

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA
RECINTO UNIVERSITARIO RUBEN DARIO



FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN

TESIS MONOGRÁFICA

2016

TEMA:

REDISEÑO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL PARA LOS BARRIOS VILLA LIBERTAD Y ESTELÍ. MUNICIPIO DE SAN ISIDRO, DEPARTAMENTO DE MATAGALPA.

AUTORES:

- Br. LUIS MIGUEL GARCIA SUAZO
- Br. SAUL ANTONIO CARDOZA URRUTIA

TUTOR:

- Msc. HECTOR MAYORGA PAUTH

FECHA:

MARZO DE 2016



AGRADECIMIENTOS

A Dios, por habernos dado la vida, por habernos brindado salud y sabiduría para llegar hasta este punto, por los triunfos y momentos difíciles que nos ha hecho pasar para forjar nuestro camino, además de extendernos su infinita bondad y amor.

A nuestros padres, por habernos apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que nos ha permitido ser personas de bien, pero más que nada, por su amor incondicional.

A nuestro tutor **Msc. Héctor Mayorga Pauth** por su gran apoyo y motivación para la culminación de nuestros estudios profesionales y para la elaboración de esta tesis, impulsando el desarrollo de nuestra formación profesional.

A cada uno de los docentes que a lo largo de estos años han influido en nuestra educación, siendo de vital importancia cada uno de los conocimientos que nos han transmitido en el transcurso del tiempo.

A nuestros compañeros, que formaron parte del día a día y que han representado un punto de apoyo durante todo este tiempo de formación.

INDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

01	Diagrama triangular para textura de suelo	17
02	Diagrama metodológico para determinar el Caudal	19
03	Ubicación de la estación de pluviográfica de San Isidro	20
04	Hietograma para precipitación	27
05	Hidrógrama triangular del SCS	31
06	Comparación entre hidrógrama triangular y adimensional del SCS	33
07	Capacidad hidráulica en tubos de concreto	44
08	Detalle de alero alabeado	46
09	Mapa de Macrolocalización de la zona	50
10	Fotografía calle pavimentada B° Estelí	54
11	Fotografía calle inundada B° Villa libertad	58
12	Fotografía calle inundada B° Estelí	59
13	Fotografía de charcas en calle B° Villa libertad	59
14	Fotografía calle B° Villa libertad	62
15	Fotografía levantamiento topográfico en B° Estelí	62
16	Localización y características de las muestras de suelo	68
17	Distribución Gumbell	70
18	Curva IDF de la zona de estudio	70
19	Delimitación de Microcuencas	71
20	Hidrograma triangular resultante de Microcuenca N°4	73
21	Hidrograma adimensional resultante de Microcuenca N°4	74
22	Hietograma resultante de Microcuenca N°4	75
23	Hietograma de precipitación que produce escorrentía, Microcuenca N°4	75
24	Fotografía, proyección del canal de desviación	78
25	Resultados del canal de desviación N°1	79
26	Resultados del canal de desviación N°2	79
27	Resultados del canal de desviación N°3	80
28	Resultados del diseño de vado N°1	80
29	Resultados del diseño de vado N°2	81
30	Calculo del N° de Froude para diseño de aleros	82
31	Ingreso de datos en EPA SWMM	83
32	Definición de las secciones transversales en EPA SWMM	83

33	Histograma de diseño obtenido por EPA SWMM	84
34	Procesamiento de datos en EPA SWMM	84
35	Simulación virtual de las condiciones de drenaje actual	85
36	Simulación virtual de las condiciones de drenaje proyectada	86

TABLAS

01	Selección del periodo de retorno	24
02	Formulario para determinación del tiempo de concentración	26
03	Patrón de datos para hidrógrama adimensional del SCS	32
04	Numero de curva de escorrentía CN por el SCS	37
05	Efectos de umbral de escorrentía según clasif. de suelos	37
06	Relaciones geométricas para canales	39
07	Valores de coeficiente de rugosidad según Manning	41
08	Velocidades máximas permisibles en canales revestidos	42
09	Velocidades máximas permisibles en canales no revestidos	42
10	Borde libre en función del caudal	43
11	Datos de intensidades máximas anuales, estación San Isidro	70
12	Calculo de distribución Gumbell para distintos Tc y Periodos de retor.	71
13	Datos patrón y resultantes para hidrógrama adimensional Microc. N°4	74
14	Comportamiento de la tormenta de diseño para distintos intervalos de tiempo, Microcuenca N°4	75

AVREBIATURAS

Acrónimos

ACI	American Concrete Institute
ASTM	American Estandar for Testing and Material
FHWA	Federal HighWay Administration
GPS	Global Position System
INETER	Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales
INIDE	Instituto Nacional de Información de Desarrollo
NAMO	Nivel de Aguas Máximo Observado
RNC	Reglamento Nacional de la Construcción
SCS	Soil Conservations Service
UNAN	Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
UTM	Universal Transverse Mercator

Unidades de medida

°C	Grados Celsius
Cm	Centímetros
Ha	Hectáreas
Km	Kilómetros
m	Metros
m/s	Metros por segundo
m ²	Metros cuadrados
m ³	Metros cúbicos
m ³ /h	Metros cúbicos por hora
ml	Metros lineales
mm	Milímetros
mm/h	Milímetros por hora
m.s.n.m	Metros sobre el nivel del mar

Diversas

A	Área
C	Coeficiente de escorrentía
CN	Número de curva
D	Precipitación Neta

IDF	Intensidad-Duración-Frecuencia
Nf	Número de Froude
Pd	Precipitación diaria
Po	Umbral de escorrentía
Qd	Caudal de diseño
Qp	Caudal punta
T	Periodo de retorno
tb	Tiempo en que se produce la punta de lluvia
tc	Tiempo de concentración
tr	Tiempo de retardo
V	Velocidad

RESUMEN

Es conocido que muchas de las ciudades del país están sujetas a amenazas de inundaciones durante la época de lluvia, pues no cuentan con un adecuado sistema de drenaje pluvial, inclusive muchas ciudades ni siquiera cuentan con dicho sistema, por lo que son directamente afectadas por las escorrentías de lluvia. Como claro ejemplo de ello se pueden mencionar los barrios Villa Libertad y Estelí, ubicados en el Municipio de San Isidro, Departamento de Matagalpa, los cuales poseen un obsoleto sistema de drenaje pluvial y una topografía poco favorable para drenar las aguas producidas por las lluvias. En el proceso de este estudio especial, se lleva a cabo una estimación de la escorrentía superficial a lo largo de toda la zona afectada.

El presente trabajo de graduación describe en forma detallada el procedimiento a través del cual se desarrolló la propuesta de diseño de un sistema de drenaje pluvial para evacuar de manera satisfactoria la escorrentía producida por las lluvias para un periodo de retorno de 15 años; con el propósito de mejorar en gran parte las condiciones de vida de los habitantes de esta zona.

