamo importado **UNIDAD:** m³ **RENDIMIENTO:** 0.0220

EQUIPOS							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	%
		A	B	C=A*B	R	D=C*R	
TRACTOR DE ORUGAS 175 HP	C/H	1.00	65.58	65.58	0.0220	1.44	32.29%
MOTONIVELADORA MG330 135 HP	C/H	1.00	44.91	44.91	0.0220	0.99	22.20%
RODILLO P.C. VIBRATORIO	C/H	1.00	29.00	29.00	0.0220	0.64	14.35%
CAMION TANQUERO AGUA CON BOMBA	C/H	1.00	25.59	25.59	0.0220	0.56	12.56%
SUBTOTAL M						3.630	81.40%

MANO DE OBRA							
DESCRIPCIÓN	CATEGORIA	CANTIDAD	JORNAL/hr	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	%
		A	B	C=A*B	R	D=C*R	
TRACTOR CARRILES O RUEDAS (BULLDOZER)	OPE G I	1.00	2.71	2.71	0.0220	0.06	1.35%
MOTONIVELADORA	OPE G I	1.00	2.71	2.71	0.0220	0.06	1.35%
RODILLO AUTOPROPULSADO	OPE G II	1.00	2.66	2.66	0.0220	0.06	1.35%
AYUDANTE DE OPERADOR DE EQUIPO	E2	1.00	2.56	2.56	0.0220	0.06	1.35%
CHOFER PROFESIONAL LICENCIA TIPO D (EST)	C1	1.00	3.91	3.91	0.0220	0.09	2.02%
SUBTOTAL N						0.330	7.40%

MATERIALES						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	%	
		A	B	C=A*B		
DERECHO DE MINA	M3	1.00	0.50	0.50		11.00%
SUBTOTAL O				0.500		11.00%

TRANSPORTE						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	%	
		A	B	C=A*B		
SUBTOTAL P				0.000		0.00%

	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	4.460	100.00%
	INDIRECTOS Y UTILIDAD 20%	0.892	
	OTROS INDIRECTOS 0%	0.000	
	COSTO TOTAL DEL RUBRO	5.350	

Marzo del 2013

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA



UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: ESTUDIO DEL DESAZOLVE Y MURO DE PROTECCION DEL ESTERO CAÑAS JUNTO AL RECINTO CIEN FAMILIAS,
TRAMO: SEGUN COORDENADAS
CANTON: BALAO

RUBRO: 1.6 (horas/unid.)
DETALLE: Transporte de material de prestamo importado **UNIDAD:** m³-km **RENDIMIENTO:** 0.0080

EQUIPOS								
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	%	
		A	B	C=A*B	R	D=C*R		
VOLQUETA 9 M3	C/H	1.00	24.50	24.50	0.0080	0.20	86.96%	
SUBTOTAL M						0.200	87.00%	

MANO DE OBRA								
DESCRIPCIÓN	CATEGORIA	CANTIDAD	JORNAL/hr	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	%	
		A	B	C=A*B	R	D=C*R		
CHOFER PROFESIONAL LICENCIA TIPO D (ES)	C1	1.00	3.91	3.91	0.0080	0.03	13.04%	
SUBTOTAL N						0.030	13.00%	

MATERIALES						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	%	
		A	B	C=A*B		
SUBTOTAL O				0.000	0.00%	

TRANSPORTE						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	%	
		A	B	C=A*B		
SUBTOTAL P				0.000	0.00%	

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				0.230	100.00%
INDIRECTOS Y UTILIDAD				20%	0.046
OTROS INDIRECTOS				0%	0.000
COSTO TOTAL DEL RUBRO				0.280	

Marzo del 2013

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA



UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: ESTUDIO DEL DESAZOLVE Y MURO DE PROTECCION DEL ESTERO CAÑAS JUNTO AL RECINTO CIEN FAMILIAS,
TRAMO: SEGUN COORDENADAS
CANTON: BALAO

