

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL



FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

"Análisis de las inundaciones y propuestas de soluciones técnicas
en la urbanización La Joya"

PROYECTO DE LA MATERIA INTEGRADORA

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO CIVIL

Presentado por:

Luis Xavier Vanegas Yaguana

David Francisco Vences Bravo

Docente supervisor:

Dr. Miguel Ángel Chávez

Guayaquil - Ecuador

2015

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios ante todo, por permitirme estar presente en este momento tan especial. A mi padre quien está velando por mí y hasta el último día de su vida me aconsejo y quiso que alcanzara esta meta, a mi madre quien me da su amor y la ayuda necesaria para seguir adelante, a mi hermana que me apoyó durante estos años de estudio. A los profesores, por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

Luis Vanegas Yaguana

AGRADECIMIENTO

Dedico este trabajo y agradezco a Dios, a mis padres por su apoyo incondicional y a los profesores de la facultad que fueron parte de mi formación académica, en especial al Dr. Miguel Ángel Chávez, profesor encargado de la materia integradora, y a la Ms. Alby Aguilar, coordinador de la carrera de Ingeniería Civil.

David Vinces Bravo

TRIBUNAL DE EVALUACIÓN

Dr. Miguel Ángel Chávez
DIRECTOR DEL PROYECTO

M,Sc. Alby Aguilar P
COORDINADORA DE
INGENIERÍA CIVIL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este proyecto, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

Luis Xavier Vanegas Yaguana

David Francisco Vines Bravo

RESUMEN

El presente trabajo consiste inicialmente en el análisis de las afectaciones que sufren, en cada periodo lluvioso, al menos dos etapas de la urbanización La Joya.

Con la finalidad de establecer técnicamente las causas de las inundaciones y aludes de lodo y guijarros que llegan a las partes más bajas de las etapas 1 y 2, se efectúa un análisis de la topografía general del área, además, de un modo especial de la hidrología, además de las características geotécnicas y las obras actualmente construidas.

Mediante los resultados de los trabajos realizados se llega a proponer soluciones complementarias y también correctivas de la actualmente existente.

Partiendo de las experiencias vividas en la urbanización, se realizan recomendaciones para futuros planes de vivienda, de un modo especial cuando las áreas habitadas están rodeadas de cerros o elevaciones.

INDICE GENERAL

Contenido	Página
RESUMEN	vi
INDICE GENERAL.....	vii
ABREVIATURAS	xi
SIMBOLOGIA.....	xii
INDICE DE FOTOS.....	xiv
INDICE DE FIGURAS.....	xvi
INDICE DE TABLAS	xvii
INDICE DE IMAGENES.....	xix
INDICE DE GRAFICOS	xx
CAPITULO 1	1
1.- INTRODUCCIÓN	1
1.1 Introducción	1
1.2 Antecedentes.....	2
1.3 Descripción del problema.....	4
1.4 Ubicación geográfica.....	8
CAPITULO 2	10

2.- INFORMACIÓN DISPONIBLE.....	10
CAPITULO 3	12
3.- ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS E HIDROLÓGICOS	12
3.1 Análisis Topográfico	12
3.2. Estudio hidrológico	15
3.2.1 Determinación de sub cuencas de drenaje.....	15
3.2.2 Determinación del tiempo de concentración	16
3.2.3 Determinación de la Intensidad de Lluvia.....	17
3.2.4 Estimación del cálculo de caudales en las sub. Cuencas	21
CAPITULO 4	23
4.- INFRAESTRUCTURA DE LA URBANIZACIÓN	23
4.1 Infraestructura.....	23
4.2 Servicios Básicos.....	24
CAPITULO 5	27
5.- ANÁLISIS DEL COMPONENTE AMBIENTAL E INCIDENCIAS SOCIO- ECONÓMICAS	27
5.1 Incidencias socio - económicas.....	27
5.2 Análisis del medio biótico del sector	30
5.2.1 Medio biótico	30
5.2.2 Flora	30
5.2.3 Fauna	32

5.3 Análisis de impactos	33
5.3.1 Análisis de impactos a la urbanización	33
CAPITULO 6	35
6.- INCIDENCIAS DE PRECIPITACIONES, CLIMA Y TEMPERATURA	35
6.1 Incidencias	35
6.2 Temperatura	38
6.3 Pluviosidad.....	38
6.4 Humedad relativa.....	39
CAPITULO 7	40
7.- ANÁLISIS GEOTÉCNICO Y ESTABILIDAD GENERAL DEL ÁREA.....	40
7.1 Geología y Geomorfología de la urbanización "La Joya"	40
7.2 Análisis de la estabilidad general del área.....	42
CAPITULO 8	53
8.- FORMULACIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.....	53
8.1 Soluciones de ingeniería	53
8.2 Reforestación en zonas erosionadas "La Joya, 2da etapa"	56
8.2.1 Aplicación	56
8.2.2 Beneficio	56
8.2.3 Aplicaciones adicionales.....	57
8.3 Diseño de canales revestidos de hormigón armado.....	59

8.3.1 Ventajas	59
8.3.2 Especificaciones de los canales	60
8.3.3 Dimensionamiento de canales	66
CAPITULO 9	70
9.- COSTOS ESTIMADOS.....	70
9.1 Costos de la re-forestación en zonas erosionadas.....	72
9.2 Costos del sistema de canales.....	73
CAPITULO 10	76
10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	76
10.1 Conclusiones	76
10.2 Recomendaciones para proyectos similares.	77
ANEXOS	
Anexos- Planos	
Anexos- Fotos	
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	

ABREVIATURAS

Ba	Basines
Ba'	Bancos
ca	Cauce antiguo
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
Lc	Llanura aluvial costera
Ma	Meandros abandonados
PMALJ	Plan de Manejo Ambiental La Joya
PVC	Policloruro de vinilo
Va	Valles encajonados

SIMBOLOGIA

A	Área del canal
A_d	Área de la cuenca hidrográfica
b	Ancho de solera
y	Ancho de solera
Q	Caudal máximo
cm	Centímetro
c	Coefficiente de escorrentía
H_{max}	Cota máxima superior de la cuenca
H_{min}	Cota mínima superior de la cuenca
H	Desnivel de la cuenca
°C	Grado Celsius
°	Grado Sexagesimal
Ha	Hectáreas
$I_{d;Tr}$	Intensidad de precipitación
$I_{;Tr}$	Intensidad en tiempo igual al de T_c
km	Kilometro
kg/cm²	Kilogramo por centímetro cuadrado
L	Longitud del cauce
m	Metros

m.s.n.m	Metros sobre el nivel del mar
mm	Milimetro
mm/H	Milímetro por hora
'	Minuto sexagesimal
S	Pendiente longitudinal
"	Pulgadas
n	Rugosidad maning
R	Radio hidráulico
"	Segundo sexagesimal
.	Símbolo de miles
,	Símbolo decimal
z	Talud según el material del canal
T_c	Tiempo de concentración

INDICE DE FOTOS

Foto 1.1	Canales de tierra para la evacuación de aguas lluvia estancadas correspondiente a la segunda etapa de La Joya.	5
Foto 1.2	Canal de evacuación de agua lluvia estancada	6
Foto 1.3	Canal azolvado, nótese la presencia de un tubo de descarga lateral hacia el canal.	6
Foto 1.4	Canal azolvado, nótese la presencia de un tubo de descarga lateral hacia el canal.	7
Foto 4.1	Canal de tierra para evacuación de aguas lluvia perteneciente a la 2da etapa La Joya.	24
Foto 7.1	Foto de un talud sin estabilizar "La Joya" etapa Opalo	44
Foto 7.2	Se aprecia como el material erosionado invade las cunetas, reduciendo la capacidad de desagüe de las mismas.	45
Foto 7.3	Foto de una zona de excavación y taludes sin estabilizar, propensa a deslizamiento, La Joya etapa Opalo.	46
Foto 7.4	Foto de una Zanja de desagüe "La Joya" etapa Corona.	46
Foto 7.5	Foto de un talud sin estabilizar donde el material erosionado fácilmente se desplazará hacia las cunetas.	47

Foto 7.6	Talud rocoso con peligro de deslizamientos por falta de estabilización	48
Foto 7.7	Material erosionado saliendo del alcantarillado pluvial.	48
Foto 7.8	Vivienda construida junto a un talud sin estabilizar.	49
Foto 7.9	Zona de excavación en donde se puede apreciar como el material erosionado esta esparcido a lado de la zanja de drenaje.	50
Foto 7.10	Deslizamiento de material erosionado hacia las calles de la urbanización	51
Foto 7.11	Deslizamiento de material erosionado hacia las calles de la urbanización	51
Foto 7.12	Fotografía de charcos de agua empozada al pie de un talud por operaciones de excavación	52
Foto 7.13	Canal con agua estancada, generación de malos olores y criadero de mosquitos	52

INDICE DE FIGURAS

Fig.1	Perfil rocoso cubierto con suelo apto para la re-vegetación	54
Fig.2	Solución a la caída de bloques en taludes.	54
Fig.3	Esquema del sistema de drenaje que converge en la etapa 2 de La Joya	55

INDICE DE TABLAS

Tabla I	Parámetros de la sub-cuencas	16
Tabla II	Tiempos de concentración para cada cuenca de La Joya	17
Tabla III	Ecuaciones de intensidad para las zonas del Ecuador (7).	18
Tabla IV	Intensidad de precipitación en un período igual al tiempo de concentración t_c .	20
Tabla V	Coefficiente de escorrentía según el tipo de suelo y cobertura vegetal (8).	22
Tabla VI	Valores de caudales de las sub. cuencas.	22
Tabla VII	Servicios Básicos en el área de influencia “La Joya 2da etapa (1).	25
Tabla VIII	Especies de flora registradas en el área de estudio (1).	31
Tabla IX	Especies de aves registradas en el área de estudio (1).	32
Tabla X	Condiciones Climáticas de la estación ubicada en la Universidad Estatal (7).	36
Tabla XI	Resumen de las condiciones climatológicas de la zona	38
Tabla XII	Beneficios de la vegetación con respecto a la erosión y estabilidad (10).	57
Tabla XIII	Secciones hidráulicas óptimas para canal trapezoidal (13).	62
Tabla XIV	Valores de rugosidad “n” de Manning (13).	63

Tabla XV	Radio mínimo para caudales menores a 20 m ³ /s (12).	65
Tabla XVI	Nuevos caudales para el diseño de canales	66
Tabla XVII	Tirantes normal y crítico tramo 1	67
Tabla XVIII	Tirantes normal y crítico tramo 2	68
Tabla XIX	Presupuesto de la reforestación en zonas erosionadas	72
Tabla XX	Presupuesto de los canales	73
Tabla XXI	Presupuesto total	74

INDICE DE IMAGENES

Imagen 1	Ubicación de la urbanización La Joya con sus etapas de desarrollo urbanístico (3).	9
Imagen 2	Urbanización La Joya construida en partes bajas y en laderas.	13
Imagen 3	Vista de la segunda etapa de La Joya, el área que más afectaciones ha sufrido.	14
Imagen 4	Intensidad de precipitación según las Zonas del Ecuador (7).	19
Imagen 5	Mapa geológico, el cual indica que la parroquia La Aurora - Daule se encuentra en la formación Piñón "KGb".	41
Imagen 6	Curvas para la estimación de borde libre (12).	64

INDICE DE GRAFICOS

Grafico 1	<i>Distribución temporal de precipitación de la estación ubicada en la Universidad Estatal (7).</i>	37
Grafico 2	<i>Distribución temporal de temperatura de la estación ubicada en la Universidad Estatal (7).</i>	37
Grafico 1	<i>Humedad relativa. Representación gráfica de los cambios de humedad relativa que ocurrieron hasta el año 2008 (1).</i>	39

CAPITULO 1

1.- INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

En el sector norte de la ciudad de Guayaquil se ha producido un desarrollo urbanístico bastante extenso en los últimos 20 años, el área que contiene varias urbanizaciones pertenece a los cantones Samborondón y Daule.

En el territorio perteneciente al cantón Daule se tienen las urbanizaciones: Villa Italia, El Condado, Villas Del Rio, Villa Club y la urbanización "La Joya", que es motivo del presente estudio.

La situación es que en los periodos invernales de los años 2012, en que la urbanización ha sido ocupada por los propietarios con lotes de servicio, con sus respectivas viviendas; dicho periodos lluviosos han

generado una descarga tanto de caudales de agua como de sedimentos, fragmentos de roca sobre las calles y también otras afectaciones directas sobre las viviendas.

Mediante el presente estudio se pretende analizar las condiciones naturales y se hace comparaciones con lo que se tiene actualmente. Se delimitan las áreas ocupadas por la urbanización y se cuantifican las áreas naturales que han sido afectadas para construir y desarrollar la urbanización.

Luego de valorar la situación actual se formulan soluciones técnicas que permiten manejar o al menos atenuar las afectaciones al medio natural, que constituyen la causa principal de las inundaciones.

1.2 Antecedentes

En el Km 14 de la Av. León Febres Cordero, ubicada en la parroquia La Aurora del cantón Daule, se encuentra la urbanización "La Joya", el cual es un proyecto que se ha venido desarrollando desde su inauguración el 26 de mayo del 2006 y actualmente está en planes de expandirse. La empresa DISMEDSA S.A ha sido la encargada de la construcción de este proyecto desde hace 9 años (1).

La urbanización “La Joya” dispone de doce grupos habitacionales, cada una con 450 viviendas aproximadamente, restan dos etapas por poblarse y tres más por construirse. En esta urbanización viven 22.000 personas, con lo que supera en población a los cantones como: Bucay, Isidro Ayora, Marcelino Maridueña, Palestina, Lomas de Sargentillo y Nobol (2).

Con la finalidad de satisfacer la necesidad de vivienda para familias de un nivel medio-alto, esta urbanización cuenta con 1.055 hectáreas totalmente urbanizadas. 30.756 unidades de vivienda, 9 centros comerciales, centro hospitalario con dos torres de consultorios y una de parqueos. Edificios de oficinas, edificios de apartamentos multifamiliares. Centros deportivos equipados con piscinas, canchas y gimnasios (3).

Sin tener en cuenta las situaciones ocurridas, es posible aceptar que se ha construido una infraestructura ordenada con servicios básicos y otras instalaciones propias de las urbanizaciones, sin embargo, los periodos lluviosos han generado afectaciones a las viviendas y a la propia infraestructura. Cuanto más intensas y prolongadas han sido las lluvias, mayores han sido los daños.

Las etapas más cercanas a la vía Perimetral denominadas; Rubí, Zafiro, Brillante, Onix, Diamante y Coral no han sufrido daños, en tanto que las etapas Esmeralda, Corona, Tiara, Platino, Turquesa, Ambar, Murano, Cuarzo, Perla, Opalo y Gema que corresponden a un segundo y tercer desarrollo han sufrido avalanchas de agua con sedimentos.

Es evidente que, si se construye todo el tercer desarrollo, este será el más afectado.

1.3 Descripción del problema

Entre los daños más importantes se tienen los siguientes.