El documento también contiene la memoria de diseño, planos y los aspectos técnicos considerados durante las etapas de estudio y diseño, además de los datos recolectados durante la investigación de campo e información suministrada por entes competentes.

INDICE

CAPITULO I: GENERALIDADES.....	10
1.1 Introducción.....	10
1.2 Antecedentes.....	11
1.3 Planteamiento del Problema.....	12
1.4 Justificación.....	13
1.5 Objetivos.....	14
1.6 Alcances.....	15
1.7 Marco Teorico.....	15
1.7.1 Estudio de Población.....	15
1.7.1.1 Característica Socioeconomica.....	15
1.7.2 Estudio Topográfico.....	16
1.7.3 Estudio de Suelo.....	16
1.7.4 Estudio Hidrológico.....	18
1.7.4.1 Información Hidrometeorológica.....	19
1.7.4.2 Análisis Estadístico de Datos Hidrometeorológicos.....	20
1.7.4.3 Área del Proyecto - Estudio de Cuenca.....	23
1.7.4.4 Selección del Período de Retorno.....	24
1.7.4.5 Curva IDF.....	24
1.7.4.6 Tiempo de Concentración.....	25
1.7.4.7 Tormenta de Diseño.....	27
1.7.4.8 Hietograma Sintetico - Metodo del Bloques alternos.....	27
1.7.4.9 Estimación de Caudales.....	29
1.7.4.10 Modelo de Infiltración.....	33
1.7.5 Hidraulica y Drenaje.....	38
1.7.5.1 Hidraulica de Canales.....	38
1.7.5.2 Hidraulica de Alcantarillas.....	43
1.7.6 Aspectos Técnicos.....	47
CAPITULO II: DESCRIPCIÓN SOCIAL.....	50
2.1 Descripción General de la Zona del Proyecto.....	50
2.1.1 Localización.....	50
2.1.2 Extensión.....	51
2.1.3 Clima y Presipitación.....	51
2.2 Población.....	51
2.3 Situación Habitacional.....	51
2.4 Servicios Publicos Existentes.....	52
2.4.1 Educación.....	52
2.4.2 Salud.....	52

2.4.3	Agua Potable.....	52
2.4.4	Saneamiento.....	52
2.4.5	Energía Electrica.....	53
2.4.6	Vialidad y Transporte.....	53
CAPITULO III: EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DE DRENAJE.....		54
3.1	Situación Actual.....	54
3.1.1	Resultados de la Encuesta para el Control de Inundación.....	55
3.2	Tipo de Drenaje a Utilizar.....	59
CAPITULO IV: LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO.....		61
4.1	Trabajo de Campo.....	61
4.1.1	Reconocimiento del Sitio.....	61
4.1.2	Levantamiento Topografico.....	62
4.1.3	Procesamiento de la Información.....	62
CAPITULO V: ANALISIS DE SUELOS.....		64
5.1	Resultados del Analisis de Suelo.....	64
CAPITULO VI: ANALISIS DE DATOS HIDROMETEOROLÓGICOS.....		69
6.1	Procesamiento de Datos Hidrometeorológicos.....	69
6.2	Delimitación de las Microcuencas.....	71
6.3	Selección del Periodo de Retorno.....	71
6.4	Caudales Obtenidos por el Metodo Racional.....	72
6.5	Calculo de Caudales por el Metodo del SCS.....	73
6.5.1	Obtención de la Tormenta de Diseño.....	73
6.5.2	Hietograma de Diseño y Estimación de Infiltración de la escorrentía.....	74
6.5.3	Resultados Obtenidos por el Metodo del SCS.....	76
6.6	Comparación de Resultados entre el Met. Racional y el SCS.....	76
CAPITULO VII: HIDRAULICA Y DRENAJE.....		78
7.1	Ubicación de la Ruta de Drenaje y Puntos de Desague.....	79
7.2	Dimensionamiento de Canales y Vados.....	79
7.3	Dimensionamiento de los Tramos de Alcantarilla.....	81
7.4	Procesamiento de Datos en EPA SWMM.....	83
7.5	Simulación Virtual de las Condiciones de Drenaje Proyectadas mediante EPA SWMM.....	85
7.6	Simulación Virtual de las Condiciones de Drenaje Proyectadas mediante EPA SWMM.....	86

CAPITULO VIII: ESPECIFICACIONES TECNICAS.....	87
CONCLUSIONES.....	93
RECOMENDACIONES.....	94
BIBLIOGRAFIA.....	95
ANEXOS.....	96

1. GENERALIDADES

1.1. Introducción

Los barrios Villa libertad y Estelí y están localizados en la zona norte del Municipio de San Isidro, Departamento de Matagalpa. Dichos barrios poseen un obsoleto sistema de drenaje pluvial y una topografía poco favorable para drenar las aguas producidas por las escorrentías de lluvias. La poca consideración mostrada por parte de las autoridades municipales de San Isidro al momento de proyectar una zona urbanística dentro de una planicie de inundación ha traído graves consecuencias hacia una considerable masa poblacional que ahora se encuentra amenazada ante el comportamiento impredecible de las lluvias.

En el proceso de estudio se llevó a cabo una estimación mediante modelos matemáticos de la superficie de agua a lo largo de toda la zona afectada. Para este diseño se tomaron en cuenta todos los factores humanos y los posibles impactos ambientales que puedan existir; esto implica gran responsabilidad al realizar proyectos de infraestructura en las comunidades, comenzando con llenar sus necesidades sin afectar otros aspectos. Además, se realizó una modelación pluvial con el programa EPA SWMM, con el cual se obtuvo una simulación virtual de la zona afectada en las condiciones actuales y otra en condiciones estimadas por el diseño efectuado.

El siguiente trabajo propone una alternativa viable para mitigar la problemática anteriormente mencionada, tomando criterios básicos y acertados para el Diseño de un Sistema de drenaje adecuado, que satisface las condiciones hidrológicas del lugar y con dimensiones que no exceden un límite real. El Sistema de Drenaje pluvial desarrollado en este estudio, podrá estar sujeto a discusión y análisis por parte interesada (Municipalidad) para que pueda ser ejecutado, perfeccionado, ajustado o mejorado según sea el caso.

1.2. Antecedentes

El barrio Villa libertad se fundó después del Huracán Mitch, en el año 1,999. Nace como un proyecto de lotificación social por parte de la alcaldía municipal de San Isidro con el objetivo de beneficiar a familias de escasos recursos económicos. Desafortunadamente lo que apuntaba a ser solución de las afectaciones de un sector poblacional, se convirtió en una nueva problemática. Esto debido a que no hubo un análisis previo por parte de las autoridades municipales antes de proyectar un asentamiento en este sitio.