RUBRO: 2.1 (horas/unid.)
DETALLE: Letrero de identificación de obra 1,20*0,60 - Estructura de madera **UNIDAD:** u **RENDIMIENTO:** 1.500

EQUIPOS							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	%
		A	B	C=A*B	R	D=C*R	
HERRAMIENTAS MENORES	GLOBAL	1.00	1.50	1.50	0.460	0.69	0.70%
SUBTOTAL M						0.690	0.70%

MANO DE OBRA							
DESCRIPCIÓN	CATEGORIA	CANTIDAD	JORNAL/hr	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	%
		A	B	C=A*B	R	D=C*R	
PEON	E2	2.00	2.56	5.12	1.500	7.68	7.80%
CARPINTERO	D2	1.00	2.58	2.58	1.500	3.87	3.93%
MAESTRO DE OBRA	C2	1.00	2.56	2.56	1.500	3.84	3.90%
SUBTOTAL N						15.390	15.60%

MATERIALES							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	%		
		A	B	C=A*B			
CUARTONES 2"x3"x4m	U	2.00	3.00	6.00	6.00%		
TIRAS 1"x3"x3,8m	U	2.00	1.50	3.00	3.00%		
CLAVOS 2 1/2"	KG	0.25	1.52	0.38	0.00%		
PLANCHA DE PLYWOOD DE 1,22X2,44M DE 12MM	U	0.50	38.00	19.00	19.00%		
LEYENDA EN PANAFLEX	U	1.00	50.00	50.00	51.00%		
SUBTOTAL O						78.380	79.00%

TRANSPORTE							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	%		
		A	B	C=A*B			
TRANSPORTE	GLOBAL	1	4.00	4.00	4.00%		
SUBTOTAL P						4.000	4.00%

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				98.460	100.00%
INDIRECTOS Y UTILIDAD				19.692	
OTROS INDIRECTOS				0.000	
COSTO TOTAL DEL RUBRO				118.150	

Marzo del 2013

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA



UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: ESTUDIO DEL DESAZOLVE Y MURO DE PROTECCION DEL ESTERO CAÑAS JUNTO AL RECINTO CIEN FAMILIAS,
TRAMO: SEGUN COORDENADAS
CANTON: BALAO
RUBRO: 3.1 (horas/unid.)
DETALLE: Señal hombres trabajando **UNIDAD:** u **RENDIMIENTO:** 5.260

EQUIPOS							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	%
		A	B	C=A*B	R	D=C*R	
HERRAMIENTAS MENORES	GLOBAL	1.00	1.50	1.50	0.807	1.21	1.98%
SUBTOTAL M						1.210	2.00%

MANO DE OBRA							
DESCRIPCIÓN	CATEGORIA	CANTIDAD	JORNAL/hr	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	%
		A	B	C=A*B	R	D=C*R	
PEON	E2	1.00	2.56	2.56	5.260	13.47	22.03%
MAESTRO DE OBRA	C2	1.00	2.56	2.56	5.260	13.47	22.03%
SUBTOTAL N						26.940	44.10%

MATERIALES							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	%		
		A	B	C=A*B			
SEÑAL HOMBRES TRABAJANDO	U	1.00	30.00	30.00	49.00%		
SUBTOTAL O				30.000	49.00%		

TRANSPORTE							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	%		
		A	B	C=A*B			
TRANSPORTE	GLOBAL	1	3.00	3.00	5.00%		
SUBTOTAL P				3.000	5.00%		

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				61.150	100.00%		
INDIRECTOS Y UTILIDAD				12.230			
OTROS INDIRECTOS				0.000			
COSTO TOTAL DEL RUBRO				73.380			