- a) Inundaciones en las garitas y las calles de las ciudadelas en donde el agua lluvia se mezcla con las aguas servidas.
- b) Arrastre de material erosionado a las calles y villas de las etapas que están a su alrededor.
- c) Regresión del agua lluvia en los canales de drenaje, por falta de pendiente.
- d) Contaminación por mezclas de agua (residual y lluvia), aumento de humedad, criadero de mosquitos.

Alguno de los casos que se pueden observar en esta urbanización son los siguientes:



Foto 1.1.- Canales para la evacuación de aguas lluvia estancadas correspondiente a la segunda etapa de La Joya.
Fuente: Autores, Junio 2015.

Tal como se muestra en la foto 1.1, en cada canal de la urbanización se puede apreciar que el agua no sigue su curso, la sección del canal es insuficiente para su evacuación, los canales no tienen la suficiente profundidad ni pendiente por lo que el agua regresa a las tuberías que deben descargar y entonces se produce el rebose de agua por los sumideros.



Foto 1.2.- Canal de evacuación de agua lluvia estancada.
Fuente: Autores, Junio 2015.



Foto 1.3.- Fotografía de un Canal divisorio entre etapas, La Joya
Fuente: Autores, Junio 2015.

Existen varios canales que rodean las manzanas, como se puede apreciar en las fotos 1.2 y 1.3, el agua no drena, permanece estancada, con los siguientes problemas.

Se tiene canales azolvados (foto 1.4), por lo que los conductos son pequeños, lo que impide que se produzca el flujo y la descarga de caudales. Esta situación se tiene prácticamente en todas las etapas de La Joya, lo cual causa muchos inconvenientes a las viviendas.



Foto 1.4.- Canal azolvado, nótese la presencia de un tubo de descarga lateral hacia el canal. Fuente: Autores, Junio 2015.

1.4 Ubicación geográfica

El proyecto se localiza en la urbanización "LA JOYA", cuyas coordenadas son Latitud: $-2^{\circ}2'4,17''$ Longitud: $-79^{\circ}54'50,62''$ (4), se encuentra ubicado al Noreste de la ciudad de Guayaquil, pertenece a la jurisdicción del cantón Daule, parroquias Los Lojas y la Aurora, se localiza a la altura del km 14,5 de la Av. León Febres-Cordero Ribadeneira (vía Perimetral), en el tramo Puntilla-Pascuales (3).

Tal como se puede observar en la Imagen 1, La Joya se encuentra en medio de las urbanizaciones **Plaza Madeira** (izquierda) y **Vicolinci** (derecha), al frente está el estadio La Fortaleza de River Plate Ec y más lejos se puede apreciar el **Rio Daule** el cual es la fuente natural en donde la urbanización "La Joya" descarga sus aguas lluvia y aguas residuales semi tratadas.

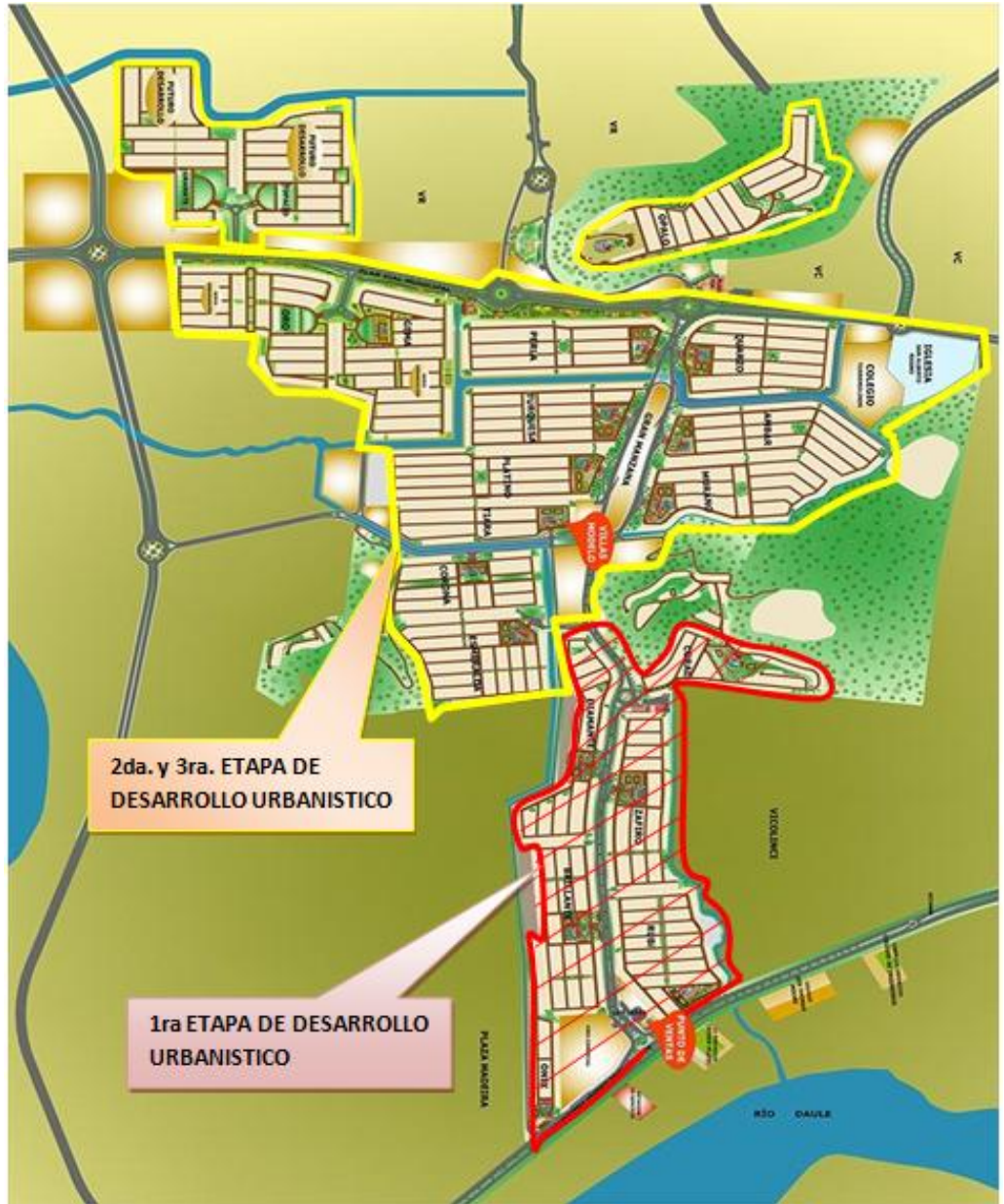


Imagen 1.- La Joya con sus etapas de desarrollo urbanístico.
Fuente: La Joya Ecuador.

CAPITULO 2

2.- INFORMACIÓN DISPONIBLE

A continuación se presenta un listado de los documentos que han aportado con información para el presente estudio:

Cartas topográficas del IGM

Son planos topográficos del IGM, 1:50.000 que permiten entender como era el terreno antes de urbanizarse, así como la dirección de descarga natural en la cuenca de drenaje y los desniveles en curvas de nivel cada 20 m.

Planos urbanísticos de La Joya

Información proveniente de los administradores, con lo cual ha sido posible identificar las áreas afectadas y no afectadas.

Geología del área de estudio: Daule, La Aurora

Información proveniente de la Dirección Nacional de Geología y Minas, que permite realizar una caracterización geológica.

Plan de manejo ambiental La Joya segunda etapa

Documento elaborado previo a la construcción del proyecto urbanístico La Joya.

Información hidrológica, climática INAMHI 2012

Obtenida del INAMHI, esta información nos proporciona los datos para conocer las condiciones climáticas de la zona, así también para estimar intensidades de precipitación.

Estudios socio - económicos

Información general proveniente de la municipalidad de Daule, que sirve para enmarcar el proyecto urbanístico La Joya dentro del contexto cantonal.

CAPITULO 3

3.- ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS E HIDROLÓGICOS

3.1 Análisis Topográfico

Con la finalidad de valorar las características topográficas se utilizó la herramienta de Google Maps y Google Earth, mediante esta tecnología disponible en el Internet se logra observar el área ocupada por la urbanización y sus entornos en tres dimensiones.

Es posible constatar que varias etapas de la urbanización están rodeadas de elevaciones, tal como se observa en la imagen 2.



Imagen 2.- Urbanización La Joya construida en partes bajas y en laderas. Fuente: Google earth, Junio 2015.

Nótese que se tiene varias elevaciones que rodean las partes más bajas de dicha urbanización.

En la imagen 3, se constata el área más afectada por las inundaciones y aludes de rocas, lo que se ha observado físicamente.



Imagen 3.- Vista de la segunda etapa de “La Joya”, el área más afectada. Fuente: Google earth, Junio 2015.

Debido a que "La Joya" es parte de un área de desarrollo urbanístico, fue posible conseguir de los diseñadores de dichas obras un levantamiento topográfico a gran escala, el cual, ha sido obtenido de ortofotos realizados para esos sectores.

De esta forma se ha podido disponer de un plano topográfico con curvas de nivel, cada metro, tanto del área urbanizada, como de los entornos.

Esta importante información constituye la base fundamental para los análisis hidrológicos e hidráulicos del área de interés. (Ver plano topográfico en el anexo).

3.2. Estudio hidrológico

Tal como se observa en las fotografías satelitales y en el plano topográfico, gran parte de la urbanización ha utilizado las áreas más bajas, las misma que están rodeadas prácticamente en todos sus costados, así se explica la acumulación de aguas lluvias en la parte central de la urbanización.

3.2.1 Determinación de sub cuencas de drenaje

A partir de la morfología que muestran las curvas de nivel, se trazaran primeramente todas las quebradas o vertientes (en épocas de lluvias). De esta forma se obtuvieron las direcciones de flujo y así también los limites de las sub cuencas (5).

Como resultado de este trabajo se determino que existen cuatro sub-cuencas, cuyos cauces principales (que captan las secundarias) convergen a la parte central de las etapas II Y III, estableciendo así, la causa de las inundaciones.

En la Tabla I, se presentan todos los datos para el análisis hidrológico de las sub-cuencas.

Sub. Cuenca	Área (km ²)	Área (Ha)	L (km)	Hmáx (m)	Hmin (m)	H (m)
A	3,64	364,10	2,62	440	5	435
B	1,33	133,30	1,96	79	5	74
C	1,42	142,00	1,07	8	5	3
D	0,82	81,90	1,00	31	5	26

Tabla I.- Parámetros de la sub-cuencas
Fuente: Autores, Junio 2015.

3.2.2 Determinación del tiempo de concentración

Es el tiempo que transcurre desde el inicio de la lluvia hasta que se alcanza el estado estacionario (o de equilibrio), en que toda la cuenca contribuye al caudal de salida (6). Con los valores obtenidos de la tabla I, L (longitud del cauce) y H (desnivel) de cada cuenca, se calcula el tiempo de concentración por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Ec. 1} \quad T_c = \left(0,87 \frac{L^3}{H}\right)^{0,385}$$

Obteniendo los siguientes resultados. (Tabla II)

Sub. Cuenca	Tc (H)	Tc (min)
A	0,28	16,69
B	0,39	23,58
C	0,67	40,37
D	0,27	16,15

Tabla II.- *Tiempos de concentración para cada sub. cuenca de "La Joya". Fuente Autores, Junio 2015.*

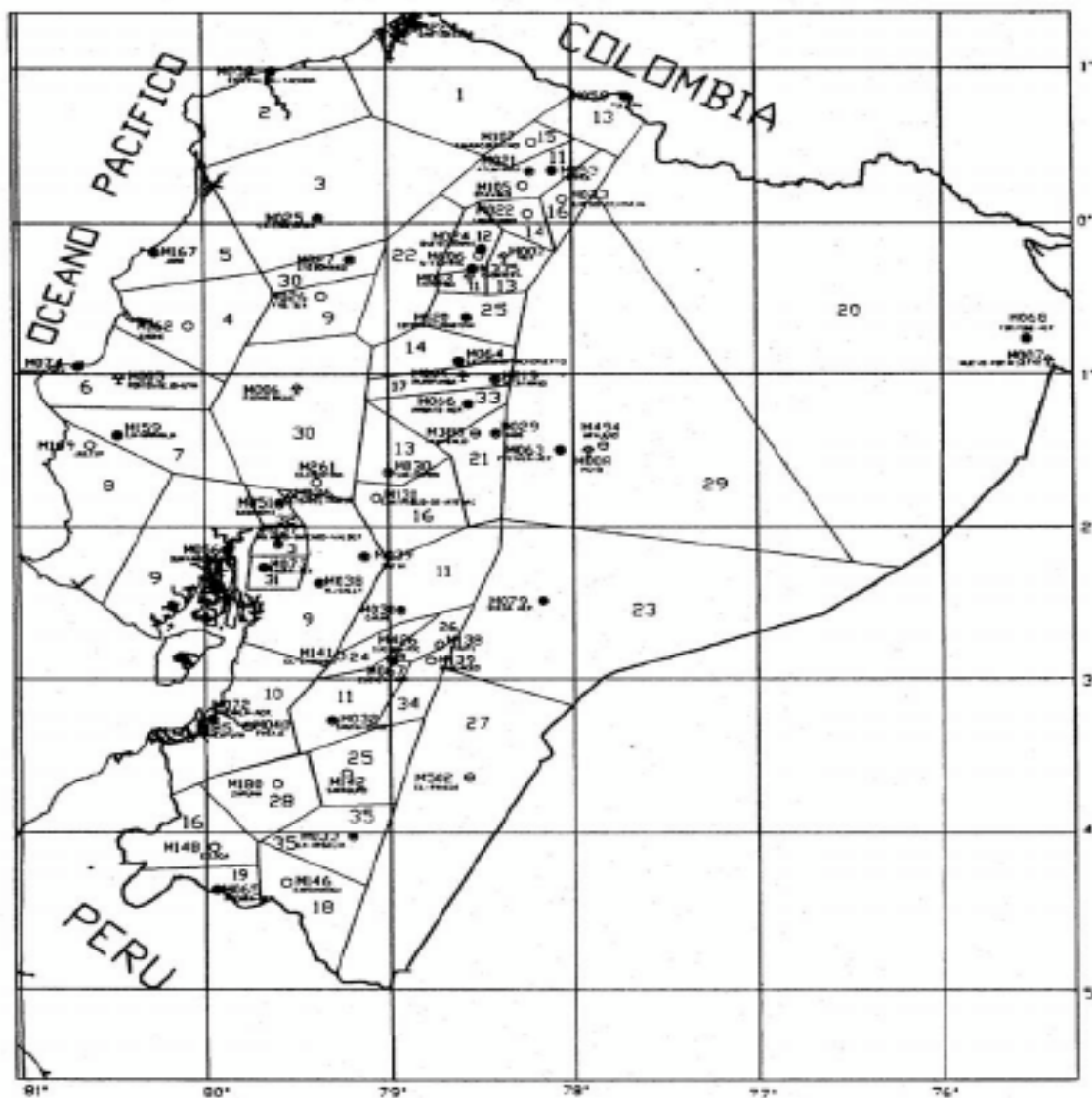
3.2.3 Determinación de la Intensidad de lluvia