En varias ocasiones se realizaron trabajos de movimiento de tierra en la zona de afectación con el objetivo de disminuir las inundaciones, pero la falta de estudios preliminares para estas obras producía un efecto prácticamente nulo al momento de presentarse las lluvias y las escorrentías provenientes de los cerros.

En junio del año 2014 la Alcaldía de San Isidro llevo a cabo la ejecución de un proyecto de adoquinado de 1,600ml en los barrios Zinica y Estelí, las secciones pavimentadas incluían cunetas de drenaje para la conducción y direccionamiento del flujo a través de las calles, pero la gran cantidad de escorrentías generadas necesita de obras mayores para poder ser evacuadas satisfactoriamente, es prácticamente una urgencia la ejecución de un proyecto de carácter meramente hidráulico para la zona.

1.3. Planteamiento del Problema

Las inundaciones se transforman en una amenaza cuando las actividades humanas ignoran las leyes naturales de la ocurrencia de las mismas.

Actualmente Los barrios Villa libertad y Estelí poseen un mal sistema de drenaje pluvial y una topografía poco favorable para drenar los altos volúmenes de escorrentía que desciende de los cerros aledaños. Gran cantidad de agua pluvial se conducen a través de las calles hasta llegar a pequeños cauces que se han formado en la periferia del lugar, contándose dos puntos de descarga.

Debido a las pendientes muy pronunciadas de los cerros, distinto a la baja pendiente presente en las calles de la zona, el agua desciende a grandes velocidades, pero luego se produce una transición hacia una baja velocidad de escorrentía, lo que provoca una represamiento de las aguas en las calles del sitio, desafortunadamente la mayoría de los niveles de terraza en las viviendas es la misma que en las calles, lo cual produce que las viviendas se inunden, llegando los niveles de agua hasta 1m de altura dentro de las casas, esto provoca graves daños a la infraestructura debido al ablandamiento de suelos con altos grados de saturación, los desbordes en los niveles de las letrinas sanitarias que perjudican directamente a la salud de los habitantes y el deterioro de las calles y avenidas.

1.4. Justificación

El presente trabajo se llevó a cabo con la intención de mejorar en gran medida la calidad de vida de los habitantes de esta zona afectada.

Argumentos que justifican el Rediseño hidráulico del Sistema de Drenaje Pluvial para los barrios Villa libertad y Estelí, comprenden en los altos riesgos que representa una zona inundada hacia una masa poblacional y su calidad de vida. Daños a la Infraestructura, propagación de plagas de moscas y zancudos generada por aguas estancadas, rebose en las letrinas de las casas, etc.

La evaluación de las áreas susceptibles a esta inundación, con sus características de probabilidad de ocurrencia y niveles esperados de agua hacia las precipitaciones futuras, ha sido la base para estimar la vulnerabilidad; y presentar un diseño acertado para eliminar la problemática de inundación existente en la zona, el cual será de gran aportación a la mejora de la infraestructura municipal de San Isidro.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General:

Rediseñar el sistema de drenaje pluvial de los barrios Villa Libertad y Estelí del municipio San Isidro, Departamento de Matagalpa.

1.5.2 Objetivos Específicos:

- Analizar las Microcuencas que brindan aportaciones de flujo hacia las zonas de afectación.
- Comparar el caudal de diseño calculado mediante el método del SCS y el método racional, utilizando el mismo modelo de infiltración.
- Dimensionar el sistema de drenaje utilizando un modelado pluvial con EPA SWMM.
- Verificar el drenaje pluvial del área urbana antes y después del rediseño.
- Representar mediante planos el sistema de drenaje obtenido.

1.6 Alcances

En esta propuesta de Rediseño hidráulico del sistema de drenaje pluvial para los barrios Villa Libertad y Estelí, se pretendió incluir todos los componentes que vendrían a integrar el proyecto, incluyendo la memoria de diseño, planos constructivos, y especificaciones técnicas. Esto con la finalidad de que la información que se presenta en este documento represente en su conjunto una alternativa integral y factible.

1.7 Marco Conceptual

1.7.1 Estudios de Población

Desde un principio se supo que el hombre se agrupó con otros individuos para saciar necesidades de forma más eficiente y con mayor calidad y cantidad, conformando en un principio las distintas Comunidades o Tribus mientras se dio origen a las primitivas ciudades o aldeas. Es así que ya no se habla de Individuos en particular, sino que se habla de ciudadanos y se introduce el concepto de Población, que podemos entenderlo como la aglutinación o conglomeración de personas en torno a un ámbito social.

Al momento de realizar o formular cualquier proyecto de carácter civil es de vital importancia realizar un análisis demográfico hacia la zona involucrada, teniendo el enfoque más importante en las características socioeconómicas y proyección de la población futura dentro de esta zona de proyecto.

1.7.1.1 Características Socioeconómicas

Un estudio socioeconómico permite conocer el entorno económico y social de un determinado sector poblacional, se trata de una investigación con la intención de conocer aspectos propios del sitio, tales como su situación económica actual, su entorno familiar y social; para luego poder conocer el ambiente en el cual está

inmersa esta población. Hay que reconocer que la economía no es el resultado de la acción del individuo aislado, sino de la colectividad a la que pertenece.

Toda obra civil comprende costos de ejecución y mantenimiento, los cuales son inevitables y deben ser cubiertos por la población servida. A excepción de que la obra sea ejecutada en su totalidad con fondos provenientes de cooperación, pero aun así, se consideran los costos por mantenimiento.

1.7. 2 Estudios Topográficos

Es el conjunto de operaciones que tiene por objeto la determinación de la posición relativa de puntos localizados en la superficie de la tierra o a poca altura sobre la misma; estas operaciones consisten en medir distancias verticales y horizontales entre diversos objetos terrestres, determinar ángulos entre alineaciones, y situar puntos sobre el terreno, valiéndose de mediciones previas.

Es de vital importancia la realización del levantamiento Topográfico en el área urbana afectada, para un correcto rediseño del drenaje pluvial, ubicando alineamientos favorables para la planificación de las obras de drenaje.

1.7.3 Estudios de Suelo

Los suelos son una mezcla de partículas minerales y orgánicas de diferentes formas y dimensiones. Su distribución de tamaños, considerándoles esféricas, se denomina textura y se realiza su fraccionamiento mediante el análisis granulométrico. Las propiedades del suelo tienen una afectación directa en el drenaje de aguas pluviales. Las partículas de suelos se conocen como arcilla, limo y arena. Su fraccionamiento sigue una escala Logarítmica con límites entre 0.002mm y 2mm. La siguiente figura muestra una distribución granulométrica para la clasificación de suelos.