Marzo del 2013

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA



UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA:	ESTUDIO DEL DESAZOLVE Y MURO DE PROTECCION DEL ESTERO CAÑAS JUNTO AL RECINTO CIEN FAMILIAS,		
TRAMO:	SEGUN COORDENADAS		
CANTON:	BALAO		
RUBRO:	3.2		(horas/unid.)
DETALLE:	Rótulos ambientales (0,60*1,20)m	UNIDAD: u	RENDIMIENTO: 1.500

EQUIPOS							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	%
HERRAMIENTAS MENORES	GLOBAL	A 1.00	B 1.50	C=A*B 1.50	R 0.460	D=C*R 0.69	0.70%
SUBTOTAL M						0.690	0.70%

MANO DE OBRA							
DESCRIPCIÓN	CATEGORIA	CANTIDAD	JORNAL/hr	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	%
PEON	E2	A 2.00	B 2.56	C=A*B 5.12	R 1.500	D=C*R 7.68	7.80%
CARPINTERO	D2	1.00	2.58	2.58	1.500	3.87	3.93%
MAESTRO DE OBRA	C2	1.00	2.56	2.56	1.500	3.84	3.90%
SUBTOTAL N						15.390	15.60%

MATERIALES							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO			
CUARTONES 2"x3"x4m	U	A 2.00	B 3.00	C=A*B 6.00			6.00%
TIRAS 1"x3"x3,8m	U	2.00	1.50	3.00			3.00%
CLAVOS 2 1/2"	KG	0.25	1.52	0.38			0.00%
PLANCHA DE PLYWOOD DE 1,22X2,44M DE 12MM	U	0.50	38.00	19.00			19.00%
LEYENDA EN PANAFLEX	U	1.00	50.00	50.00			51.00%
SUBTOTAL O						78.380	79.00%

TRANSPORTE							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO			
TRANSPORTE	GLOBAL	A 1	B 4.00	C=A*B 4.00			4.00%
SUBTOTAL P						4.000	4.00%

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				98.460	100.00%
INDIRECTOS Y UTILIDAD 20%				19.692	
OTROS INDIRECTOS 0%				0.000	
COSTO TOTAL DEL RUBRO				118.150	

Marzo del 2013

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA



UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: ESTUDIO DEL DESAZOLVE Y MURO DE PROTECCION DEL ESTERO CAÑAS JUNTO AL RECINTO CIEN FAMILIAS,
TRAMO: SEGUN COORDENADAS
CANTON: BALAO

RUBRO: 3.3 (horas/unid.)
DETALLE: Rótulos ambientales (1,20*2,40)m **UNIDAD:** u **RENDIMIENTO:** 2.000

EQUIPOS							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	%
		A	B	C=A*B	R	D=C*R	
HERRAMIENTAS MENORES	GLOBAL	1.00	1.50	1.50	0.613	0.92	0.39%
SUBTOTAL M						0.920	0.40%

MANO DE OBRA							
DESCRIPCIÓN	CATEGORIA	CANTIDAD	JORNAL/hr	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	%
		A	B	C=A*B	R	D=C*R	
PEON	E2	2.00	2.56	5.12	2.000	10.24	4.37%
CARPINTERO	D2	1.00	2.58	2.58	2.000	5.16	2.20%
MAESTRO DE OBRA	C2	1.00	2.56	2.56	2.000	5.12	2.19%
SUBTOTAL N						20.520	8.80%

MATERIALES							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	%		
		A	B	C=A*B			
CUARTONES 2"x3"x4m	U	4.00	3.00	12.00	5.00%		
TIRAS 1"x3"x3,8m	U	4.00	1.50	6.00	3.00%		
CLAVOS 2 1/2"	KG	0.50	1.52	0.76	0.00%		
PLANCHA DE PLYWOOD DE 1,22X2,44M DE 12MM	U	1.00	38.00	38.00	16.00%		
LEYENDA EN PANAFLEX	U	3.00	50.00	150.00	64.00%		
SUBTOTAL O						206.760	88.00%

TRANSPORTE							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	%		
		A	B	C=A*B			
TRANSPORTE	GLOBAL	1	6.00	6.00	3.00%		
SUBTOTAL P						6.000	3.00%