La Intensidad de la precipitación que desea obtener es aquella concentrada en mm/H en un período igual al tiempo de concentración t_c , y se determina por medio de las ecuaciones establecidas por el INAMHI. Estas expresiones varían dependiendo de la duración y de la zona en donde se encuentre el proyecto. (Tabla III.- Ecuaciones para la zona del Ecuador, Fuente: INAMHI, 1999)

ZONA	DURACIÓN	ECUACIÓN
1	5 min < 130 min 130 min < 1440 min	$I_{;Tr} = 47,926 * t^{-0,3387} * I_{d;Tr}$ $I_{;Tr} = 787,57 * t^{-0,9154} * I_{d;Tr}$
2	5 min < 30 min 30 min < 1440 min	$I_{;Tr} = 19,035 * t^{-0,1332} * I_{d;Tr}$ $I_{;Tr} = 115,4 * t^{-0,6546} * I_{d;Tr}$
3	5 min < 90 min 90 min < 1440 min	$I_{;Tr} = 53,369 * t^{-0,3278} * I_{d;Tr}$ $I_{;Tr} = 639,52 * t^{-0,8838} * I_{d;Tr}$
4	5 min < 20 min 20 min < 1440 min	$I_{;Tr} = 56,507 * t^{-0,2694} * I_{d;Tr}$ $I_{;Tr} = 247,71 * t^{-0,7621} * I_{d;Tr}$
5	5 min < 40 min 40 min < 1440 min	$I_{;Tr} = 54,719 * t^{-0,3875} * I_{d;Tr}$ $I_{;Tr} = 197,81 * t^{-0,7378} * I_{d;Tr}$
6	5 min < 120 min 120 min < 1440 min	$I_{;Tr} = 57,598 * t^{-0,4267} * I_{d;Tr}$ $I_{;Tr} = 344,08 * t^{-0,7982} * I_{d;Tr}$
7	5 min < 60 min 60 min < 1440 min	$I_{;Tr} = 97,055 * t^{-0,403} * I_{d;Tr}$ $I_{;Tr} = 869,87 * t^{-0,9346} * I_{d;Tr}$
8	5 min < 30 min 30 min < 1440 min	$I_{;Tr} = 80,068 * t^{-0,3683} * I_{d;Tr}$ $I_{;Tr} = 351,73 * t^{-0,7977} * I_{d;Tr}$
9	5 min < 116 min 116 min < 1440 min	$I_{;Tr} = 40,035 * t^{-0,341} * I_{d;Tr}$ $I_{;Tr} = 355,49 * t^{-0,8043} * I_{d;Tr}$
10	5 min < 88 min 88 min < 1440 min	$I_{;Tr} = 40,414 * t^{-0,3124} * I_{d;Tr}$ $I_{;Tr} = 356,17 * t^{-0,8009} * I_{d;Tr}$
11	5 min < 60 min 60 min < 1440 min	$I_{;Tr} = 137,27 * t^{-0,5153} * I_{d;Tr}$ $I_{;Tr} = 578,56 * t^{-0,8736} * I_{d;Tr}$
12	5 min < 50 min 50 min < 1440 min	$I_{;Tr} = 138,01 * t^{-0,4882} * I_{d;Tr}$ $I_{;Tr} = 674,13 * t^{-0,8935} * I_{d;Tr}$
13	5 min < 36 min 36 min < 1440 min	$I_{;Tr} = 76,96 * t^{-0,2953} * I_{d;Tr}$ $I_{;Tr} = 642,11 * t^{-0,8898} * I_{d;Tr}$
14	5 min < 40 min 40 min < 1440 min	$I_{;Tr} = 133,83 * t^{-0,4283} * I_{d;Tr}$ $I_{;Tr} = 800,89 * t^{-0,9189} * I_{d;Tr}$
15	5 min < 230 min 230 min < 1440 min	$I_{;Tr} = 110,85 * t^{-0,4943} * I_{d;Tr}$ $I_{;Tr} = 3197,1 * t^{-1,1077} * I_{d;Tr}$
16	5 min < 25 min 25 min < 1440 min	$I_{;Tr} = 76,946 * t^{-0,4583} * I_{d;Tr}$ $I_{;Tr} = 174,47 * t^{-0,7143} * I_{d;Tr}$
17	5 min < 40 min 40 min < 1440 min	$I_{;Tr} = 201,28 * t^{-0,4573} * I_{d;Tr}$ $I_{;Tr} = 1415,8 * t^{-0,9947} * I_{d;Tr}$
18	5 min < 50 min 50 min < 1440 min	$I_{;Tr} = 69,036 * t^{-0,335} * I_{d;Tr}$ $I_{;Tr} = 510,71 * t^{-0,849} * I_{d;Tr}$

Tabla III.- Ecuaciones de intensidad para las zonas del Ecuador.

Fuente: INAMHI 1999



- SIMBOLOGIA**
- △ EST. AGROMET. PRINCIPAL
 - ⊙ EST. CLIMAT. PRINCIPAL
 - EST. CLIMAT. ORDINARIA
 - EST. PLUVIOMETRICA
 - ⊖ EST. PLUVIOMETRICA

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA		
DIRECCION DE HIDROLOGIA		
DEPARTAMENTO DE HIDROMETRIA		
ZONIFICACION DE INTENSIDADES DE PRECIPITACION		
MAPA N° 1		MAYO 1999
ELABORACION	REVISADO	APROBADO
DFTO. HIDROMETRIA	ING. LUIS RODRIGUEZ F. Jefe DFTO. HIDROMETRIA	ING. MILTON SILVA C. DIRECTOR DE HIDROLOGIA

Imagen 4.- Intensidad de precipitación según las Zonas del Ecuador.
Fuente: INAMHI 1999

La provincia del Guayas (Daule - La Joya) se encuentra en la zona 9, por lo tanto las ecuaciones de intensidad para la duración son:

Ec. 2

$$\text{De } 5 \text{ min} < 116 \text{ min} \implies I_{;Tr} = 40,035 * t^{-0,341} * I_{d;Tr}$$

$$\text{De } 116 \text{ min} < 1440 \text{ min} \implies I_{;Tr} = 355,49 * t^{-0,8043} * I_{d;Tr}$$

Donde:

t = tiempo de concentración en horas

$I_{d;Tr}$ = Intensidad de la precipitación en mm/H

Para el análisis se considera una intensidad de precipitación $I_{d;Tr} = 6 \text{ mm/H}$, y de la cual se obtienen los siguientes valores de $I_{;Tr}$ para cada cuenca. (Tabla IV)

Sub. Cuenca	T_c (H)	I_d, Tr	$I; Tr$ (mm/H)
A	0,28	6,00	22,77
B	0,39	6,00	20,24
C	0,67	6,00	16,85
D	0,27	6,00	23,03

Tabla IV. - Intensidad de precipitación en un período igual al tiempo de concentración t_c .
Fuente: Autores, Junio 2015.

3.2.4 Estimación del cálculo de caudales en las sub. Cuencas

Para estimar el valor del caudal que llega a la urbanización "La Joya" se consideró el método racional el cual involucra tanto el área de la cuenca como la intensidad de precipitación, además de hacer uso del coeficiente de esorrentía (6).

La fórmula básica del método racional es:

$$\text{Ec. 3} \quad Q = \frac{c \cdot A_d \cdot I}{360}$$

Donde:

Q = Caudal máximo [m^3/s]

C = coeficiente de esorrentía (adimensional)

I = intensidad de lluvia máxima para una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca t_c , y para un tiempo de retorno T igual al exija la obra de alcantarillado. [mm/h]

A_d = Área de la cuenca hidrográfica en Ha.

El coeficiente de escurrimiento C se lo obtiene por medio de tablas con valores promedio para cada tipo de suelo (8).

Cobertura del suelo	Tipo de suelo	Pendiente (%)				
		>50	20-50	5-20.	1-5.	0-1
Sin vegetación	Impermeable	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6
	Semipermeable	0,7	0,65	0,6	0,55	0,5
	Permeable	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3
Cultivos	Impermeable	0,7	0,65	0,6	0,55	0,5
	Semipermeable	0,6	0,55	0,5	0,45	0,4
	Permeable	0,4	0,35	0,3	0,25	0,2
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0,65	0,6	0,55	0,5	0,45
	Semipermeable	0,55	0,5	0,45	0,4	0,35
	Permeable	0,35	0,3	0,25	0,2	0,15
Hierba	Impermeable	0,6	0,55	0,5	0,45	0,4
	Semipermeable	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3
	Permeable	0,3	0,25	0,2	0,15	0,1
Bosque, vegetación densa	Impermeable	0,55	0,5	0,45	0,4	0,35
	Semipermeable	0,45	0,4	0,35	0,3	0,25
	Permeable	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05

Tabla V.- Coeficiente de escorrentía según el tipo de suelo y cobertura vegetal. Fuente: Luisa Hernández 2008.

De la Tabla V se escoge el valor de 0,4 (Calculo Ponderado del coeficiente de escorrentía), debido a que en la zona de estudio (“La Joya”) prevalece el suelo arcilloso con ligera cobertura vegetal.

Se determina el caudal para cada cuenca en m^3/s , se halla el caudal total que invade a la zona crítica del presente estudio. (Tabla VI)

Sub. Cuenca	Tc (H)	Id, Tr (mm/H)	I; Tr (mm/H)	Área (Ha)	Coeficiente (C)	Q (m3/s)
A	0,28	6,00	22,77	364,10	0,35	8,06
B	0,39	6,00	20,24	133,30	0,4	3,00
C	0,67	6,00	16,85	142,00	0,5	3,32
D	0,27	6,00	23,03	81,90	0,45	2,36
					0,425	16,74

Tabla VI.- Valores de caudales de las sub. cuencas. Fuente: Autores, Junio 2015.

CAPITULO 4

4.- INFRAESTRUCTURA DE LA URBANIZACIÓN

4.1 Infraestructura

La urbanización “La Joya”, posee una infraestructura vial de doble sentido, lo que permite a sus habitantes un fácil acceso a instituciones comerciales, educativas, bancarias y de servicios.

Dentro de cada una de sus etapas existen vías completamente adoquinadas, áreas recreativas y deportivas totalmente equipadas, club social, amplios parqueos, relleno compactado, redes eléctricas, telefónicas, de televisión por cable, de agua potable, de aguas lluvias y de aguas servidas con planta de tratamiento (lagunas de oxidación), riego automático de parques y zonas verdes (1).

También se cuenta con algunos canales de drenaje, tal como se puede observar en la Foto 4.1, sin embargo, como ya se comentó anteriormente se producen desbordes e inundaciones que son el motivo de la presente investigación.



Foto 4.1.- Canal de tierra para evacuación de aguas lluvia perteneciente a la 2da etapa de la urbanización “La Joya”. Fuente: Autores, Junio 2015

4.2 Servicios Básicos

Los servicios básicos que se tienen se resumen en la tabla VII

Servicios básicos "La Joya"	Sistema
Agua potable	Red de agua potable
Agua residual	Planta de tratamiento
Agua lluvia	Alcantarillado pluvial
Electricidad	Alcantarillado público - CNEL
Telefonía convencional	CNT (Sector)
Recolección de basura	Municipal del sector
Transporte	Buses internacionales, buses públicos de recorrido
Vías de acceso	Vía principal de asfalto

Tabla VII.- Servicios Básicos en el área de influencia "La Joya 2da etapa.
Fuente: Plan de manejo ambiental La Joya segunda etapa.

Dentro de su infraestructura también se tiene lo siguiente:

Aceras: Las aceras tienen 10 cm de espesor y están fundidas sobre el relleno compactado, son de hormigón de 210 kg/cm² de resistencia a la compresión, y con juntas de dilatación cada 3 m (1).

Bordillos: Los bordillos cuentan con cuneta de tipo traspasable, fundidas directamente sobre el relleno compactado con hormigón de 210 kg/m² de resistencia a la compresión. La dimensión longitudinal de los paños de los bordillos no excede los 6 m (1).

Cerramiento: Las ciudadelas son completamente cerrada, cada una cuenta con una garita de doble acceso vehicular, complementada con un muro perimetral de 2,50 m de alto (1).

Sistema de evacuación de aguas lluvias: Se tienen cunetas y recolectados mediante sumideros que descargan a los colectores de drenaje que descargan al Río Daule. Además se tienen los siguientes elementos (1).

- a) Sumideros: Son tipo buzón, construidas en hormigón simple de 0,75m. x 0,55m. con tapa de platinas de 2" x 6 mm.
- b) Cámaras: Son de hormigón armado de 1,20 m de diámetro interior para colectores hasta 18", de 1,50 m para colectores hasta 40", y de 1,80 m para colectores de mayor diámetro. Llevan una tapa de hormigón armado con marco y contramarco metálico.
- c) Tuberías: Las tuberías instaladas para los colectores son de PVC hasta 600 mm, y de hormigón para diámetros mayores a 600 mm. Los tirantes son de PVC de 315 mm, las juntas llevan anillos de neopreno.

Las calles poseen una pendiente transversal del 2% dirigida a las cunetas, longitudinalmente tienen una pendiente 3,5 ‰.

CAPITULO 5

5.- ANÁLISIS DEL COMPONENTE AMBIENTAL E INCIDENCIAS SOCIO-ECONÓMICAS

5.1 Incidencias socio - económicas

La urbanización “La Joya” pertenece políticamente al cantón Daule, sin embargo este plan de vivienda se ha construido para satisfacer las necesidades habitacionales de la sociedad de Guayaquil.

Los habitantes de la urbanización “La Joya” están ligados socio - económicamente a Guayaquil, el empleo, los servicios de salud e inclusive las relaciones familiares las tienen en la ciudad más grande del Ecuador.

Luego de construir esta urbanización, los habitantes de al menos dos etapas, han sufrido desbordes e inundaciones cuando han ocurrido precipitaciones.

Los daños causados, no sólo incluyen las calles y otros espacios públicos, sino también las viviendas.

Los flujos de agua y sedimentos se concentran en la parte central del área plenamente habitada de las etapas 2 y 3.

Si bien existe un sistema de canales, estos se desbordan y producen que las tuberías que descargan aguas lluvias a esos canales, sufran flujos en sentido inverso, generando la inundación.

Debido a que, para construir las diversas etapas de la urbanización se han efectuado numerosos cortes, excavaciones y rellenos sin completar; la erosión con la presencia de precipitación va a generar más procesos erosivos y en consecuencia arrastre de sedimentos. Esta situación puede también dañar el sistema de alcantarillado pluvial y de aguas servidas, los más afectados podrán ser los propietarios de las viviendas.

Consecuentemente, las situaciones observadas, debido a que no se han considerado todos los aspectos del impacto al ambiente, están

generando un impacto social a por lo menos 8.000 personas, de un total de 22.000 que habita en esa urbanización (2).