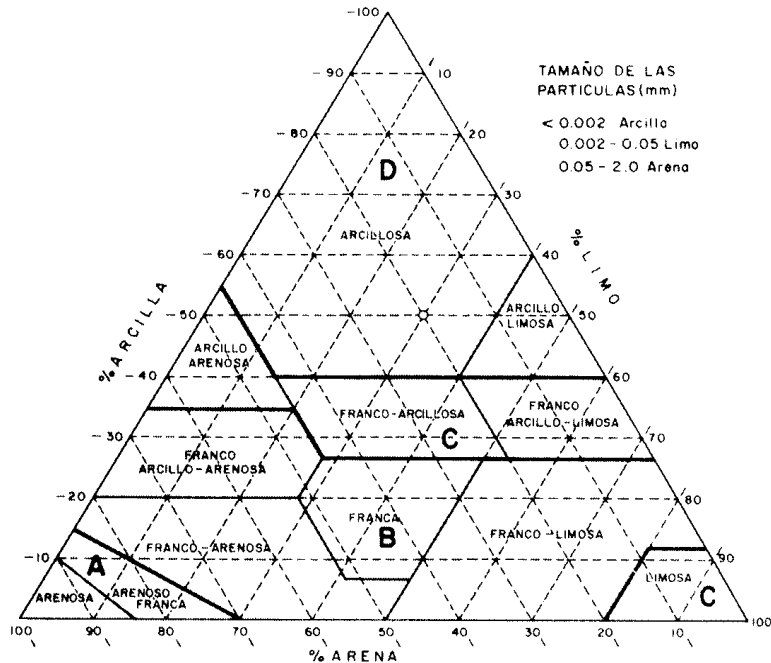


Figura 1: Diagrama triangular para determinación de la textura.

Fuente: Instrucción de carreteras 5.2-1C - Drenaje superficial, España (1990)

La clasificación litológica se utiliza para estimar el umbral de escorrentía conocido como el parámetro P_0 del S.C.S. En dicha metodología se han reducido las distintas clasificaciones de suelo a solamente cuatro (A, B, C y D), siendo A los terrenos más permeables y D los más impermeables.

La descripción detallada de estos cuatro grupos de suelo es la siguiente:

- *Grupo A:* es el que ofrece menor escorrentía, ya que el agua se infiltra rápidamente aun cuando estén muy húmedos. Comprenden los terrenos profundos, sueltos y de texturas gruesas con predominio de arena o grava y con muy poco limo o arcilla (Arenosos o areno-limosos). Están excesivamente drenados.
- *Grupo B:* cuando están muy húmedos tienen una capacidad de infiltración moderada. Comprenden los terrenos arenosos menos profundos que los del grupo A, aquellos otros de textura franco-arenosa, franco-arcillo-arenosa o franco-limosa de mediana profundidad y los francos profundos. Están bien o moderadamente drenados.

- *Grupo C*: cuando están muy húmedos la infiltración es lenta. La profundidad del suelo es inferior a la media por presentar un estrato impermeable que dificulta la infiltración o porque, en conjunto, su textura es franco-arcillosa, arcillosa o limosa. Son suelos imperfectamente drenados.

- *Grupo D*: es el que ofrece mayor escorrentía, ya que cuando están muy húmedos la infiltración es muy lenta. Incluye los suelos que presentan gran impermeabilidad, tales como los terrenos muy arcillosos profundos, los terrenos que tienen horizontes de arcilla en la superficie o próximos a ella y también se incluyen aquí los terrenos con nivel freático permanentemente alto y suelos de poco espesor. En general, están pobremente o muy pobremente drenados.

1.7.4 Estudios Hidrológicos

Los estudios hidrológicos permiten determinar el caudal de diseño de la estructura, el cual está en correspondencia con el tamaño y característica de la cuenca, su cubierta de suelo y la tormenta de diseño. Para efecto de estudio hidrológico se ha dividido según el tamaño en: método para cuencas menores y cuencas medianas.

El método de cálculo a aplicar para determinar el caudal de diseño está en parte en función de su cuenca de drenaje. Como parte obligada en este procedimiento se realizó una visita de reconocimiento al sitio, para tomar en sí una decisión del método que se usará para calcular el caudal de diseño (Q_d) con base al tamaño de la cuenca. A continuación se presenta las consideraciones que se tomaron para elegir dicho método.

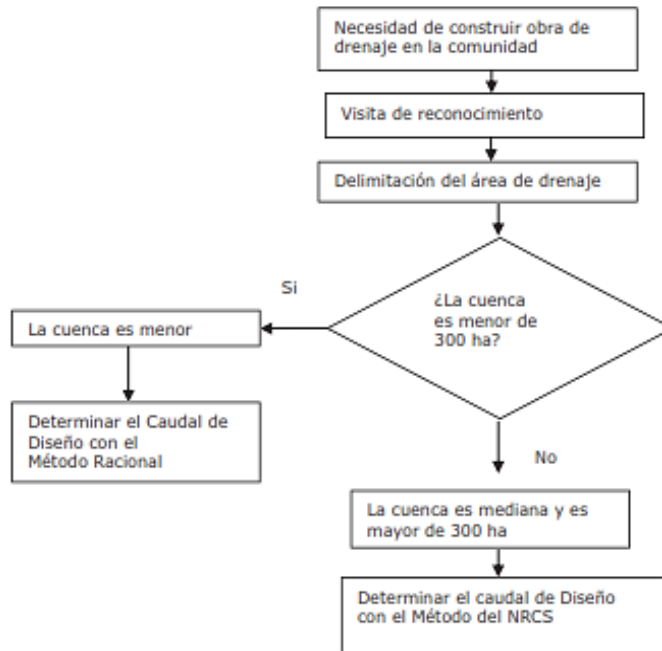


Figura 2: Diagrama metodológico para determinar el caudal de Diseño.

Fuente: MTI (2011). Guía hidráulica para el diseño de estructuras de drenaje. Managua, Nicaragua.

El estudio hidrológico se ha dividido según el tamaño de la cuenca en Métodos para Cuencas Menores y Cuencas Medianas (ver Figura 2). Esta separación se realiza de acuerdo a las recomendaciones de la documentación especializada y entiéndase que no se pretende hacer separaciones absolutas entre los tamaños de las cuencas. En la Ingeniería hidrológica, se puede aplicar el Método Racional a cuencas hasta de 1,200 ha o mucho mayores, pero es bueno usar también otro método de comparación.

1.7.4.1 Información Hidrometeorológica

En este punto se evaluó las condiciones climatológicas presentes en las estaciones Pluviográficas. La representatividad, calidad, extensión y consistencia de los datos es primordial para el inicio del estudio hidrológico, por ello fue necesario procesar un historial mayor de 20 años de registro que nos permitió a partir de esta información histórica la predicción de eventos futuros con el objetivo de que los resultados sean confiables.

Indiscutiblemente, la información hidrometeorológica básica en la realización del estudio correspondiente, es meramente representativa del área en donde se emplaza el proyecto. En el presente estudio se ocupó datos pluviométricos y pluviográficos de la estación Raúl Gonzales, dicha estación está ubicada en San Isidro con coordenadas Latitud: $12^{\circ}54'48''$, Longitud: $86^{\circ}11'30''$ y un registro de 42 años.