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				234.200	100.00%
INDIRECTOS Y UTILIDAD				20%	46.840
OTROS INDIRECTOS				0%	0.000
COSTO TOTAL DEL RUBRO				281.040	

Marzo del 2013

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA



UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA:	ESTUDIO DEL DESAZOLVE Y MURO DE PROTECCION DEL ESTERO CAÑAS JUNTO AL RECINTO CIEN FAMILIAS,		
TRAMO:	SEGUN COORDENADAS		
CANTON:	BALAO		
RUBRO:	3.4		(horas/unid.)
DETALLE:	Trampa para grasas y aceites	UNIDAD: u	RENDIMIENTO: 3.9246

EQUIPOS							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	%
HERRAMIENTAS MENORES	GLOBAL	A 1.00	B 1.50	C=A*B 1.50	R 2.720	D=C*R 4.08	1.34%
SUBTOTAL M						4.080	1.30%

MANO DE OBRA							
DESCRIPCIÓN	CATEGORIA	CANTIDAD	JORNAL/hr	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	%
MAESTRO DE OBRA	C2	A 1.00	B 2.56	C=A*B 2.56	R 3.9246	D=C*R 10.05	3.30%
CARPINTERO	D2	1.00	2.58	2.58	3.9246	10.13	3.33%
FIERRERO	D2	1.00	2.58	2.58	3.9246	10.13	3.33%
AYUDANTE DE ALBAÑIL	E2	2.00	2.56	5.12	3.9246	20.09	6.60%
PEON	E2	4.00	2.56	10.24	3.9246	40.19	13.21%
SUBTOTAL N						90.590	29.80%

MATERIALES							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	%		
HORMIGON fc=140kg/cm2 (INCL. ENCOFRADO)	M3	A 0.56	B 92.00	C=A*B 51.52	17.00%		
ACERO ESTRUCTURAL	KG	16.96	1.54	26.12	9.00%		
TUBO PVC 4"	ML	2.00	2.91	5.82	2.00%		
CODO PVC 4"	U	2.00	2.09	4.18	1.00%		
BLOQUE LIVIANO DE 14X19X39 CM	U	250.00	0.39	97.50	32.00%		
CEMENTO	SACO	2.00	6.25	12.50	4.00%		
ARENA	M3	0.11	8.78	0.97	0.00%		
AGUA	M3	0.02	1.08	0.02	0.00%		
SUBTOTAL O						198.630	65.00%

TRANSPORTE							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	%		
TRANSPORTE	GLOBAL	A 1	B 11.00	C=A*B 11.00	4.00%		
SUBTOTAL P						11.000	4.00%

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				304.300	100.00%
INDIRECTOS Y UTILIDAD				20%	60.860
OTROS INDIRECTOS				0%	0.000
COSTO TOTAL DEL RUBRO				365.160	

Marzo del 2013

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA



UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: ESTUDIO DEL DESAZOLVE Y MURO DE PROTECCION DEL ESTERO CAÑAS JUNTO AL RECINTO CIEN FAMILIAS,
TRAMO: SEGUN COORDENADAS
CANTON: BALAO

RUBRO: 3.5 (horas/unid.)
DETALLE: Fosas de desechos biodegradables **UNIDAD:** u **RENDIMIENTO:** 6.0606

EQUIPOS							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	%
		A	B	C=A*B	R	D=C*R	
HERRAMIENTAS MENORES	GLOBAL	1.00	1.50	1.50	3.267	4.90	3.04%
SUBTOTAL M						4.900	3.00%