Si bien las lluvias o fuertes precipitaciones son algo que no se puede evitar, las inundaciones si son controlables con un buen sistema de drenaje, la acumulación de agua lluvia genera enfermedades y pérdidas económicas en materiales. Dengue, cólera, paludismo o leptospirosis son algunas de las enfermedades sujetas a vigilancia epidemiológica nacional e internacional, cuando ocurren inundaciones y corrimientos de tierra. En muchos casos hay pérdidas humanas y materiales, además de enfermedades gastrointestinales y trastornos de las vías respiratorias en las personas.

El problema se agudiza cuando se mezclan las aguas lluvias y las aguas negras poniendo en mayor riesgo la salud de los 22.000 habitantes de la urbanización “La Joya”.

No solo con reducir las inundaciones utilizando un buen sistema de drenaje se evitará los conocidos brotes de epidemias y dengue, también es obligatorio que las autoridades pongan en marcha programas de atención médica oportuna y, en ocasiones, campañas de vacunación; implementar tareas como barrer las calles,

fumigaciones y abatizaciones (aplicación de larvicidas para evitar la proliferación del mosquito del paludismo).

5.2 Análisis del medio biótico del sector

5.2.1 Medio biótico

La Joya se localiza en la región central de la provincia del Guayas, en la planicie de inundación comprendida entre los ríos Daule y Babahoyo. El proyecto está dentro de la región bioclimática conocida como Región Seco Tropical la cual se caracteriza por presentar un rango altitud inicial de los 6 a 300 m.s.n.m., teniendo una temperatura media anual que oscila entre los 23 a 25 °C y una precipitación media anual comprendida entre los 1000 y 1500 mm (9).

5.2.2 Flora

En el área donde se implantó el proyecto de la urbanización “La Joya” ha sido totalmente intervenida, solo se observan ejemplares arbóreos muy dispersos y cercas vivas, sin embargo en el área de influencia se puede apreciar especies arbóreas característica del Bosque seco Tropical (1).

Según el Plan de manejo integral de la urbanización la joya segunda etapa (Tabla VIII) señala que en los terrenos del proyecto se pueden observar 30 especies arbóreas y arbustivas, distribuidas en 16 familias, de las cuales 19 especies son nativas y 5 son consideradas endémicas, 17 corresponden a árboles nativos (9).

Planta	Familia	Apodo
COCHLOSPERMACEAE	Cochlospermum vitifolium	Bototillo
CUCCUBIRTACEAE	Momordicacharantia	Achochilla
FABACEAE	albizia guachapele	Guachapeli
	Bauhinia sp	Tapa tapa
	Geoffroespinosa	Seca Almendro
	Gliricidiasepium	Yucan raton
	Leucaena trichodes	chalu ramón
	Machaeriummillei	cabo de hacha
	Mimosa acantholoba	Uña de gato
	Pithecellobiumpauncipinnata	compoño
	Samanea saman	saman
	Sennareticulata	abejon
Sennamollisima	vainillo	
ELAEOCARPACEAE	Muntigia calabura	niguito
LECYTHDACEAE	Gustaviaspp	membrillo
MALVACEAE	Eriothrcaruizii	chirigua
	Pseudobombaxmillei	Beldaco
MORACEAE	Ficus benjamina	Matapalo
RUBIACEAE	Alseiseggersi	Palo de vaca
	Simiraecudoriensis	colorado
STERCULIACEAE	Guazumaulmifolia	guasmo
URTICACEAE	Cecropia spp.	Guartumo
VERBENACEAE	Vitex gigantea	pechice

Tabla VIII.- Especies de flora registradas en el área de estudio.
Fuente: Plan de manejo ambiental "La Joya segunda etapa".

5.2.3 Fauna

La tabla IX indica que dentro del área de estudio existen 13 especies de aves, que pertenecen a 9 familias.

Familia	Nombre científico	Apodo
ARDEIDAE	Bulbulcus ibis	Garceta Bueyera
	Ardea alba	Garceta Grande
	Egrettathula	Grtaceta Nivea
	Butoridesstriatus	Garcilla estriada
CATHARTIDAE	Corgyps atratus	Gallinazo
COLUMBIDAE	Columbina burcleyi	Tortolita Ec
CUCLIDAE	Crotophagaami	Garrapatero
FURNARIIDAE	furnariuscimamomens	Hornero
ICTERIDAE	diveswarzewici	Matorralero
PSOTTACIDAE	Forpuscoelestis	Periquito
THRAUPIDAE	Thraupisepiscopus	Azulejo
TYRANIDAE	Pyrocephalusrubinus	Pajaro Brujo
	Tyrannusmelancholicus	Tirano tropical

Tabla IX. - Especies de aves registradas en el área de estudio.

Fuente: Plan de manejo ambiental "La Joya segunda etapa".

Mamíferos: No se identificaron especies de este grupo, esto es debido a los requerimientos de hábitat, así es muy difícil que estos vertebrados se adapten a vivir en zonas intervenidas casi en su totalidad, únicamente se registraron atreves de entrevistas, una especie de mamífero a vivir en lugares intervenidos, *Didelphys marsupialis* (Raposa, adaptadas Zariguella, Zorillo) (1).

Herpetofauna

En el área de estudio se registraron 2 especies que están adaptadas a vivir junto a zonas intervenidas, en refugios de las viviendas, parque o maleza, y que se alimentan de una gran variedad de insectos por lo que son de mucho beneficio para el hombre, que son la Iguana Común (*Iguana iguana*) y el Sapo común (*Rhinella marina*) (1).

5.3 Análisis de impactos

A La Joya le llega un caudal superior a $10 \text{ m}^3/\text{s}$, el mismo que viene arrastrando sedimentos u otras partículas hacia la urbanización, reduciendo la capacidad de conducción del agua y favoreciendo a las inundaciones cuando hay fuertes precipitaciones.

A continuación se analizan los impactos que estas inundaciones provocan tanto para la ciudadela como para la sociedad, además de verificar cuales serán los beneficios que aportaran las soluciones planteadas en este proyecto.

5.3.1 Análisis de impactos a la urbanización

En la urbanización La Joya existe una infraestructura capaz de contrarrestar los efectos de precipitación con intensidades medias, pero cuando estas aumentan su intensidad ocurren

problemas los cuales vienen acompañado con el arrastre de material erosionado, provocando que las funciones de los sumideros y canales de evacuación no sean lo suficientes para drenar el agua y evitar las inundaciones.

Las inundaciones son uno de los mayores problemas para una urbanización en el aspecto de imagen, pues disminuye el interés de las personas en adquirir alguna vivienda por el hecho de ser un lugar inundable.

Genera deslizamiento en taludes y el material erosionado es arrastrado por las fuertes escorrentías hacia dentro de la urbanización, aumentan los costos de reparación y mantenimiento.

En el aspecto económico, la urbanización tendría que implementar soluciones costosas para evitar o disminuir las probabilidades de inundación, además que deberán pagar por las pérdidas ocasionadas por estas en caso de haberlo y también tendrán que pagar las multas impuestas por el municipio de Daule.

CAPITULO 6

6.- INCIDENCIAS DE PRECIPITACIONES, CLIMA Y TEMPERATURA

6.1 Incidencias

La zona de estudio se la define como muy seca tropical, con un promedio anual de precipitación que oscila entre 500 a 1000 mm y una temperatura promedio cuyo rango es de 23° a 26° C, prevaleciendo un clima monzónico. Solo se tiene un periodo de sequía más o menos largo y en épocas lluviosas con una escorrentía superficial (9).

Las épocas lluviosas se extienden de Enero a Mayo mientras que las de sequía desde Mayo a Diciembre, sin embargo estos patrones han ido variando en las últimas décadas produciendo cambios climáticos, así como retrasos de las lluvias que hacen su aparición en una fecha tardía como el mes de febrero (9).

La ciudad de Zamborodón no cuenta con estaciones meteorológicas en su cercanías, por eso la información más cercana, que se obtendría por parte del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2012) sería con referencia a la estación ubicada en la Universidad Estatal Sonda - Guayaquil (1).

M1096														GUAYAQUIL U.ESTATAL (RADIO SONDA)														INAMHI		
MES	HELIOFANIA (Horas)	TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA (°C)						HUMEDAD RELATIVA (%)				PUNTO DE ROCIO (°C)	TENSION DE VAPOR (hPa)	PRECIPITACION(mm)			Número de días con precipitación													
		ABSOLUTAS		M E D I A S				Máxima día	Mínima día	Media	Máxima día			Mínima día	Media	Suma Mensual		Máxima en 24hrs día												
		Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Mensual																								
ENERO	46.1	34.4	1	30.2	23.1	26.0	98	21	46	1	81	22.4	27.0	279.8	34.6	23	29													
FEBRERO	63.4	32.8	7	30.9	23.3	26.1	98	13	63	26	84	23.1	28.3	606.6	145.1	25	28													
MARZO	98.8	34.6	17	32.3	24.1	27.3					81	23.4	28.8	420.7	71.8	16	26													
ABRIL	114.7	34.5	12	22.8	8	32.2	24.4	27.6	98	6	54	13	79	23.3	28.6	256.8	89.4	9	21											
MAYO	115.3	33.8	18	22.7	13	32.2	23.7	27.8				75	22.7	27.5	65.1	14.4	18	15												
JUNIO	95.8	34.6	16	21.9	14	31.7	23.2	27.4	95	9	49	16	73	21.9	26.2	6.0	5.6	8	2											
JULIO	108.3		20.2	28	30.5	21.8	26.3					21.2	25.2	0.0	0.0	1	0													
AGOSTO	116.3	32.1	14	19.2	10	29.8	20.9	25.0	96	7	52	14	76	20.3	23.8	0.0	0.0	1	0											
SEPTIEMBRE	143.4	33.3	8			30.4	21.6	25.4	94	8	52	11	75	20.6	24.3	0.2	0.2	24	1											
OCTUBRE	115.6	34.6	5	20.6	2	30.3	21.7	25.5	93	17	49	5	77	20.9	24.6	2.5	1.7	16	2											
NOVIEMBRE	141.9	35.0	26	20.5	16	31.9	22.2	26.2	94	7	51	29	75	21.3	25.3	5.5	5.1	15	3											
DICIEMBRE	124.2	35.6	29	21.7	2	32.5	23.3	27.3				73	21.8	26.1	6.8	3.5	29	2												
VALOR ANUAL	1283.8			31.2	22.8	26.5						77	21.9	26.3	1650.0	145.1														

MES	EVAPORACION (mm)			NUBOSIDAD MEDIA (Octas)	VELOCIDAD MEDIA Y FRECUENCIAS DE VIENTO														Vel.Mayor Observada (m/s)	VELOCIDAD MEDIA (Km/h)						
	Suma Mensual	Máxima en 24hrs día	Día		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALMA	Nro OBS												
															(m/s)	%	(m/s)	%			(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%
ENERO	125.9	4.9	25	7	2.0	3	2.4	28	3.6	5	2.5	17	2.6	9	3.2	20	0.0	0	3.0	2	15	93	6.0	SW	0.4	
FEBRERO	121.8			7	0.0	0	2.2	39	3.0	1	2.2	12	3.0	1	3.1	21	0.0	0	2.0	3	23	87	6.0	NE	1.0	
MARZO	111.0	4.5	3	7																						1.3
ABRIL	94.9	4.2	13	7	2.0	2	2.1	30	2.0	2	1.4	6	2.0	3	2.5	36	0.0	0	2.6	6	16	90	6.0	SW	3.1	
MAYO	92.9	3.7	28	7																						3.7
JUNIO	91.5	4.5	16	6	0.0	0	1.2	6	1.0	1	2.2	11	2.6	8	2.7	61	2.0	1	2.3	3	9	90	7.0	SW	5.1	
JULIO	97.1	4.0	27	6	0.0	0	2.2	7	3.0	1	2.3	27	3.1	8	3.5	56	2.0	1	0.0	0	1	93	6.0	SW	6.6	
AGOSTO	114.5	6.4	20	6	0.0	0	1.8	4	1.0	1	2.4	22	2.0	7	3.0	60	0.0	0	2.3	3	3	93	7.0	SW	6.2	
SEPTIEMBRE	110.9	5.1	8	6	0.0	0	1.7	3	0.0	0	2.5	14	3.1	9	3.6	66	0.0	0	1.7	3	4	90	7.0	SW	6.7	
OCTUBRE	106.4	4.6	7	6	0.0	0	1.5	2	1.0	1	2.3	25	3.6	9	3.4	56	5.0	1	3.0	2	4	93	7.0	SW	6.3	
NOVIEMBRE	114.6	5.0	16	6	0.0	0	1.6	6	1.0	1	2.0	29	3.8	7	3.5	52	2.0	2	2.0	1	2	90	8.0	SW	6.1	
DICIEMBRE	115.2	4.9	18	6																						5.4
VALOR ANUAL	1296.7			6																						4.0

Tabla X.- Condiciones Climáticas de la estación ubicada en la Universidad Estatal. Fuente: INAMHI 2012

La tabla X refleja los valores máximo mensuales tanto de precipitación, evaporación, nubosidad, temperatura y velocidad del viento correspondientes al año 2012.

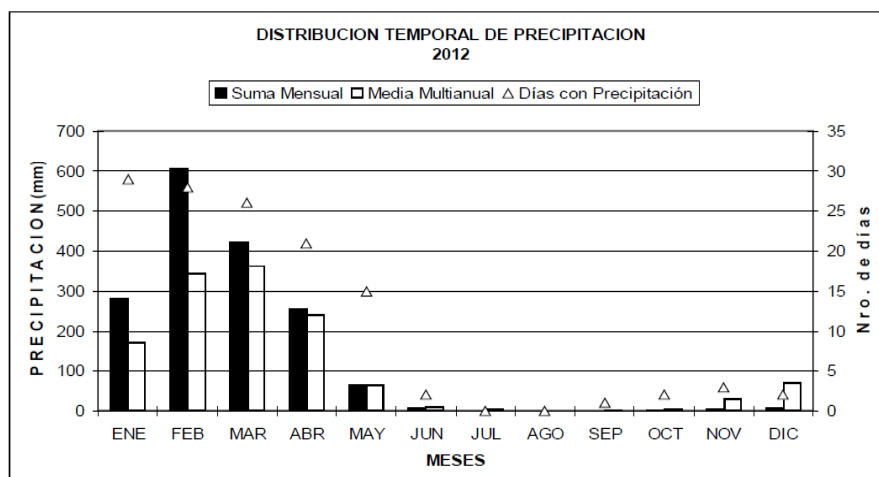


Gráfico 1.- Distribución temporal de precipitación de la estación ubicada en la Universidad Estatal. Fuente: INAMHI 2012

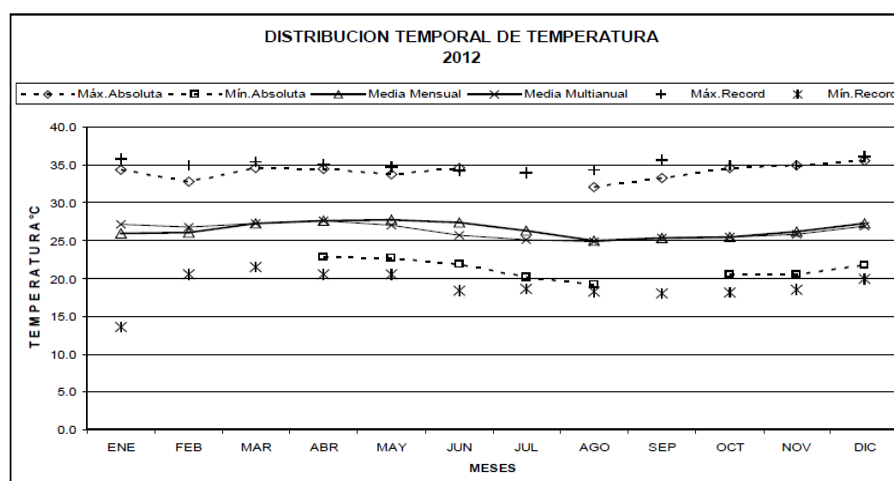


Gráfico 2.- Distribución temporal de temperatura de la estación ubicada en la Universidad Estatal. Fuente: INAMHI 2012

Distribución de forma gráfica tanto de la precipitación como la temperatura ocurrida en el año 2012.