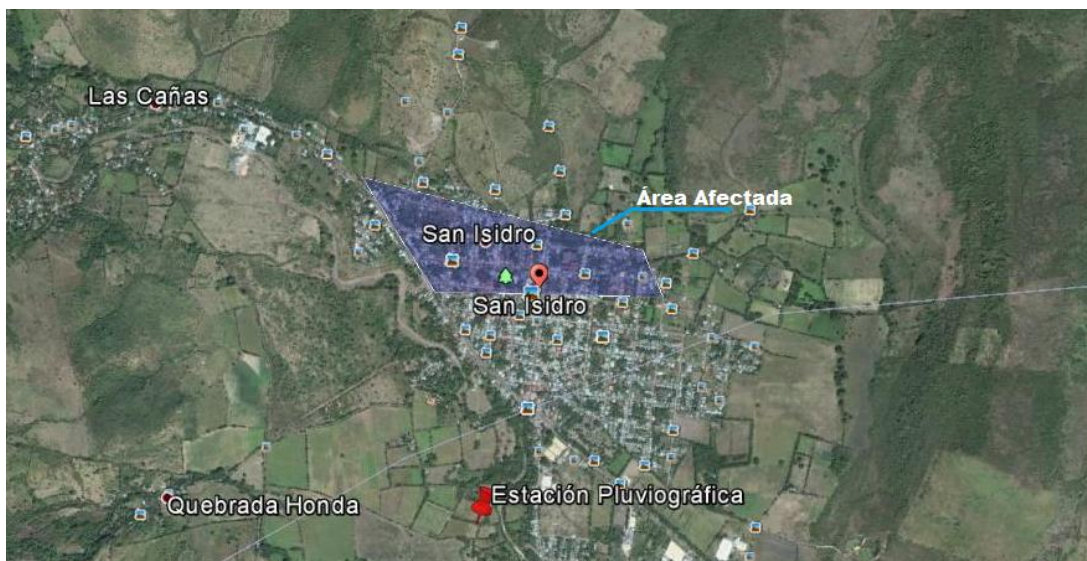


Figura 3: Ubicación de la estación pluviográfica San Isidro.
Fuente: Propia.

1.7.4.2 Análisis Estadístico de Datos Hidrometeorológicos

1° Modelos de distribución

El análisis de frecuencias tiene la finalidad de estimar precipitaciones, intensidades o caudales máximos, según sea el caso, para diferentes períodos de retorno, mediante la aplicación de modelos probabilísticos, los cuales pueden ser discretos o continuos. En la estadística existen diversas funciones de distribución de probabilidad teóricas; recomendándose utilizar las siguientes funciones:

- a) Distribución Normal
- b) Distribución Log Normal 2 parámetros

- c) Distribución Log Normal 3 parámetros
- d) Distribución Gamma 2 parámetros
- e) Distribución Gamma 3 parámetros
- f) Distribución Log Pearson tipo III
- g) Distribución Gumbel
- h) Distribución Log Gumbel

Para el estudio se utilizó el modelo de distribución Gumbel, por lo que será el que se describa a continuación.

La distribución de Valores Tipo I conocida como Distribución Gumbel o Doble Exponencial, tiene como función de distribución de probabilidades la siguiente formulación:

$$\alpha = \frac{\sqrt{6} \times S_x}{\pi} \quad (1)$$

$$U = \bar{X} - 0.5772 \alpha \quad (2)$$

$$y_T = -\ln \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right] \quad (3)$$

$$P_T = \alpha y_T + U \quad (4)$$

Dónde:

S_x = Desviación estándar de datos de precipitación.

\bar{X} = Media aritmética de datos de precipitación.

T = Periodo de retorno.

α, U, y_T = Parámetros de distribución Gumbel.

P_T = Precipitación para un periodo de retorno T

2° Pruebas de Bondad de Ajuste

Las pruebas de bondad de ajuste son pruebas de hipótesis que se usan para evaluar si un conjunto de datos es una muestra independiente de la distribución elegida.

En la teoría estadística, las pruebas de bondad de ajuste más conocidas son la χ^2 y la Kolmogorov – Smirnov, las cuales se describen a continuación:

a) Prueba χ^2

Esta prueba fue propuesta por Karl Pearson en 1900, se aplica para verificar bondad de las distribuciones normales y log normales. Para aplicar la prueba, el primer paso es dividir los datos en un número k de intervalos de clase. Luego se calcula el parámetro estadístico:

$$D = \sum_{i=1}^k (\theta_i - \varepsilon_i)^2 / 2 \quad (5)$$

Donde:

θ_i : es el número observado de eventos en el intervalo i y ε_i es el número esperado de eventos en el mismo intervalo.

ε_i : se calcula como:

$$\varepsilon_i = n[F(S_i) - F(l_i)] \quad (6)$$

$i = 1, 2, \dots, k$

Asimismo; $F(S_i)$ es la función de distribución de probabilidad en el límite superior del intervalo i, $F(l_i)$ es la misma función en el límite inferior y n es el número de eventos.

Una vez calculado el parámetro D para cada función de distribución considerada, se determina el valor de una variable aleatoria con distribución χ^2 para $v = k-1-m$ grados de libertad y un nivel de significancia α , donde m es el número de parámetros estimados a partir de los datos.

Para aceptar una función de distribución dada, se debe cumplir:

$$D \leq X^2_{1-\alpha, k-1-m}$$

b) Prueba Kolmogorov – Smirnov

Método por el cual se comprueba la bondad de ajuste de las distribuciones, asimismo permite elegir la más representativa, es decir la de mejor ajuste. Esta prueba consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia D entre la función de distribución de probabilidad observada $F_o(x_m)$ y la estimada $F(x_m)$:

$$D = \text{máx} / F_o(x_m) - F(x_m) / \quad (7)$$

Con un valor crítico d que depende del número de datos y el nivel de significancia seleccionado. Si $D < d$, se acepta la hipótesis nula. Esta prueba tiene la ventaja sobre la prueba de X^2 de que compara los datos con el modelo estadístico sin necesidad de agruparlos. La función de distribución de probabilidad observada se calcula como:

$$F_o(x_m) = 1 - m / (n+1) \quad (22) \quad (8)$$

Donde m es el número de orden de dato x_m en una lista de mayor a menor y n es el número total de datos.

1.7.4. 3 Área del Proyecto – Estudio de la Cuenca Hidrográfica

De manera primordial se estudió las características físicas de las cuencas como son: el área, forma de la cuenca, sistemas de drenaje, características del relieve, suelos, etc. Estas características dependen de la morfología (forma, relieve, red de drenaje, etc.), los tipos de suelos, la cobertura vegetal, la geología, las prácticas agrícolas, etc. Estos elementos físicos proporcionan la más conveniente posibilidad de conocer la variación en el espacio de los elementos del régimen hidrológico.