MANO DE OBRA							
DESCRIPCIÓN	CATEGORIA	CANTIDAD	JORNAL/hr	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	%
		A	B	C=A*B	R	D=C*R	
MAESTRO DE OBRA	C2	1.00	2.56	2.56	6.0606	15.52	9.64%
CARPINTERO	D2	1.00	2.58	2.58	6.0606	15.64	9.72%
FIERRERO	D2	1.00	2.58	2.58	6.0606	15.64	9.72%
AYUDANTE DE ALBAÑIL	E2	1.00	2.56	2.56	6.0606	15.52	9.64%
PEON	E2	3.00	2.56	7.68	6.0606	46.55	28.93%
SUBTOTAL N						108.870	67.70%

MATERIALES						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	%	
		A	B	C=A*B		
HORMIGON fc=140kg/cm2 (INCL. ENCOFRADO)	M3	0.25	92.00	23.00	14.00%	
ACERO ESTRUCTURAL	KG	5.20	1.54	8.01	5.00%	
TUBO PVC 4"	ML	4.00	2.91	11.64	7.00%	
SUBTOTAL O					42.650	26.00%

TRANSPORTE						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	%	
		A	B	C=A*B		
TRANSPORTE	GLOBAL	1	4.50	4.50	3.00%	
SUBTOTAL P					4.500	3.00%

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				160.920	100.00%
INDIRECTOS Y UTILIDAD				32.184	
OTROS INDIRECTOS				0.000	
COSTO TOTAL DEL RUBRO				193.100	

Marzo del 2013

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA



UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: ESTUDIO DEL DESAZOLVE Y MURO DE PROTECCION DEL ESTERO CAÑAS JUNTO AL RECINTO CIEN FAMILIAS,
TRAMO: SEGUN COORDENADAS
CANTON: BALAO

RUBRO: 3.6 (horas/unid.)
DETALLE: Recipiente para desechos sólidos **UNIDAD:** u **RENDIMIENTO:** 0.7500

EQUIPOS							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	%
		A	B	C=A*B	R	D=C*R	
SUBTOTAL M						0.000	0.00%

MANO DE OBRA							
DESCRIPCIÓN	CATEGORIA	CANTIDAD	JORNAL/hr	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	%
		A	B	C=A*B	R	D=C*R	
MAESTRO DE OBRA	C2	1.00	2.56	2.56	0.7500	1.92	8.05%
PEON	E2	1.00	2.56	2.56	0.7500	1.92	8.05%
SUBTOTAL N						3.840	16.10%

MATERIALES							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	%		
		A	B	C=A*B			
RECIPIENTE PARA DESECHOS	U	1.00	18.00	18.00		76.00%	
SUBTOTAL O						18.000	76.00%

TRANSPORTE							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	%		
		A	B	C=A*B			
TRANSPORTE	GLOBAL	1	2.00	2.00		8.00%	
SUBTOTAL P						2.000	8.00%

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				23.840	100.00%
INDIRECTOS Y UTILIDAD 20%				4.768	
OTROS INDIRECTOS 0%				0.000	
COSTO TOTAL DEL RUBRO				28.610	

Marzo del 2013

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA



UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: ESTUDIO DEL DESAZOLVE Y MURO DE PROTECCION DEL ESTERO CAÑAS JUNTO AL RECINTO CIEN FAMILIAS,
TRAMO: SEGUN COORDENADAS
CANTON: BALAO
RUBRO: 3.7 (horas/unid.)
DETALLE: Cabina sanitaria portátil **UNIDAD:** mes **RENDIMIENTO:** 1.0000

EQUIPOS							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	%
		A	B	C=A*B	R	D=C*R	
SUBTOTAL M						0.000	0.00%

MANO DE OBRA							
DESCRIPCIÓN	CATEGORIA	CANTIDAD	JORNAL/hr	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	%
		A	B	C=A*B	R	D=C*R	
MAESTRO DE OBRA	C2	1.00	2.56	2.56	1.0000	2.56	1.02%
SUBTOTAL N						2.560	1.00%

MATERIALES							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO			
		A	B	C=A*B			
CABINA SANITARIA PORTÁTIL	MES	1.00	249.50	249.50			99.00%
SUBTOTAL O						249.500	99.00%