Helofaina	1283,8 horas
Temperatura media anual:	Max 31,2; Min 22,8 °c
Humedad relativa media	77%
Punto de rocío	21,9 °C
Precipitación anual	1650,0 mm
evaporación	1296,7
Nubosidad media	6 octas
Velocidad media y frecuencia de viento	4 km/h dirección predominate SW

Tabla XI.- Resumen de las condiciones climatológicas de la zona
Fuente INAMHI 2012.

6.2 Temperatura

En la estación climatológica del aeropuerto de Guayaquil se registra una temperatura media anual de 26,1°C. El valor máximo anual es de 30,7°C. El medio mínimo es de 22,2°C en temporada seca mientras que 27,52° C le corresponde a la época lluviosa (enero – abril), finalmente un 25,75° C para la estación seca (mayo – diciembre) (7).

6.3 Pluviosidad

Hasta el año 2001 se ha registrado una precipitación anual de 1.056,1 mm en la estación climatológica del Aeropuerto de Guayaquil. En la estación lluviosa entre enero y abril es donde se concentra la mayor parte de esta cantidad, en el mes de marzo también se presenta la precipitación máxima mensual (260,7 mm) (7).

6.4 Humedad relativa

Hasta el año 2008, el promedio anual registrado ha sido de 74%, en donde se han registrado los valores más bajos 68% en época seca (junio – diciembre) y los más elevados en las época lluviosa (enero – mayo) (7).



Gráfico 3.- Humedad relativa. Representación gráfica de los cambios de humedad relativa que ocurrieron hasta el año 2008.
Fuente: Plan de manejo ambiental "La Joya segunda etapa".

CAPITULO 7

7.- ANÁLISIS GEOTÉCNICO Y ESTABILIDAD GENERAL DEL ÁREA.

7.1 Geología y Geomorfología de la urbanización "La Joya"

Como se observa en el mapa geológico (Imagen 5), la zona donde se encuentra ubicada la urbanización **La Joya** es justamente en la Formación Piñón.

Esta formación cuyo nombre se basa del río Piñón es una parte de la "Grunsteinformation" de Wolf (1874) y de las rocas porfídicas y rocas verdes. Pertenece al cretácico inferior y parte del cretácico superior.

De acuerdo a los estudios realizados en la zona antes de urbanizarse los cuales se obtuvieron con ayuda de los mapas del Instituto Espacial Ecuatoriano, indican que la mayor parte del área de La Joya

corresponden a terrenos que datan de la era cenozoica, periodo cuaternario, de la época del Holoceno denominado como depósitos aluviales.

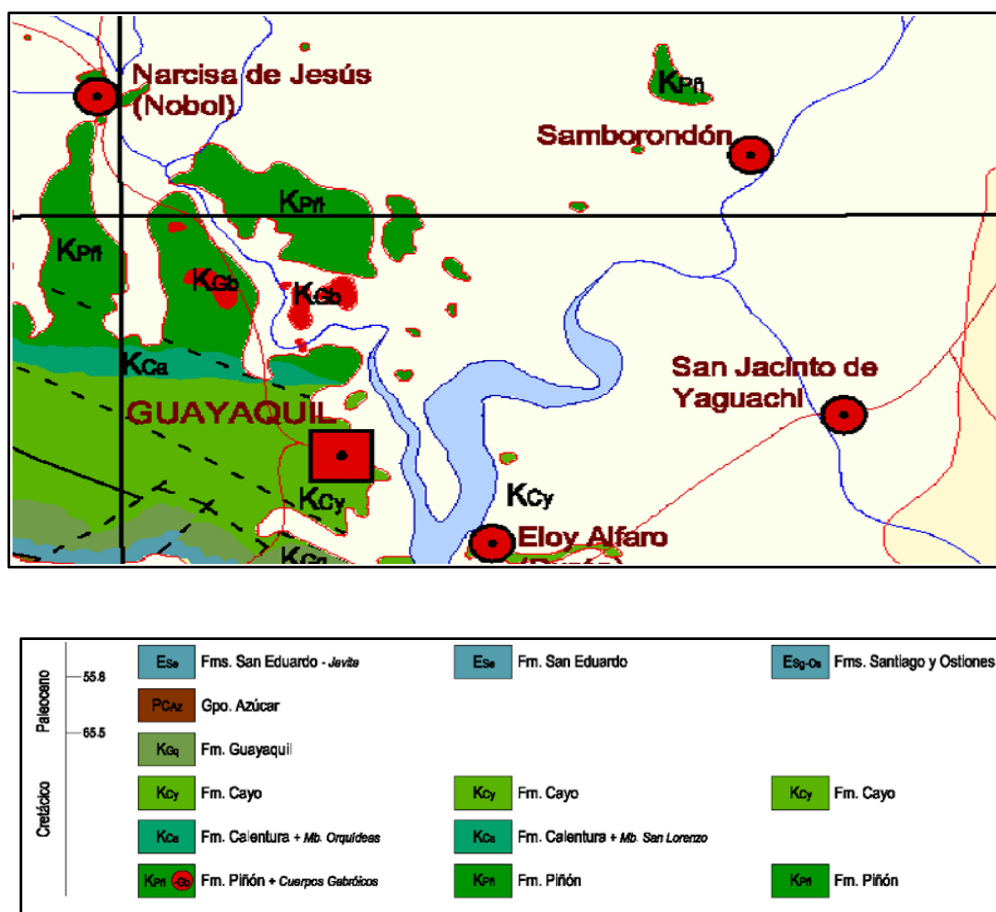


Imagen 5.- Mapa geológico, el cual indica que la parroquia La Aurora - Daule se encuentra en la formación Piñón "KCb".
Fuente: Unidad Nacional de Geología y Minas.

En la zona de estudio (La Joya), las formaciones existentes que destacan son las siguientes: Llanura Aluvial Costera (LC).- Antigua inundación ocasional, existe la presencia de valles encajonados (va),

basines (Ba), Meandro Abandonado (Ma), cauce antiguo (ca), bancos (Ba'). Depósitos Aluviales (Holoceno).- Compuesto de materiales detríticos sueltos, constituidos de limos, arenas, gravas y cantos rodados. Modelado en llanuras aluviales, con cauce abandonados, meandros abandonados, acarreo diluvial y antiguos pie de montes (1).

El proyecto de la urbanización “**La Joya**” está ubicado en las Llanuras aluviales con denotación y colinas medianas, el tipo de suelo predominante es el suelo limo-arcilloso con presencia de roca azul. La permeabilidad del suelo es alta, el agua se infiltra fácilmente en el suelo y los charcos de lluvia desaparecen rápidamente. Tiene calidad semi-fértil y la pendiente del suelo es llano, el terreno es plano. Las pendientes son menores que el 30% (1).

7.2 Análisis de la estabilidad general del área

El área de La Joya está constituida por partes elevadas, es decir las colinas conformadas exclusivamente por la formación piñón y que consiste en rocas basálticas. Principal problema de dichos macizos rocosos es que se encuentran muy meteorizadas, esto significa que existe una capa de suelos superficiales que pueden tener más de un metro, debajo se tiene roca muy meteorizada en un espesor de hasta

10 metros, debajo se sigue teniendo roca muy meteorizada con un menor grado de alteración.

La situación anteriormente mencionada influye e influirá directamente en todos los procesos de corte, excavación, relleno, etc., que se han realizado para construir la Urbanización La Joya.

Luego de las lluvias ocurridas se ha constatado la presencia de deslizamientos de pequeño rango de una forma muy acentuada a ocurrido la erosión y el transporte de fragmentos de roca.

La existencia de frentes excavados en los cuales se tienen rocas en procesos de deterioro y materiales sueltos acumulados, constituye el mejor insumo para que se genere el proceso de inestabilidad.

La erosión provocada por las construcciones en la urbanización La Joya genera una pérdida de suelo en los taludes, esto a su vez ocasiona graves problemas ambientales y estructurales. A medida que la erosión aumenta crecen las dificultades para la restauración y el mantenimiento del talud.



Foto 7.1.- Foto de un talud sin estabilizar "La Joya" etapa Opalo
Fuente: Autores, Agosto 2015.

Tal como se aprecia en la foto 7.1, el material degradado o erosionado fácilmente puede ser arrastrado por el agua hasta el pie del talud, provocando:

1. Un aumento del coste de mantenimiento de cunetas y márgenes de carreteras, incluyendo las reparaciones en zonas aledañas afectadas, (tal como se puede apreciar en la Foto 7.2).

2. Problemas de seguridad vial por reducir la capacidad de desagüe de cunetas y alcantarillas por lo que el agua y los sedimentos ocupan la calzada.



Foto 7.2.- Se aprecia como el material erosionado invade las cunetas, reduciendo la capacidad de desagüe de las mismas.
Fuente: Autores, Agosto 2015.

3. La dispersión de contaminantes, procedentes de los gases de combustión de los vehículos (plomo, óxidos de nitrógeno...) que se depositan sobre los taludes y contaminan las aguas superficiales.



Foto 7.3.- Foto de una zona de excavación y taludes sin estabilizar, propensa a deslizamiento, La Joya etapa Opalo. Fuente: Autores, Agosto 2015.

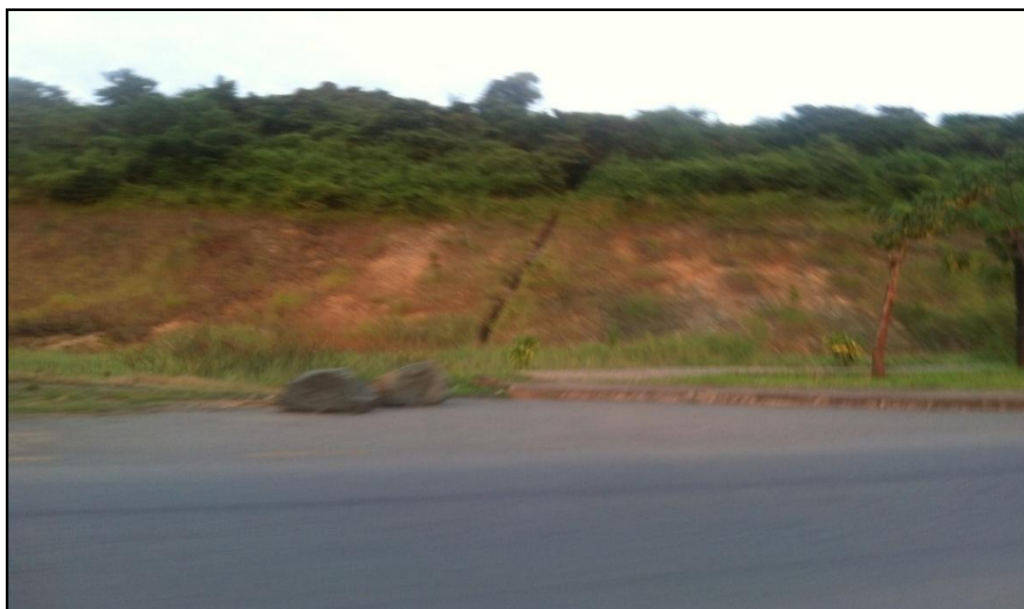


Foto 7.4.- Foto de una Zanja de desagüe "La Joya" etapa Corona. Fuente: Autores, Agosto 2015.

En la Foto 7.4, se observan taludes que han sido excavados que incluyen zanjas casi verticales por donde se está haciendo bajar las aguas lluvias y generando la consecuente erosión. Esto es una acción errónea que favorece la inestabilidad.

Las acumulaciones de materiales sueltos (de baja resistencia al corte) en las partes altas constituyen también un error ya que con la acción de las aguas lluvias dichos materiales pueden transformarse a inestables y descender a las partes bajas donde están construidas decenas de viviendas.



Foto 7.5.- Foto de un talud sin estabilizar donde el material erosionado fácilmente se desplazará hacia las cunetas. Fuente: Autores, Agosto 2015.

Como se aprecia en la foto 7.6, en cada talud se observa que las pendientes están sin estabilizar y provocan erosión en el terreno,

provocando grietas y un suelo no estable donde a futuro este material arcilloso caiga a las laderas y por consiguiente se taponen las alcantarillas donde desembocan las aguas lluvias (foto 7.7).



Foto 7.6.- Talud rocoso con peligro de deslizamientos por fatal de estabilización. Fuente: Autores, Agosto 2015.



Foto 7.7.- Material erosionado saliendo del alcantarillado pluvial. Fuente: Autores, Agosto 2015.

Cada talud representa un riesgo para las etapa de la urbanización La Joya (Foto 7.8), esto parece ser caso omiso para los constructores donde ellos no plantean las soluciones y construyen por construir, por avanzar más rápido en su proyecto, al vender más villas hace que ellos talen más árboles y dinamiten los cerros para luego dar paso a la construcción masiva de viviendas.



Foto 7.8.- Vivienda construida junto a un talud sin estabilizar.
Fuente: Autores, Agosto 2015.

En las foto 7.9, se pueden apreciar cada cerro donde no estabilizan los taludes y desarrollan canales a conveniencia sin considerar las debidas precauciones a futuro en la Urbanización.



Foto 7.9.- Zona de excavación en donde se puede apreciar como el material erosionado esta esparcido a lado de la zanja de drenaje. Fuente: Autores, Agosto 2015.

Se hizo un análisis en cada sector de las etapas donde podría ocurrir deslizamientos, fueron varios sectores no estables de material arcilloso. Se ven en fotos de forma clara los detalles de su talud y su canal donde iría a desembocar las aguas lluvias y estas a las ves los esteros que sin tener suficiente captación de las aguas lluvias provocarían que se regresen las aguas lluvias a las alcantarillas y está a la vez produzcan una inundación en las diferentes etapas de la urbanización.