1.7.4.4 Selección del Periodo de Retorno

El tiempo promedio, en años, en que el valor del caudal pico de una creciente determinada es igualado o superado una vez cada “T” años, se le denomina Período de Retorno “T”. Si se supone que los eventos anuales son independientes, es posible calcular la probabilidad de falla para una vida útil de n años. Para adoptar el período de retorno a utilizar en el diseño de una obra, es necesario considerar la relación existente entre la probabilidad de excedencia de un evento y la vida útil de la estructura dependiendo este último, de factores económicos, sociales, técnicos y otros.

La necesidad de la obra también va acompañada por la seguridad de la obra que se quiere construir, para esto se refieren los siguientes valores:

Tipo de obra	Período de retorno
<u>Badén (estándar y trapezoidal)</u>	<u>2 años</u>
Alcantarillas	15 años
Cajas para cuencas menores	15 años
Cajas para cuencas mayores	25 años
Vados con tuberías	2 años
Puentes	25 años

Tabla 1. Selección de Periodo de Retorno según el tipo de obra
Fuente: MTI (2011). Guía hidráulica para el diseño de estructuras de drenaje. Managua, Nicaragua.

1.7.4.5 Curvas IDF (Intensidad – Duración – Frecuencia)

Las curvas IDF, es decir Intensidad – Duración – Frecuencia, son curvas que resultan de unir los puntos representativos de la intensidad media en intervalos de diferente duración, y correspondientes todos ellos a una misma frecuencia o período de retorno. Es decir, se trata de una representación gráfica de cómo varía la intensidad de una precipitación en función de cuánto dura el episodio de lluvias y con qué probabilidad puede excederse ese episodio de lluvias.

El proceso para obtener curvas IDF combina tratamientos probabilísticos de datos de lluvia, con tratamientos matemáticos de variables que posteriormente conformarán la expresión que permitirá la elaboración de las curvas de intensidad en función de tiempo de lluvia y periodo de retorno. Parece todo muy complicado pero básicamente se trata de ir etapa por etapa, las cuales son las siguientes:

- Seleccionar las estaciones pluviométricas que inciden en la cuenca para recabar sus datos de pluviometría mensual de precipitación máxima total y máxima en 24h.
- Tratamiento probabilístico de los datos para obtener las precipitaciones máximas diarias probables en función de la duración del episodio de precipitación y el periodo de retorno y las intensidades de precipitación en mm/h a partir de los anteriores.
- Distribución de las precipitaciones máximas diarias e intensidades según la influencia de las estaciones asociadas.
- Tratamiento matemático de las intensidades obtenidas mediante regresiones lineales múltiples para cada periodo de retorno y regresión potencial para el conjunto de ellos.
- Obtención de la ecuación que define la curva IDF para cada periodo de retorno en función de la duración del episodio de precipitación y grafado de la curva.

1.7.4.6 Tiempo de Concentración

Es el tiempo requerido por una gota para recorrer desde el punto hidráulicamente más lejano hasta la salida de la cuenca. Transcurrido el tiempo de concentración se considera que toda la cuenca contribuye a la salida. Como existe una relación inversa entre la duración de una tormenta y su intensidad (a mayor duración disminuye la intensidad), entonces se asume que la duración crítica es igual al

tiempo de concentración t_c . El tiempo de concentración real depende de muchos factores, entre otros de la geometría en planta de la cuenca, de su pendiente pues una mayor pendiente produce flujos más veloces y en menor tiempo de concentración, el área, las características del suelo, cobertura vegetal, etc. Para los diversos cálculos que veremos en este trabajo, necesitaremos conocer el Tiempo de Concentración de la cuenca, se han desarrollado numerosas fórmulas para la estimación de este parámetro. Las fórmulas más comunes solo incluyen la pendiente, la longitud del cauce mayor desde la divisoria y el área. A continuación se muestran algunas fórmulas utilizadas para el cálculo del t_c :

METODO Y FECHA	FÓRMULA PARA t_c (minutos)	OBSERVACIONES
Kirpich (1940)	$t_c = 0.01947.L^{0.77}.S^{-0.385}$ <p>L = longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida, m. S = pendiente promedio de la cuenca, m/m</p>	Desarrollada a partir de información del SCS en siete cuencas rurales de Tennessee con canales bien definidos y pendientes empinadas (3 a 10%); para flujo superficial en superficies de concreto o asfalto se debe multiplicar t_c por 0.4; para canales de concreto se debe multiplicar por 0.2; no se debe hacer ningún ajuste para flujo superficial en suelo descubierto o para flujo en cunetas.
California Culverts Practice (1942)	$t_c = 0.0195\left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385}$ <p>L = longitud del curso de agua más largo, m. H = diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida, m.</p>	Esencialmente es la ecuación de Kirpich; desarrollada para pequeñas cuencas montañosas en California.
Izzard (1946)	$t_c = \frac{525.(0.0000276.i + c).L^{0.33}}{S^{0.333}.i^{0.667}}$ <p>i = intensidad de lluvia, mm/h c = coeficiente de retardo L = longitud de la trayectoria de flujo, m. S = pendiente de la trayectoria de flujo, m/m.</p>	Desarrollada experimentalmente en laboratorio por el Bureau of Public Roads para flujo superficial en caminos y Áreas de céspedes; los valores del coeficiente de retardo varían desde 0.0070 para pavimentos muy lisos hasta 0.012 para pavimentos de concreto y 0.06 para superficies densamente cubiertas de pasto; la solución requiere de procesos iterativos; el producto de i por L debe ser ≤ 3800 .
Federal Aviation Administration (1970)	$t_c = 0.7035\frac{(1.1 - C).L^{0.50}}{S^{0.333}}$ <p>C = coeficiente de escorrentía del método racional. L = longitud del flujo superficial, m. S = pendiente de la superficie, m/m</p>	Desarrollada de información sobre el drenaje de aeropuertos recopilada por el Corps of Engineers; el método tiene como finalidad el ser usado en problemas de drenaje de aeropuertos pero ha sido frecuentemente usado para flujo superficial en cuencas urbanas.
Ecuaciones de onda cinemática Morgali y Linsley (1965) Aron y Erborge (1973)	$t_c = \frac{7.L^{0.6}.n^{0.6}}{I^{0.4}.S^{0.3}}$ <p>L = longitud del flujo superficial, m. n = coeficiente de rugosidad de Manning. I = intensidad de lluvia, mm/h. S = pendiente promedio del terreno-m/m.</p>	Ecuación para flujo superficial desarrollada a partir de análisis de onda cinemática de la escorrentía superficial desde superficies desarrolladas; el método requiere iteraciones debido a que tanto I (Intensidad de lluvia) como t_c son desconocidos, la superposición de una curva de intensidad – duración – frecuencia da una solución gráfica directa para t_c .