TRANSPORTE							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO			
		A	B	C=A*B			
SUBTOTAL P						0.000	0.00%

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				252.060	100.00%
INDIRECTOS Y UTILIDAD 20%				50.412	
OTROS INDIRECTOS 0%				0.000	
COSTO TOTAL DEL RUBRO				302.470	

Marzo del 2013

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA



UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: ESTUDIO DEL DESAZOLVE Y MURO DE PROTECCION DEL ESTERO CAÑAS JUNTO AL RECINTO CIEN FAMILIAS,
TRAMO: SEGUN COORDENADAS
CANTON: BALAO

RUBRO: 3.8 (horas/unid.)
DETALLE: Agua para control de polvo del sitio **UNIDAD:** m³ **RENDIMIENTO:** 0.00278

EQUIPOS								
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	%	
		A	B	C=A*B	R	D=C*R		
CAMION TANQUERO AGUA CON BOMBA	C/H	1.00	25.59	25.59	0.00278	0.07	4.70%	
SUBTOTAL M						0.070	4.70%	

MANO DE OBRA								
DESCRIPCIÓN	CATEGORIA	CANTIDAD	JORNAL/hr	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	%	
		A	B	C=A*B	R	D=C*R		
CHOFER PROFESIONAL LICENCIA TIPO D (ES PEON)	C1	1.00	3.91	3.91	0.00278	0.01	0.67%	
	E2	1.00	2.56	2.56	0.00278	0.01	0.67%	
SUBTOTAL N						0.020	1.30%	

MATERIALES						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	%	
		A	B	C=A*B		
AGUA	M3	1.30	1.08	1.40	94.00%	
SUBTOTAL O				1.400	94.00%	

TRANSPORTE						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	%	
		A	B	C=A*B		
SUBTOTAL P				0.000	0.00%	

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				1.490	100.00%	
INDIRECTOS Y UTILIDAD				20%	0.298	
OTROS INDIRECTOS				0%	0.000	
COSTO TOTAL DEL RUBRO				1.790		

Marzo del 2013

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

3.8.3. CRONOGRAMA DE EJECUCION

 UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL 						
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL						
CRONOGRAMA VALORADO DE OBRA						
OBRA:	ESTUDIO DEL DESAZOLVE Y MURO DE PROTECCION DEL ESTERO CAÑAS JUNTO AL RECINTO CIEN FAMILIAS, CANTON BALAO					
TRAMO:	SEGUN COORDENADAS					
CANTON:	BALAO			MESES:	2	
				LONGITUD:	260 mt	
RUBRO	DETALLE	UNIDAD	PRECIO TOTAL	MESES DE OBRA		
				1ER MES	2DO MES	
1	OBRA CIVIL					
1.1	Enrocador > 80 cm	m ³	10,913.34	5,456.67	5,456.67	
1.2	Transporte de material petreo (> de 5 a 10 km)	m ³ -km	16,278.08	8,139.04	8,139.04	
1.3	Limpieza de canales de tierra con excavadora	m ³	8,326.66	4,163.33	4,163.33	
1.4	Material del sitio	m ³	20,472.19	10,236.10	10,236.10	
1.5	Material de prestamo importado	m ³	1,863.94	931.97	931.97	
1.6	Transporte de material de prestamo importado	m ³ -km	4,194.74	2,097.37	2,097.37	
SUB-TOTAL			62,048.95	31,024.48	31,024.48	
2	SEÑALIZACION					
2.1	Letrero de identificación de obra 1,20*0,60 - Estructura de madera	u	118.15	118.00		
SUB-TOTAL			118.15	118.00		
3	PLAN AMBIENTAL Y SOCIAL					
3.1	Señal hombres trabajando	u	146.76	73.38	73.38	
3.2	Rótulos ambientales (0,60*1,20)m	u	236.30	118.15	118.15	
3.3	Rótulos ambientales (1,20*2,40)m	u	562.08	281.04	281.04	
3.4	Trampa para grasas y aceites	u	365.16	182.58	182.58	
3.5	Fosas de desechos biodegradables	u	193.10	96.55	96.55	
3.6	Recipiente para desechos sólidos	u	28.61	14.31	14.31	
3.7	Cabina sanitaria portátil	mes	302.47	151.24	151.24	
3.8	Agua para control de polvo del sitio	m ³	89.50	44.75	44.75	
3.9	Requerimientos operativos por gestion social y ambiental de proyectos	día	750.12	375.06	375.06	
SUB-TOTAL			2,674.10	1,337.06	1,337.06	
TOTAL CONTRATO			64,841.20			
	INVERCION		64,841.20	32,479.54	32,361.54	
	AVANCE EN %		100%	50%	50%	
	INVERSION ACUMULADA		64,841.20	32,479.54	64,841.08	
	AVANCE ACUMULADO EN PORCENTAJE		100%	50%	100%	
Marzo del 2013						