Durante la temporada invernal se produjo una lluvia de intensidad de casi 2 horas dentro de toda la zona del Cantón Daule por lo que se vieron varias etapas inundadas donde no sirvió de nada el sistema de alcantarillado y produjo que las aguas lluvias de cada canal se

regrese a la urbanización y no cumpla la función de evacuar hacia el río. Se puede apreciar algunos de los efectos del agua en las siguientes fotografías:



Foto 7.10.- Deslizamiento de material erosionado hacia las calles de la urbanización. Fuente: Autores, Agosto 2015.



Foto 7.11.- Talud erosionado por las operaciones constructivas de la urbanización. Fuente: Autores, Agosto 2015.



Foto 7.12.- Fotografía de charcos de agua empozada al pie de un talud por operaciones de excavación. Fuente: Autores, Agosto 2015.

El ingreso de material erosionado hacia el alcantarillado pluvial provoca que el agua no fluya hacia los canales de descarga y así mismo el arrastre de sedimentos afecta al canal ya que estos se van depositando en el fondo reduciendo la pendiente e impidiendo la evacuación de las agua hacia el río Daule. (Foto 7.13)



Foto 7.13.- Canal con agua estancada, generación de malos olores y criadero de mosquitos. Fuente: Autores, Agosto 2015.

CAPITULO 8

8.- FORMULACIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

8.1 Soluciones de ingeniería

Teniendo en cuenta las situaciones encontradas que señalan una gran afectación al medio natural, se proponen soluciones de ingeniería que tiende a contrarrestar esos daños al ambiente, así:

Afectación 1, movimiento de tierra, excavaciones y rellenos, dando lugar a superficies altamente sometidas a la erosión hídrica, transporte y depósitos de sedimentos en las áreas con infraestructura de obras urbanísticas.

La solución necesaria para contrarrestar o al menos disminuir la afectación 1 es el control de la erosión. Se propone cubrir los

terrenos susceptibles de erosión con suelos orgánicos, para así proceder a la reforestación (Tal como se puede ver en la figura 1).

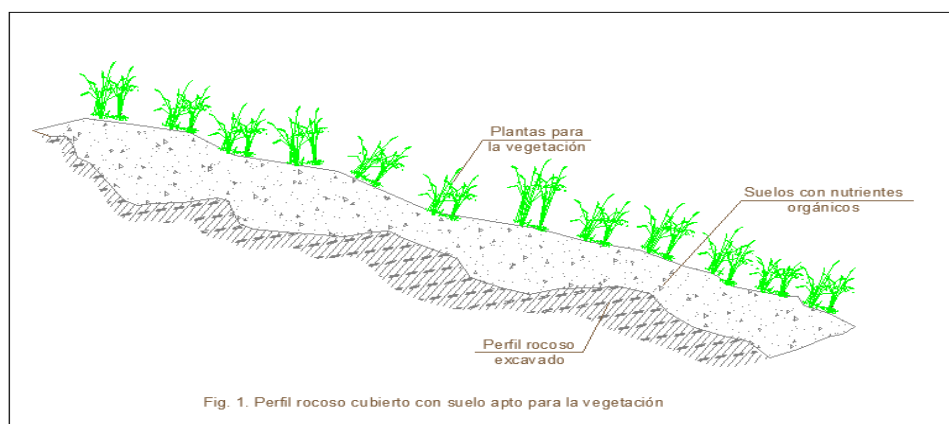


Fig.1.- Perfil rocoso cubierto con suelo apto para la re-vegetación
Fuente: Autores, Agosto 2015.

En los casos particulares en los cuales los taludes de corte son empinados se plantea construir bermas para recibir y amortiguar la caída de sedimentos, de la siguiente forma. (Figura 2)

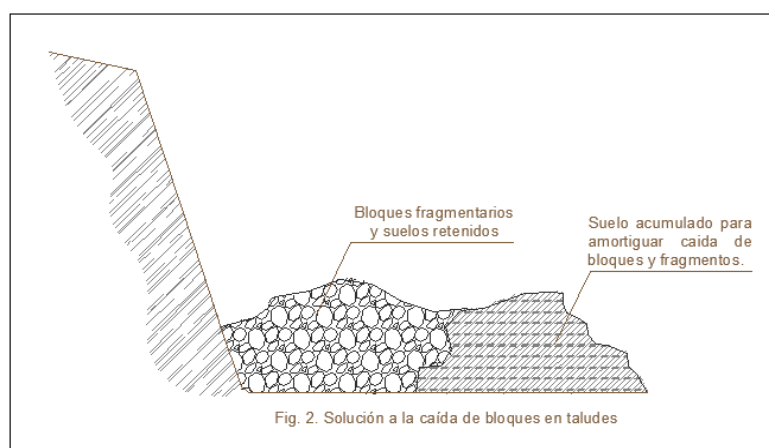


Fig. 2.- Solución a la caída de bloques en taludes.
Fuente: Autores, Agosto 2015.

Afectación 2, Interrupción y relleno de cauces y quebradas de drenaje

Para contrarrestar esta segunda afectación se propone construir canales de intersección y conducción de los caudales de aguas lluvias hasta los sectores más próximos al río Daule, para que drenen hasta este gran cauce.

Lo que se plantea es evitar que los caudales ingresen a la parte central de la 2 da etapa de la urbanización La Joya, situación que viene ocurriendo desde que está habitada.

En la figura 3, se esquematizan las obras que se proponen construir.

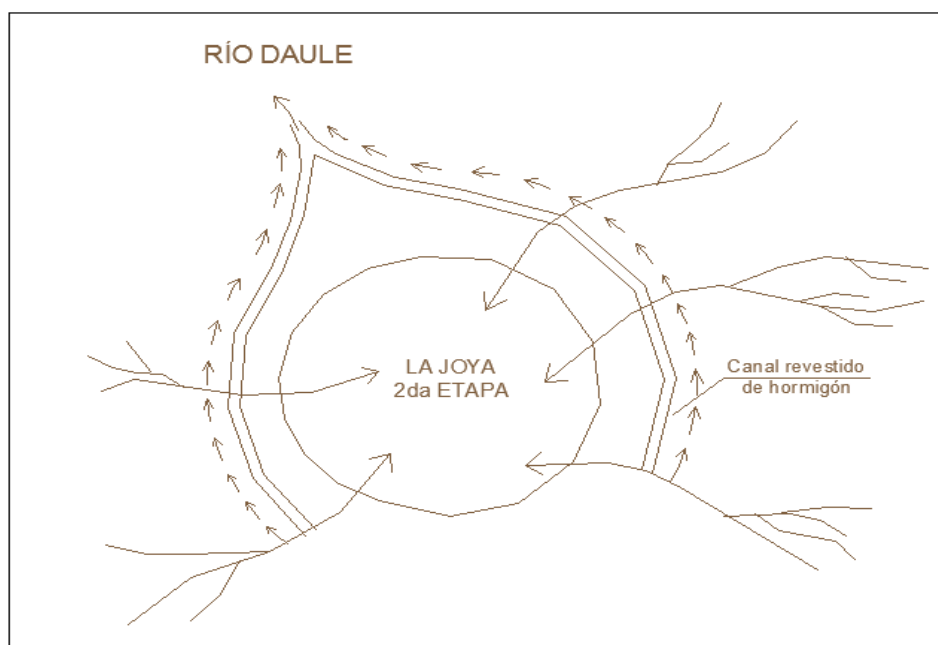


Fig. 3.- Esquema del sistema de drenaje que converge en la etapa 2 de La Joya. Fuente: Autores, Agosto 2015.

8.2 Reforestación en zonas erosionadas "La Joya, 2da etapa"

8.2.1 Aplicación

La construcción de infraestructuras conlleva la modificación de la topografía y la generación de taludes con problemas de inestabilidad y riesgos de erosión. Las técnicas de **ingeniería ecológica** enfatiza el uso de sistemas auto sostenibles y efectivos, en particular la materia orgánica, plantas y materiales vegetales, para proteger los taludes de la erosión y mejorar su estabilidad, como alternativa o complemento a ciertas soluciones de la ingeniería civil o geotécnica convencional (10).

8.2.2 Beneficio

La vegetación se encarga de interceptar el agua, mejorar la permeabilidad del suelo, aumentar la infiltración, minimizar la escorrentía y reducir los riesgos de compactación, además de presentar otros beneficios como se indica en la tabla XII (10).

Influencia en la erosión superficial	Protección Mecánica	El follaje y los residuos de las plantas disipan la energía de la lluvia y previenen la separación de las partículas del suelo por salpicadura.
	Refuerzo biomecánica del suelo en profundidad	Las raíces retienen las partículas del suelo aumentando su resistencia a la erosión laminar y, sobre todo, al flujo concentrado.
	Retención	El follaje y los tallos incrementan la aspereza del terreno, disminuyendo la velocidad de la escorrentía.
	Infiltración	Las plantas y otros residuos ayudan a mantener la porosidad y permeabilidad del suelo, retrasando el comienzo de la escorrentía.
Influencia en la estabilidad del talud	Refuerzos de las raíces	Las raíces refuerzan mecánicamente el suelo transfiriendo la tensión de corte del suelo a una resistencia a tracción sobre ellas
	Disminución de la humedad del suelo	La transpiración y la interceptación por el follaje, puede reducir la humedad y limitar el aumento de una presión de poro positiva
	Refuerzo	Los tallos pueden actuar como pilotes de refuerzo o apeo, o los contrafuertes de un arco, para contener las fuerzas de corte.
	Sobrecarga	El peso de la vegetación puede, en algunas circunstancias, incrementar la presión de la capa de deslizamiento del talud.

Tabla XII.- Beneficios de la vegetación con respecto a la erosión y estabilidad. Fuente: Juan Giráldez 2014

8.2.3 Aplicaciones adicionales

a) Uso de fertilizantes

Se recomienda usar fertilizantes inorgánicos que mejoren las proporciones de nitrógeno, fósforo, potasio y nutrientes orgánicos, así como enmiendas orgánicas, que incrementan la materia orgánica y favorecen las propiedades físicas del suelo, (estiércol, compost, lodos de estaciones depuradoras, etc.) que

mejoran, además, las propiedades físicas del suelo aumentando su capacidad de retención de agua y desarrollando su estructura. En general se prefieren las enmiendas orgánicas (10).

b) Productos acondicionadores y estabilizantes.

Estos mejoran la absorción y retención del agua para que se libere lentamente cuando la planta la necesite. Se usan ácidos fúlvicos y húmicos así como estabilizantes químicos (10).

- **Ácidos fúlvicos y húmicos**

Son un conjunto de componentes de la fracción orgánica del suelo, mejoran las características del suelo, favoreciendo la absorción de nutrientes, la retención y evacuación del agua, y la actividad radical. Son fácilmente dispersables en agua capaces de flocular en condiciones de pH no alcalinos (fúlvicos) y pH alcalino (húmicos). Aplicación en riego (10).

- **Estabilizantes**

Son productos químicos, naturales o sintéticos, que mejoran las propiedades físicas del suelo. Incluidos en las hidrosiembras, reducen la pérdida de agua por evaporación, protegen a las

semillas para facilitar su germinación y, al descomponerse liberan elementos nutritivos útiles para las plantas (10).

Para la aplicación de estas técnicas se necesita maquinaria para mezclarlas de forma uniforme con el suelo salvo las que pueden incorporaren la hidrosiembra. Su aplicación dependerá de las características de la maquinaria disponible (10).

8.3 Diseño de canales revestidos de hormigón armado

8.3.1 Ventajas

Los canales revestidos con hormigón servirán para mejorar la capacidad de conducción del canal, favoreciendo al drenaje de estas aguas hacia el río Daule. Evitará el estancamiento del agua en diferentes partes urbanísticas, impedirá la generación de malos olores por la humedad y el criadero de mosquitos portador del Dengue, chikungunya (11).

Los canales revestidos permiten conducir el agua con mayores velocidades y además adaptarse mejor a la topografía del terreno, en especial en los cruces de quebradas. En los casos de terrenos con excavaciones, es también más fácil construir canales de hormigón ya que requieren de una franja de terreno más angosta.

8.3.2 Especificaciones de los canales

- El canal a diseñarse deberá desalojar un caudal cuando menos equivalente al 75% del caudal calculado, esto en función de los costes de construcción y mantenimiento de la estructura a construirse.
- Con la finalidad de ofrecer una solución de prefactibilidad, la sección optada será un canal de sección regular rectangular óptima, que será calculado a flujo permanente (Uniforme).
- En función de la topografía se utilizará pendientes de orden del 0,1% o mayores.
- Por la magnitud del caudal y la erosividad observada en las áreas de impacto, se optará por un canal revestido de hormigón con una resistencia de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, sujeto con una malla electrosoldada de 5,5 mm.

Para el cálculo de dimensiones de canales se requiere de un proceso en el cual se toma en cuenta algunas especificaciones de texto y manuales que reflejen experiencia en el diseño de los mismo.

a) Determinación de Máxima Eficiencia Hidráulica.- Se dice que un canal es de máxima eficiencia hidráulica cuando para la misma área y pendiente conduce el mayor caudal posible, ésta condición está referida a un perímetro húmedo mínimo, la ecuación que determina la sección de máxima eficiencia hidráulica es

$$\text{Ec. 4} \quad \frac{b}{y} = 2 * \operatorname{tg} \left(\frac{\theta}{2} \right)$$

Siendo θ el ángulo que forma el talud con la horizontal, $\arctan(1/z)$, **b** ancho de solera y **y** tirante del canal (12).

b) Diseño de secciones hidráulicas.- Para el diseño de los canales se debe tener en cuenta ciertos factores, tales como: tipo de material del cuerpo del canal, coeficiente de rugosidad, velocidad máxima y mínima permitida, pendiente del canal, taludes, etc (13). La ecuación más utilizada es la de Manning o Strickler, y su expresión es:

La ecuación de Manning o Strickler

$$\text{Ec. 5} \quad Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2}$$

Donde:

Q= caudal (m^3/s)

n= Rugosidad

A= Área (m^2)

R = Radio hidráulico = Área de la sección húmeda / Perímetro húmedo.

En la tabla XIII, se muestran las secciones óptimas más utilizadas.

Sección transversal	Área A	Perímetro mojado P	Radio Hidráulico	Ancho superficial T	Profundidad Hidráulica	Factor de sección Z
Trapezio	$\sqrt{3}y^2$	$2\sqrt{3}y$	$\frac{1}{2}y$	$\frac{4}{3}\sqrt{3}y$	$\frac{3}{4}y$	$\frac{3}{2}y^{2.5}$
Rectángulo	$2y^2$	$4y$	$\frac{1}{2}y$	$2y$	y	$2y^{2.5}$
Triángulo	y^2	$2\sqrt{2}y$	$\frac{1}{4}\sqrt{2}y$	$2y$	$\frac{1}{2}y$	$\frac{\sqrt{2}}{2}y^{2.5}$

Tabla XIII.- Secciones hidráulicas óptimas para canal rectangular.
Fuente: Ven Te Chow 1994.

c) Rugosidad.- Esta depende del cauce y el talud, dado a las paredes laterales del mismo, vegetación, irregularidad y trazado del canal, radio hidráulico y obstrucciones en el canal (12).