Tabla 2: Formulario para determinación del Tiempo de Concentración.

Fuente: Ministerio de Transporte, Perú (2011). Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje

1.7.4.7 Tormenta de Diseño

Uno de los primeros pasos en muchos proyectos de diseño es la determinación del evento de lluvia a usar. Una tormenta de diseño es un patrón de precipitación definido para utilizarse en el diseño de un sistema hidrológico. Usualmente la tormenta de diseño conforma la entrada al sistema, y los caudales resultantes a través de éste se calculan utilizando procedimientos de lluvia-escorrentía y tránsito de caudales. Una tormenta de diseño puede definirse mediante un valor de profundidad de precipitación en un punto, mediante un hietograma de diseño que especifique la distribución temporal de la precipitación durante una tormenta. Las tormentas de diseño pueden basarse en información histórica de precipitación de una zona o pueden construirse utilizando las características generales de la precipitación en regiones adyacentes.

1.7.4.8 Hietogramas Sintéticos – Método de Bloques Alternos

En ocasiones no es suficiente el dato de que (por ejemplo) la precipitación máxima para las 5 horas más lluviosas es de 100mm. Es posible que necesitemos conocer la evolución de esos 100mm a lo largo de esas 5 horas. Una vez definida la curva IDF, el siguiente paso para obtener la tormenta sintética es definir el incremento temporal de trabajo, de modo que la tormenta de diseño estará compuesta por “n” bloques de duración Δt .

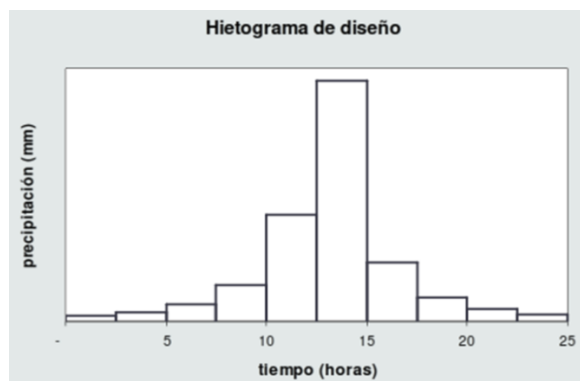


Figura 4. Hietograma para Precipitaciones
Fuente. Soil Conservation Service.

La duración de la lluvia debe obtenerse de un análisis estadístico de las tormentas de la zona y reflejar un valor característico de un aguacero completo, que viene condicionado por el clima de la zona y no por el tamaño de la cuenca objeto de estudio. Por ello no parece admisible, aunque es bastante frecuente, asumir una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca, sino que debe ser superior, ya que, con tal proceder se puede infravalorar no sólo el volumen del hidrograma resultante, sino también el máximo caudal que se ve afectado por las lluvias anteriores al intervalo del cálculo.

En ausencia de datos específicos de duración de lluvias, es recomendable el empleo de tormentas con duración mayor al tiempo de concentración, la que puede estimarse de la siguiente manera:

1- Por la guía de hidráulica del MTI que dice:

Si $T_c < 1$ hora; la duración de la lluvia $D = 1$ hora.

Si $T_c > 1$ hora; la duración de la lluvia $D = 2$ horas.

2- Por bibliografías extranjeras que dice que según estudios la duración de la lluvia podría aproximarse a $D = 2 \sqrt{T_c}$; con T_c y D en horas.

Por otra parte, el incremento de tiempo a considerar en la prolongación de las lluvias, está relacionado con el tiempo de respuesta de la cuenca y son suficientes valores inferiores a $0,20 T_c$.

El Hietograma sintético de diseño producido por el método de bloques alternos especifica la precipitación que ocurre en "n" intervalos (también denominados bloques) de tiempo sucesivos de duración "b" sobre una duración total $t = n \times b$. Después de seleccionar el periodo de retorno deseado, la intensidad es leída en su correspondiente curva IDF para cada una de las duraciones: "b", "2b", "3b",... y la precipitación correspondiente se encuentra de multiplicar la intensidad con la duración. Tomando diferencias entre valores sucesivos de precipitación, se encuentra la cantidad de precipitación que debe considerarse en cada intervalo de

duración “b”.

Las intensidades correspondientes a cada uno de los bloques b_1, b_2, \dots , se obtienen de la siguiente manera:

$$b_1 = i(\Delta t); \frac{b_1 + b_2}{2} = i(2\Delta t); \frac{\sum_{j=1}^k b_j}{k} = i(k\Delta t) \quad (9)$$

Por tanto para el bloque k :

$$b_k = k \cdot i(k\Delta t) - \sum_{j=1}^{k-1} b_j \quad (10)$$

Los bloques obtenidos se reordenan colocando habitualmente el mayor bloque en el intervalo central (lo que implica un coeficiente de avance de la tormenta igual 0.5) y los demás bloques en orden decreciente alternadamente a derecha e izquierda del bloque central. Esto es así cuando no se dispone información de tormentas en las que se haya investigado en que lapso de tiempo ocurre la intensidad máxima dentro del aguacero.

1.7.4.9 Estimación de Caudales

Cuando existen datos de aforo en cantidad suficiente, se realiza un análisis estadístico de los caudales máximos instantáneos anuales para la estación más cercana al punto de interés. Se calculan los caudales para los períodos de retorno de interés (2, 5, 10, 20, 50, 100 y 500 años son valores estándar) usando la distribución log normal, log pearson III y Valor Extremo Tipo I (Gumbel), etc.

Cuando no existen datos de aforo, se utilizan los datos de precipitación como datos de entrada a una cuenca y que producen un caudal Q . cuando ocurre la lluvia, la cuenca se humedece de manera progresiva, infiltrándose una parte en el subsuelo y luego de un tiempo, el flujo se convierte en flujo superficial. A continuación se presentan algunas metodologías:

1° Método Racional

Estima el caudal máximo a partir de la precipitación, abarcando todas las abstracciones en un solo coeficiente c (coeficiente escorrentía) estimado sobre la base de las características de la cuenca. Muy usado para cuencas, $A < 3 \text{ Km}^2$. Considerar que la duración de P es igual a t_c .

La descarga máxima de diseño, según esta metodología, se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$Q = 0,278 CIA \quad (11)$$

Donde:

Q : Descarga máxima de diseño (m^3/s)

C : Coeficiente de escorrentía

I : Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)

A : Área de la cuenca (Km^2).

El valor del coeficiente de escorrentía se establecerá de acuerdo a las características hidrológicas presentes en la cuenca. El coeficiente C de escorrentía define la proporción de la componente superficial de precipitación de intensidad I , y depende de la razón entre la precipitación diaria P_d correspondiente al Periodo de retorno y el umbral de escorrentía P_o a partir del cual se inicia esta.