CONCLUSIONES

- Luego del uso de aplicaciones informáticas en comparación con los cálculos manuales se observa que los cálculos son fidedignos. Tal es el caso del HEC-HMS 3.5 y H-CANALES.
- El método de obtención de datos de caudales para ingresar en el programa fueron: El Mapa de Zonificación del INHAMI con sus respectivas fórmulas de intensidad para un periodo de retorno de 25 años, tablas de coeficiente de Manning, de número de curvas CN, Método de los Bloques Alternos de Ven Te Chow para la obtención del hietograma.
- La figura 73 muestra la sección típica promedio del muro en la actualidad y según se demuestra que es realmente insuficiente para contener el caudal que lo atraviesa en cada invierno.
- Para el diseño se escogió un periodo de retorno de 25 años porque es la sección que permite el control de inundación en el sector.
- La altura de diseño presentada supera en 1.00 metros a la que se encuentra en la actualidad.
- Las condiciones físicas del muro de contención actual junto al margen del Estero Cañas es insuficiente para prevenir inundaciones máximas durante la temporada invernal y debido a esto los morados del sector se mantienen con incertidumbre y temor.
- El diseño de un muro de contención junto al margen del Estero mejorará la calidad de vida de los moradores ubicados en el Recinto Cien Familias.
- El diseño de un muro de contención no depende solo de las características de la estructura y del relleno a soportar sino del fiel análisis hidrológico e hidráulico.
- Para la selección adecuada de un tipo de muro debe tener en cuenta función que deba cumplir, así como también de las condiciones imperantes del suelo, materiales de construcción disponibles, tipos de carga a soportar, facilidad constructiva, economía, y demás.

- Se presenta azolvado el Estero Cañas por lo que el material de desazolve servirá para la conformación del muro, esta se la hizo con una altura de 0.60mt por ser la altura común que se azolva en los ríos, esteros y canales.
- El talud es 1:1. El uso de este talud se debe a que según la práctica y lo que dice las ediciones de Braja Das que es lo mínimo y seguro que puede tener un talud para asegurar su estabilidad, siempre y cuando el suelo sea resistente a él. La prueba de laboratorio adjuntada al anexo nos lo confirma. Antes y al final del diseño se han construidos otros muros y se mantienen en excelente estado con un factor horizontal menor a 1.5.
- Se aclara que esta investigación reconoce la importancia de la Ingeniería de Suelos y Geotécnica en el diseño de Diques y Muros de Contención, sin embargo los objetivos presentes son basados en el temas general que obtuvo el Seminario de Grado brindado por la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil: Gestión de Recursos Hídricos.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda para la obtención de caudales y valores de diseños hidrológicos e hidráulicos el uso de programas informáticos brindados por instituciones científicas de reconocimiento mundial.
- La protección del muro es el factor de seguridad que es 1 en la horizontal respecto a la vertical y su material de préstamo importado debe ser capaz de adaptarse a tal factor.
- Para su proceso constructivo se recomienda utilizar las Normas Ecuatorianas de Construcción.