En canales proyectados con revestimiento, la rugosidad es función del material usado, que puede ser de concreto, geomanta, tubería PVC ó HDP ó metálica, o si van a trabajar a presión atmosférica o presurizados (12). La siguiente tabla nos da valores de “n” estimados.

Material del canal	n de Manning	Velocidad máxima (m/s)	Inclinación Hzta: Vtcal	
			Corte	Terraplén
Concreto liso o áspero	0,012 - 0,016	6,0	1:4 a vertical	
Gaviones	0,025	4,7	1:2.	
Manspostería convencional	0,015	3,7	1:4.	
Piedra sobre mortero	0,035	3,7	1:2.	
Piedras grandes	0,025	3,0	1:4.	
Capa doble piedra	0,035	3,0	1:2.	
Suelo apisonado con piedra	0,033	2,6	3:4.	1:1.
Guijarros y piedras	0,033 - 0,040	2,0	3:2.	2:1.
Arcilla dura	0,020 - 0,030	1,5	3:4.	1:1.
Cenizas volcánicas	0 020 - 0,030	1,1	2,5:1. a 3:1.	3:1. a 3,5:1
Arena fina	0,020 - 0,030	0,8	2,5:1. a 3:1.	3:1. a 3,5:1

Tabla XIV.- Valores de rugosidad “n” de Manning.
Fuente: Autoridad Nacional del Agua, Lima - Perú 2010.

Para el proyecto se eligió un coeficiente de rugosidad de 0,015, concreto.

d) Talud apropiado según el tipo de material.-: La inclinación de las paredes laterales de un canal, depende de varios factores pero en especial de la clase de terreno donde están alojados (12), para nuestro caso por ser canales rectangulares estos no tienen talud por lo que el valor de z es igual a 0, **$z=0$** .

e) Velocidades máxima y mínima permisible.- La velocidad mínima permisible es aquella velocidad que no permite sedimentación, la baja velocidad favorece el crecimiento de las plantas, en canales de tierra. El valor de **0,8 m/s** se considera como

la velocidad apropiada que no permite sedimentación y además impide el crecimiento de plantas en el canal.

Para la velocidad máxima permisible, la U.S. BUREAU OF RECLAMATION, recomienda que en el caso de revestimiento de canales de hormigón no armado, las velocidades no deben exceder de 2,5 – 3,0 m/s. Para evitar la posibilidad de que el revestimiento se levante (12).

f) Borde libre.- Es el espacio entre la cota de la corona y la superficie del agua, se puede determinar el borde libre por medio de ábacos como por ejemplo: Curvas para el borde libre promedio y la altura de las banquetas con relación a la capacidad.

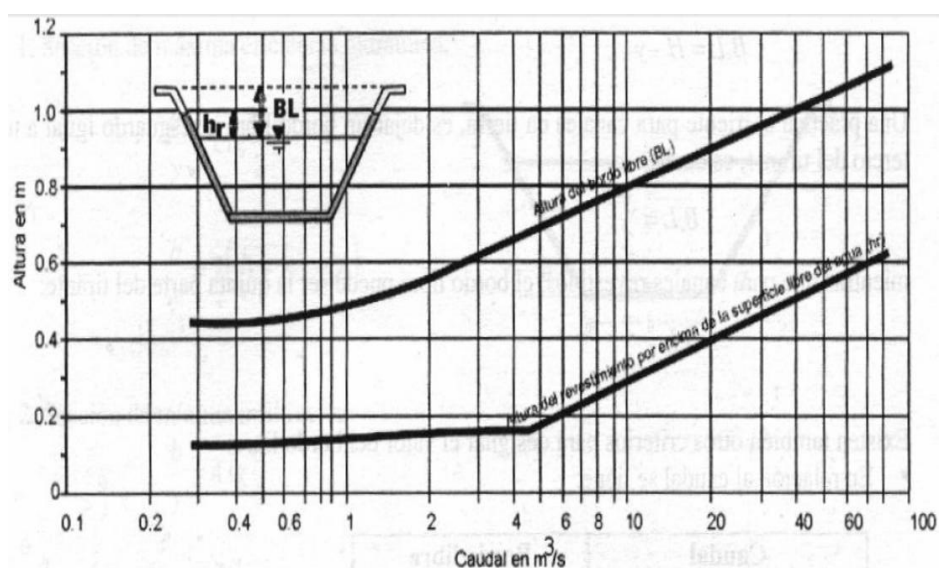


Imagen 6.- Curvas para la estimación de borde libre.
Fuente: Harvey Condori Luque 2004.

g) Radio mínimo en función del caudal

Capacidad del canal (m ³ /s)	Radio mínimo (m)
20	100
15	80
10	60
5	20
1	10
0,5	5

Tabla XV. - Radio mínimo para caudales menores a 20 m³/s.
Fuente: Autoridad Nacional del Agua, Lima - Perú 2010.

Según los valores de la tabla XV, para un caudal de 13,11 m³/s se **asume 70 m** como radio mínimo.

h) Espesor de revestimiento

No existe una regla general para definir los espesores del revestimiento de concreto, sin embargo según la experiencia acumulada en la construcción de canales por parte del Manual: "Criterios de diseños de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos" (Lima-Perú), se puede usar un espesor de 5 a 7,7 cm para canales pequeños y medianos, y 10 a 15 cm para canales medianos y grandes, siempre que estos se diseñen sin armadura (12).

8.3.3 Dimensionamiento de canales

Iteraciones realizadas con el software Hcanales para el cálculo de la sección hidráulica del canal a diferentes caudales de proyecto.

Las consideraciones tomadas para la estimación de los coeficientes parciales de escorrentía proporcionan una buena aproximación del caudal en la zona de estudio. Para el cálculo de dimensionamiento de canales las áreas de las sub-cuenca se reducen debido a que los canales interceptan los cauces provocando también que los caudales disminuyan.

Sub. Cuenca	Areas (km ²)	Area (Ha)	Lc (km)	Hmax (m)	Hmin (m)	H (m)	Tc (min)	Id, Tr	I, Tr (mm/h)	(C)	Q (m ³ /s)
A	3,01	300,81	2,07	78	9	69	25,87	6,00	19,61	0,35	5,74
B	1,04	104,4	1,17	79	9	70	13,22	6,00	24,66	0,4	2,86
C	0,70	69,8	0,77	131	9	122	6,59	6,00	31,27	0,48	2,91
C1	0,19	18,93	0,70	134	9	125	5,88	6,00	32,5	0,5	0,85
D	0,19	18,93	0,43	34	9	25	6,25	6,00	31,84	0,45	0,75
										0,45	13,11

Tabla XVI.- Nuevos caudales para el diseño de canales
Fuente: Autores, Agosto 2015.

En base al costo de construcción, mantenimiento y la integridad física de las personas, se decidió que la estructura no tuviera una profundidad mayor a los 2,80 m.

La selección del material y resistencia que se ha usado para la construcción del canal, así como, el espesor y dimensiones geométricas van en función de la velocidad máxima permisibles.

En funciones de la topografía y funcionalidad el canal deberá ser construido en dos tramos, Tramos 1 y Tramo 2, con una longitud de 4.556,76m y 1.815,50m respectivamente. Por tal motivo se realizan el mismo tipo de iteraciones, pero esta vez para cada tramo señalado.

Dimensionamiento del canal 1 de descarga									
L canal 1 = 4556,76 m									
Q = QA + QB + QC = 11,51 m ³ /s									
Calculo del Tirante Normal									
%	Q (m ³ /s)	y (m)	b (m)	n	s (m/m)	v (m/s)	H	F	tipo de flujo
100%	0,00	2,01	3	0,015	0,001	1,91	2,211	0,43	subcritico
		2,09	2,5	0,015	0,0015	2,19	2,299	0,48	subcritico
		1,85	2,8	0,015	0,0015	2,22	2,035	0,52	subcritico
Calculo del Tirante Crítico									
	Q (m ³ /s)	yc (m)	b (m)	n	s (m/m)	v (m/s)	H	F	tipo de flujo
100%	0,00	2,17	3	0,015	0,001	4,61	2,387	1	critico
		1,96	3,5	0,015	0,001	4,38	2,156	1	critico

Tabla XVII.- Tirantes normal y crítico tramo 1

Fuente: Autores, Agosto 2015.

En esta ocasión podemos apreciar que se podría hacer la descarga del 70% del caudal calculado que se genera por la escorrentía producida en las sub- cuencas A, B y C.

Al igual que en el caso anterior se procederá a la evaluación de los parámetros de diseño frontera, es decir, se evaluarán las características hidráulicas críticas del Canal de descarga 1.

Ya que el caudal conducido por el Canal de descarga Tramo 2 es mucho menor que el conducido por el Tramo 1, optaremos por evacuar el 100% del caudal generado por la escorrentía de las subcuencas restantes.

Dimensionamiento del canal 2 de descarga									
L canal 2 = 1815,50 m									
Q = QC1 + QD = 1,61 m ³ /s									
Calculo del Tirante Normal									
%	Q (m ³ /s)	y (m)	b (m)	n	s (m/m)	v (m/s)	H	F	tipo de flujo
100%	0,00	0,69	2	0,015	0,001	1,16	0,759	0,45	subcritico
		0,76	1,8	0,015	0,001	1,17	0,836	0,43	subcritico
		0,55	2,2	0,015	0,0015	1,33	0,605	0,57	subcritico
Calculo del Tirante Crítico									
	Q (m ³ /s)	yc (m)	b (m)	n	s (m/m)	v (m/s)	H	F	tipo de flujo
100%	0,00	0,4	2	0,015		2	0,44	1	critico
		0,43	1,8	0,015		2,06	0,473	1	critico
		0,38	2,2	0,015		1,93	0,418	1	critico

Tabla XVIII.- Tirantes normal y crítico tramo 2

Fuente: Autores, Agosto 2015.

Por consiguiente, definimos que los canales de descarga son de sección rectangular y tendrán las siguientes dimensiones:

Canal Tramo 1

B = 2,80 m V = 2,58 m/s n = 0,015 L = 4,556,76m
H = 2,10 m Q = 11,51 m³/s s = 0,0015 m/m e = 0,10 m

Canal Tramo 2

B = 2,20 m	V = 1,33 m/s	n = 0,015	L = 1,815,50m
H = 0,65 m	Q = 1,61 m ³ /s	s = 0,0015 m/m	e = 0,10 m

Los planos de diseños y corridas del programa se pueden ver en Anexos 1 "Diseño de canales" y Anexos 2 "Fotografía e imágenes" respectivamente.

CAPITULO 9

9.- COSTOS ESTIMADOS

Se procede a realizar una estimación de costos para cada una de las soluciones planteadas y así evitar o disminuir los problemas ocurridos en la urbanización "La Joya" durante el periodo invernal.

El precio del presupuesto deberá cubrir el valor de la depreciación, operación y mantenimiento de los equipos y el costo de arrendamiento en el caso de ser alquilados, el costo de los materiales, equipos y accesorios a incorporarse definitivamente en el proyecto, mano de obra, transporte, etc.; los costos indirectos, los impuestos y tasas vigentes; así como, los servicios para la ejecución completa de la obra a realizarse, es decir, todo lo necesario para entregar la obra lista para ser puesta en servicio.

Se incluirán las especificaciones técnicas del proyecto, considerando todos los rubros a contratarse; los estudios y diseños previos, completos, definitivos y actualizados correspondientes; y, los estudios de prevención/mitigación de impactos ambientales, para lo cual la entidad deberá cumplir la normativa ambiental aplicable respecto de la contratación. La descripción abarcará el rubro, procedimiento de trabajo, materiales a emplearse, requisitos, disponibilidad del equipo mínimo para la ejecución del rubro, ensayos, tolerancias de aceptación, forma de medida y pago, en la medida de que sean necesarios.

9.1 Costos de la re-forestación en zonas erosionadas.

El Presupuesto Referencial es de: Ciento veinte y dos mil ciento dos dólares (USD) con 5/100 (122.102,50), más IVA.

Presupuesto Referencial para la Reforestación en zonas susceptibles a la erosión

ITEM	DESCRIPCION	Unidad	Cantidad	Precio Unitario USD	Sub Total USD	Precio Total USD
	Reforestación					122.102,54
	Movimiento de Tierras					62.223,35
1	Desbroce, Desbosque y Limpieza - (Incluye remoción y transporte a botaderos)	ha	3,50	6.100,60	21.352,10	
2	Excavación en suelo - (Excavación para plataforma)	m3	7.000,00	4,17	29.190,00	
3	Excavación en marginal	m3	1.750,00	4,66	8.155,00	
4	Transporte de material de excavación - (Distancia libre de transporte 500 m)	m3/Km.	11.375,00	0,31	3.526,25	
	Señalización horizontal y vertical					8.724,73
1	Señales al lado de la carretera - Preventiva (0.75x 0.75 m)	u	15,00	497,19	7.457,85	
2	Señales al lado de la carretera - Informativas - (1.20x 1.20 m)	u	2,00	633,44	1.266,88	
	Plan de Reforestación					36.154,46
1	Excavación y relleno para arboles	m3	875,00	17,36	15.190,00	
2	Relleno compactado - (con material de la excavación)	m3	83,00	11,62	964,46	
3	Arboles para reforestación	glo	1.000,00	20,00	20.000,00	
	Plan de Manejo Ambiental					15.000,00
1	Plan de Manejo Ambiental	glo	1,00	15.000,00	15.000,00	

RESUMEN GENERAL DE OBRAS CIVILES:

Fases

Movimiento de Tierras	62.223,35
Señalización horizontal y vertical	8.724,73
Plan de Reforestación	36.154,46
Plan de Manejo Ambiental	15.000,00

COSTO TOTAL DE LAS OBRAS CIVILES = 122.102,5

9.2 Costos del sistema de canales

El Presupuesto Referencial es de: Ochocientos ochenta dos mil quinientos cuarenta y nueve dólares (USD) con 50/100 (882.549,50), más IVA.

Presupuesto Referencial para la construcción de los Canales de drenaje Tramo 1 y 2

ITEM	DESCRIPCION	Unidad	Cantidad	Precio Unitario USD	Sub Total USD	Precio Total USD
CANAL TRAMO 1 Y 2						882.549,50
Movimiento de Tierras						62.223,35
1	Desbroce, Desbrosque y Limpieza - (Incluye remoción y transporte a botaderos)	ha	3,50	6.100,60	21.352,10	
2	Excavación en suelo - (Excavación para plataforma)	m3	7.000,00	4,17	29.190,00	
3	Excavación en marginal	m3	1.750,00	4,66	8.155,00	
4	Transporte de material de excavación - (Distancia libre de transporte 500 m)	m3/Km.	11.375,00	0,31	3.526,25	
Señalización horizontal y vertical						8.724,73
1	Señales al lado de la carretera - Preventiva (0.75x 0.75 m)	u	15,00	497,19	7.457,85	
2	Señales al lado de la carretera - Informativas - (1.20x 1.20 m)	u	2,00	633,44	1.266,88	
Estructura de Hormigón armado						796.601,42
1	Excavación y relleno para estructuras - (cimentación de estructuras)	m3	875,00	17,36	15.190,00	
2	Relleno estructural compactado - (con material de la excavación)	m3	83,00	11,62	964,46	
3	Hormigón estructural de cemento Pórtland Clase E - (f'c=140 kg./cm2 - Agre. Máx.=38 mm. - Replantillos)	m3	75,00	232,34	17.425,50	
4	Hormigón estructural de cemento Pórtland Clase B - (f'c=210 kg./cm2 - Agre. Máx.=38 mm.)	m3	1.647,31	300,20	494.522,46	
5	Acero de refuerzo de malla de alambre - (15cm x 15cm , diam.= 5.5mm / fy=5000 kg./cm2)	m2	16.940,00	15,85	268.499,00	
Plan de Manejo Ambiental						15.000,00
1	Plan de Manejo Ambiental	glo	1,00	15.000,00	15.000,00	

RESUMEN GENERAL DE OBRAS CIVILES:

Fases

Movimiento de Tierras	62.223,35
Señalización horizontal y vertical	8.724,73
Estructura de Hormigón armado	796.601,42
Plan de Manejo Ambiental	15.000,00

COSTO TOTAL DE LAS OBRAS CIVILES = 882.549,50

9.3 Costo total

El Presupuesto Referencial es de: **Novcientos mil cuarenta y nueve dólares (USD) con 50/100 (900.049,50), más IVA**, con sujeción al Plan Anual de Contrataciones respectivo. De donde se detalla rubro por rubro con su respectivo costo unitario.

Presupuesto Referencial						
ITEM	DESCRIPCION	Unidad	Cantidad	Precio Unitario USD	Sub Total USD	Precio Total USD
	CANAL TRAMO 1 Y 2					900.049,50
	Movimiento de Tierras					62.223,35
1	Desbroce, Desbosque y Limpieza - (Incluye remoción y transporte a botaderos)	ha	3,50	6.100,60	21.352,10	
2	Excavación en suelo - (Excavación para plataforma)	m3	7.000,00	4,17	29.190,00	
3	Excavación en marginal	m3	1.750,00	4,66	8.155,00	
4	Transporte de material de excavación - (Distancia libre de transporte 500 m)	m3/Km.	11.375,00	0,31	3.526,25	
	Señalización horizontal y vertical					8.724,73
1	Señales al lado de la carretera - Preventiva (0.75x 0.75 m)	u	15,00	497,19	7.457,85	
2	Señales al lado de la carretera - Informativas - (1.20x 1.20 m)	u	2,00	633,44	1.266,88	
	Estructura de Hormigón armado					796.601,42
1	Excavación y relleno para estructuras - (cimentación de estructuras)	m3	875,00	17,36	15.190,00	
2	Relleno estructural compactado - (con material de la excavación)	m3	83,00	11,62	964,46	
3	Hormigón estructural de cemento Portland Clase E - (f'c=140 kg./cm2 - Agre. Máx.=38 mm. - Replantillos)	m3	75,00	232,34	17.425,50	
4	Hormigón estructural de cemento Portland Clase B - (f'c=210 kg./cm2 - Agre. Máx.=38 mm.)	m3	1.647,31	300,20	494.522,46	
5	Acero de refuerzo de malla de alambre - (15cm x 15cm , diam.= 5.5mm / fy=5000 kg./cm2)	m2	16.940,00	15,85	268.499,00	
	Plan de Manejo Ambiental					32.500,00
1	Plan de Manejo Ambiental	glo	1,00	15.000,00	15.000,00	
2	Reforestación dentro del área	ha	3,50	5.000,00	17.500,00	

Continuación Costo total

Presupuesto Referencial

ITEM	DESCRIPCION	Unidad	Cantidad	Precio Unitario USD	Sub Total USD	Precio Total USD
------	-------------	--------	----------	---------------------	---------------	------------------

RESUMEN GENERAL DE OBRAS CIVILES:

Fases

Movimiento de Tierras	62.223,35
Señalización horizontal y vertical	8.724,73
Estructura de Hormigón armado	796.601,42
Plan de Manejo Ambiental	32.500,00

COSTO TOTAL DE LAS OBRAS CIVILES = 900.049,50

CAPITULO 10

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

10.1 Conclusiones

- 1) La urbanización "La Joya" tiene actualmente 2 etapas que son susceptibles a inundaciones, con arrastre de gran cantidad de sedimentos.
- 2) La anterior situación no solo causa daños al sistema de alcantarillado y a las calzadas de las calles, sino también a las viviendas y por ende a sus habitantes.
- 3) Los canales actualmente construidos son claramente insuficientes ya que se generan desbordes y además flujo inverso en las tuberías de drenaje, por lo que el agua ingresa a las viviendas también por este medio.

- 4) La causa principal de los problemas encontrados tiene que ver con deficiencias en el sistema de drenaje de aguas lluvias que proviene de las partes altas que rodean a la urbanización.
- 5) Por otra parte el proceso constructivo seguido también es un gran problema ya que se han realizado grandes excavaciones, eliminando las capas vegetales, dejando rocas meteorizadas a la intemperie y obstruyendo los cauces naturales.

10.2 Recomendaciones para proyectos similares.

- 1) Lo ocurrido en la urbanización "La Joya" determina que para realizar una urbanización se debe realizar una exhaustiva investigación del medio natural, en especial de las características geológicas, de la topografía y de los procesos constructivos.
- 2) Debe evitarse las excavaciones y deforestaciones sin que se tenga un plan que permita manejar ambientalmente ese tipo de acciones.
- 3) Es de mucha importancia el análisis del sistema de drenaje antes y después de diseñarse las soluciones, para evitar los daños que han sido causados.

- 4) Todas las urbanizaciones que se construyan al pie de taludes o peor aun que estén rodeadas de estas, deben ser sujetas a un estudio especial en el cual se tomen en cuenta todas las situaciones ocurridas.

ANEXOS

Anexos 2 Corridas con el software Hcanales

Tirante normal canal Tramo 1

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular			
Lugar:	<input type="text"/>	Proyecto:	<input type="text"/>
Tramo:	<input type="text"/>	Revestimiento:	<input type="text"/>
Datos:			
Caudal (Q):	<input type="text" value="11.51"/>	m3/s	
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="2.8"/>	m	
Talud (Z):	<input type="text" value="0"/>		
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.015"/>		
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.0015"/>	m/m	
Resultados:			
Tirante normal (y):	<input type="text" value="1.0517"/>	m	Perímetro (p): <input type="text" value="6.5034"/> m
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="5.1848"/>	m2	Radio hidráulico (R): <input type="text" value="0.7972"/> m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="2.8000"/>	m	Velocidad (v): <input type="text" value="2.2200"/> m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="0.5209"/>		Energía específica (E): <input type="text" value="2.1029"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Subcrítico"/>		

Imagen 1.- Tirante normal, tramo 1 (Software Hcanales).

Tirante crítico canal Tramo 1

Cálculo del Tirante Crítico sección Trapezoidal, Rectangular, Triangular			
Lugar:	<input type="text"/>	Proyecto:	<input type="text"/>
Tramo:	<input type="text"/>	Revestimiento:	<input type="text"/>
Datos:			
Caudal (Q):	<input type="text" value="11.51"/>	m3/s	
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="2.8"/>	m	
Talud (Z):	<input type="text" value="0"/>		
Resultados:			
Tirante crítico (y):	<input type="text" value="1.1987"/>	m	Perímetro (p): <input type="text" value="5.1975"/> m
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="3.3565"/>	m2	Radio hidráulico (R): <input type="text" value="0.6458"/> m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="2.8000"/>	m	Velocidad (v): <input type="text" value="3.4292"/> m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="1.0000"/>		Energía específica (E): <input type="text" value="1.7981"/> m-Kg/Kg

Imagen 2.- Tirante crítico, tramo 1 (Software Hcanales).

Tirante normal canal Tramo 2

Datos:	
Caudal (Q):	1.61 m ³ /s
Ancho de solera (b):	2.2 m
Talud (Z):	0
Rugosidad (n):	0.015
Pendiente (S):	0.0015 m/m

Resultados:	
Tirante normal (y):	0.5523 m
Area hidráulica (A):	1.2150 m ²
Espejo de agua (T):	2.2000 m
Número de Froude (F):	0.5693
Tipo de flujo:	Subcrítico
Perímetro (p):	3.3045 m
Radio hidráulico (R):	0.3677 m
Velocidad (v):	1.3251 m/s
Energía específica (E):	0.6418 m-Kg/Kg

Imagen 3.- Tirante normal, tramo 2 (Software Hcanales).

Tirante crítico canal Tramo 2

Datos:	
Caudal (Q):	1.61 m ³ /s
Ancho de solera (b):	2.2 m
Talud (Z):	0

Resultados:	
Tirante crítico (y):	0.3794 m
Area hidráulica (A):	0.8346 m ²
Espejo de agua (T):	2.2000 m
Número de Froude (F):	1.0000
Perímetro (p):	2.9587 m
Radio hidráulico (R):	0.2821 m
Velocidad (v):	1.9291 m/s
Energía específica (E):	0.5690 m-Kg/Kg

Imagen 4.- Tirante crítico, tramo 2 (Software Hcanales).

Calculo de pérdidas por fricción

En función de determinar que el uso de un canal revestido de hormigón es la mejor solución para evitar problemas de infiltración a lo largo del canal, para esto se procede a calcular las pérdidas en el canal propuesto.

Canal Tramo 1

Cálculo de pérdidas por infiltración en canales

Datos:	
Caudal (Q):	11.51 m ³ /s
Ancho de solera (b):	2.8 m
Talud (Z):	0
Rugosidad (n):	0.015
Pendiente (S):	0.0015 m/m
Longitud canal (L):	4.5568 Km

Resultados hidráulicos parciales:	
Tirante normal (y):	1.8517 m
Área hidráulica (A):	5.1848 m ²
Perímetro (p):	6.5034 m
Espejo de agua (T):	2.8000 m
Velocidad (v):	2.2200 m/s

Canales en tierra		Canales revestidos	
Otros datos:			
Espesor revestimiento (e):	0.1 m		
Permeabilidad del revestimiento, hormigón (K):	0.00000505 cm/s		
Resultados:			
Pérdidas/km (P):	0.0043 m ³ ·s·km		
Q perdido:	0.0198 m ³ /s		
Q final:	11.4902 m ³ /s		
% pérdidas:	0.17 %		

Imagen 5.- Pérdidas por fricción, tramo 1 (Software Hcanales).

Canal Tramo 2

Cálculo de pérdidas por infiltración en canales

Datos:	
Caudal (Q):	1.61 m ³ /s
Ancho de solera (b):	2.2 m
Talud (Z):	0
Rugosidad (n):	0.015
Pendiente (S):	0.0015 m/m
Longitud canal (L):	1.81575 Km

Resultados hidráulicos parciales:	
Tirante normal (y):	0.5523 m
Área hidráulica (A):	1.2150 m ²
Perímetro (p):	3.3045 m
Espejo de agua (T):	2.2000 m
Velocidad (v):	1.3251 m/s

Canales en tierra		Canales revestidos	
Otros datos:			
Espesor revestimiento (e):	0.1 m		
Permeabilidad del revestimiento, hormigón (K):	0.00000505 cm/s		
Resultados:			
Pérdidas/km (P):	0.0008 m ³ ·s·km		
Q perdido:	0.0014 m ³ /s		
Q final:	1.6086 m ³ /s		
% pérdidas:	0.09 %		

Imagen 6.- Pérdidas por fricción, tramo 2 (Software Hcanales).

Anexo

Fotos

Referencias Bibliográficas

- 1) *ELICONSUL Cía. Ltda. (2012) Ficha Ambiental y plan de manejo ambiental LA JOYA segunda etapa, Daule-Ecuador pdf.*
- 2) *Periódico "El Universo" (24/11/2014) "La Joya con 22.000 habitantes supera en población a 6 cantones", activo y disponible en:
<http://www.eluniverso.com/noticias/2014/11/24/nota/4264426/joya-22000-habitantes-supera-poblacion-6-cantones> (Visto el 18/06/2015).*
- 3) *La Joya urbanización, página oficial, disponible en: <https://www.lajoya.ec/>*
- 4) *Distancias entre La Joya Daule Ecuador, latitud y longitud. Disponible en:
<http://www.distanciasentre.com/uy/la-joya-daule-ecuador-latitud-longitud-la-joya-daule-ecuador-latitud-la-joya-daule-ecuador-longitud/LatitudLongitudHistoria/199452.aspx> (Visto el 08/07/2015)*
- 5) *AGUILAR MARTINEZ, Alex Antonio.(2007) "MANUAL BASICO PARA EL ANALISIS DE UNA CUENCA HIDROGRAFICA." Universidad de los Lagos.*

- 6) *Tutoriales Ingeniería civil Determinación de caudales máximos con el método racional disponible en: <http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/determinacion-de-caudales-maximos-con-el-metodo-racional/> (Visto el 23/07/2015)*
- 7) *Instituto Nacional De Meteorología E Hidrología. INAMHI. Anuarios Meteorológicos 1999, 2008 y 2012.*
- 8) *Cabrera O. Fernández L (2008) "TRANSPORTE Y SEDIMENTACIÓN EN EL DELTA DE SAN IGNACIO, LAGUNA DE TACARIGUA, ESTADO MIRANDA, VENEZUELA" ISSN 1012-7089 Caracas-Venezuela, disponible en:

http://www2.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1012-70892008000100006&lng=es&nrm=i*
- 9) *CAÑADAS CRUZ LUIS Ing. -1983 -El Mapa Bioclimático Y Ecológico Del Ecuador MAG-Pronareg.*
- 10) *Juan Vicente Giráldez, Rafael Madrid (2014) Titulo "MANUAL DE TÉCNICAS DE ESTABILIZACIÓN BIOTÉCNICA EN TALUDES DE INFRAESTRUCTURAS DE OBRA CIVIL" Universidad de Córdoba. Departamentos de Agronomía e Ingeniería Rural - Córdoba Documento investigativo pdf.*

- 11) *Gonzales Rojas Albert, Gonzales Alvitez Víctor Título "REVESTIMIENTO DE CANALES" HIDRAHULICA APLICADA - ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL.*
- 12) *Autoridad Nacional del Agua (2010) Título "CRITERIOS DE DISEÑOS DE OBRAS HIDRAULICAS PARA LA FORMULACION DE PROYECTOS HIDRAULICOS MULTISECTORIALES Y DE AFIANZAMIENTO HIDRICO" Lima-Perú, Manual de diseño pdf.*
- 13) *Ven Te Chow (1994) "Diseño de canales con flujo uniforme" (Hidráulica de canales abiertos) Mc Graw-Hill. Santa Fe de Bogotá - Colombia ISBN 07-010776-9, pág.: 154-159*
- 14) *Harvey Condori Luque (2004) "Diseño de canales" Perú - Puno, monografía en línea y disponible en:*
<http://www.monografias.com/trabajos19/canales/canales.shtml> (visto el 02/08/2015).