BIBLIOGRAFIA

- http://www.ecuaworld.com.ec/hidrografia_ecuatoriana.htm
 - <http://www.slideshare.net/johannaximena1/muros-de-contencion>
 - http://es.wikipedia.org/wiki/Período_de_retorno
 - <http://alexissandrade.blogspot.com/2012/04/estabilidad-de-taludes.html>
 - <http://es.wikipedia.org/wiki/Gaviones>
 - <https://es.wikipedia.org/wiki/Mampostería>
 - http://es.wikipedia.org/wiki/Protección_del_talud
 - http://www.efn.uncor.edu/archivos/doctorado_cs_ing/reyna/CAPITULO_2.pdf, Capítulo 2. Procesos atmosféricos, superficiales y sub-superficiales, página: 4
 - <http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/metodos-para-el-calculo-de-la-precipitacion-media-en-una-cuenca/>, MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA EN UNA CUENCA, CATEGORIA: HIDROLOGIA, ETIQUETAS: PRECIPITACION MEDIA.
1. Breña Puyol, Agustín Felipe, Jacobo Villa, Marco Antonio, se editó en formato electrónico el 10 de enero de 2006, Principios y Fundamentos de la Hidrología Superficial, UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA, Coordinación General de Vinculación y Desarrollo Institucional de la Rectoría General de la Universidad Autónoma Metropolitana, Tlalpan, D.F. México, desde pág.: 176 hasta pág.: 181.
 2. ING. PLAZA, JAVIER, 2012, SEMINARIO DE GRADO INGENIERIA CIVIL 2012-2013, MODULO DE DRENAJE VIAL, GUAYAQUIL, desde pág.: 26 hasta pág.: 30.
 3. OÑATE, FERNANDO, HIDROLOGIA, APUNTES DE CLASE, ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL, UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA, LOJA, DESDE PAG. 3 HASTA PAG. 114.
 4. Ing. Chávarri Velarde, Eduardo A., Curso: IA-4026 Hidrología Aplicada, Universidad Nacional Agraria La Molina – Facultad de Ingeniería Agrícola – DRAT, desde pág.: 1 hasta pág.: 10.

5. **Lázaro, Jesús Mateo, 2010, TESIS DOCTORAL, HIDROLOGIA DE CRECIDAS EN PEQUEÑAS Y MEDIANAS CUENCAS. APLICACIÓN CON MODELOS DIGITALES DEL TERRENO, Director: José Ángel Sánchez Navarro, Departamento de Ciencias de la tierra 2010, UNIVERSIDAD ZARAGOZA, ZARAGOZA, desde pág.: 51 hasta pág.: 61.**
6. **Lázaro, Jesús Mateo, 2010, TESIS DOCTORAL, HIDROLOGIA DE CRECIDAS EN PEQUEÑAS Y MEDIANAS CUENCAS. APLICACIÓN CON MODELOS DIGITALES DEL TERRENO, Director: José Ángel Sánchez Navarro, Departamento de Ciencias de la tierra 2010, UNIVERSIDAD ZARAGOZA, ZARAGOZA, desde pág.: 115 hasta pág.: 118.**
7. **RIVERA SISNEROS, YANDRI GUILLERMO, 2009, TESIS DE GRADO PREVIO A OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERIA CIVIL, ESTADO DEL ARTE DE LA INGENIERIA GEOTECNICA EN ESTABILIDAD DE TALUDES, UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA, LOJA 2009, desde pag.: xiii hasta pag.: xlvi.**

ANEXOS

- **Anexo 1 – Validación**
- **Anexo 2 – Encuestas**
- **Anexo 3 - Comentario Profesional**
- **Anexo 4 – Muestra de Suelo**
- **Anexo 5 – Planos**

ANEXOS