Si la razón P_d/P_o fuera superior a la unidad, el coeficiente C de escorrentía podrá considerarse nulo. En caso contrario el valor de C podrá obtenerse de la siguiente formula.

$$C = \frac{\left[\left(\frac{P_d}{P_o}\right) - 1\right] * \left[\left(\frac{P_d}{P_o}\right) + 23\right]}{\left[\left(\frac{P_d}{P_o}\right) + 11\right]^2} \quad (12)$$

2° Hidrogramas Sintéticos

Además de los hidrogramas naturales, existen hidrogramas sintéticos que son simulados, artificiales y se obtienen usando las características fisiográficas y parámetros de la cuenca de interés. Su finalidad es representar o simular un hidrógrama representativo del fenómeno hidrológico de la cuenca, para determinar el caudal pico para diseñar.

Para tener una idea aproximada de la respuesta de una cuenca pequeña a unas precipitaciones cortas y homogéneas, se puede utilizar algunas fórmulas empíricas, que basándose en características físicas de la cuenca (superficie, pendiente media, longitud del cauce,..) proporcionan una idea del hidrograma resultante. Entre numerosas aproximaciones que podrán encontrarse aquí se referirá resumidamente a la del SCS.

a) Hidrograma triangular del SCS

La forma del Hidrograma se esquematiza como un triángulo (figura),, lo que a pesar de su excesiva simplicidad, nos proporciona los parámetros fundamentales del Hidrógrama: El caudal punta (Q_p), el tiempo base (t_b) y el tiempo en el que se produce la punta (t_p). En la misma figura se señalan la duración de la precipitación neta (D) y el tiempo de retardo o tiempo de respuesta (t_r).

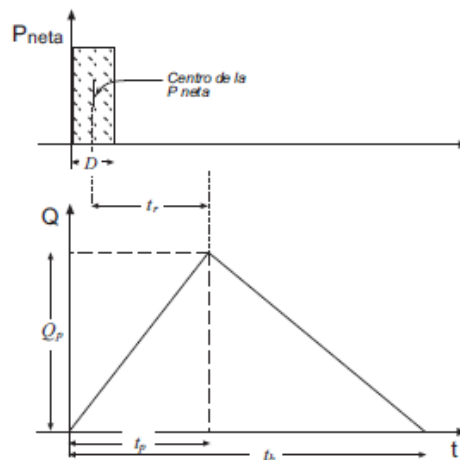


Figura 5. Hidrograma triangular del SCS.
Fuente. Soil Conservation Service.

A continuación se detalla la formulación para encontrar cada uno de los parámetros:

$$\text{Tiempo de la punta (horas): } t_p = (0.5 * D) + t_r = (0.5 * D) + (0.6 * t_c) \quad (13)$$

$$\text{Tiempo base (en horas): } 2.67 * t_p \quad (14)$$

$$\text{Caudal de la punta (m3/s): } Q_p = \frac{P * A}{1.8 * t_b} \quad (15)$$

El coeficiente 2.67 de la ecuación del tiempo base es una proposición empírica del SCS que refleja que en promedio el descenso es 1.67 mayor que la crecida (la parte derecha del triángulo es más ancha que la parte izquierda).

b) Hidrograma Adimensional del SCS

Este concepto se refiere a la forma del hidrograma. Considerando una gran cantidad de hidrogramas y convirtiendo sus coordenadas, de modo que las coordenadas de la punta en todos $Q_p=1$ y $t_p=1$ (es decir, haciéndolos del mismo tamaño), los técnicos del SCS observaron que la mayoría de los hidrogramas de crecida tenían una forma similar a la de la figura N°6 cuyas coordenadas se reflejan en la tabla adjunta. Si disponemos de los datos de la punta del hidrograma (sus coordenadas Q_p y t_p) mediante la tabla adjunta podremos dibujar el hidrograma resultante en toda su extensión y con una forma similar a la que puede esperarse en una cuenca real, en lugar de un geométrico triángulo.

t / t_p	Q / Q_p	t / t_p	Q / Q_p
0,0	0	1,4	0,75
0,1	0,015	1,5	0,65
0,2	0,075	1,6	0,57
0,3	0,16	1,8	0,43
0,4	0,28	2,0	0,32
0,5	0,43	2,2	0,24
0,6	0,60	2,4	0,18
0,7	0,77	2,6	0,13
0,8	0,89	2,8	0,098
0,9	0,97	3,0	0,075
1,0	1,00	3,5	0,036
1,1	0,98	4,0	0,018
1,2	0,92	4,5	0,009
1,3	0,84	5,0	0,004

Tabla 3. Patrón de datos para el Hidrograma adimensional del SCS.

Fuente. Soil Conservation Service.

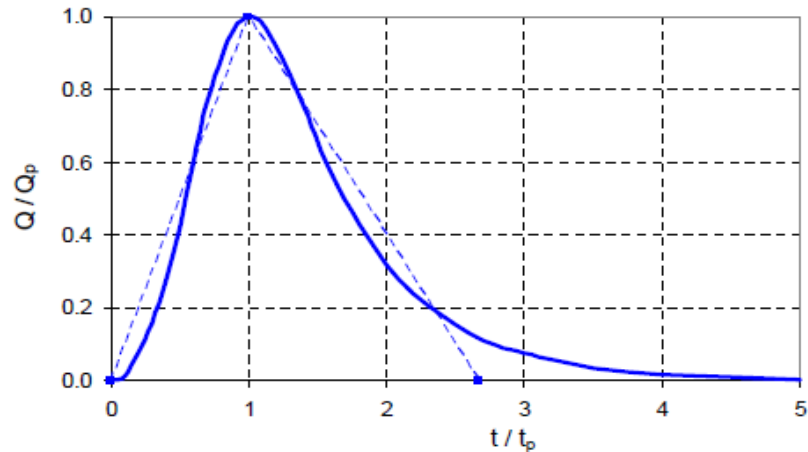


Figura 6. Comparación entre Hidrograma triangular e Hidrograma adimensional del SCS. Fuente. Soil Conservation Service.

1.7.4.10 Modelo de Infiltración

No toda la lluvia que genera una tormenta contribuye a la formación del caudal que se pretende obtener en un estudio hidrológico ya que parte es retenida en superficie, interceptada por la vegetación, almacenada en depresiones o infiltrada. A esta parte de la lluvia que no genera escorrentía superficial se la denomina “abstracciones hidrológicas”.

La infiltración, generalmente el factor más importante de las pérdidas, es función principalmente del tipo y condiciones de la cobertura vegetal, de las propiedades físicas del suelo (incluido su contenido de humedad) y de la duración e intensidad de la lluvia.

El modelo del SCS (Soil Conservations Service, 1972) es el utilizado en el presente estudio para obtener la lluvia efectiva, debido a que ha sido desarrollado para cuencas con distintas características, lo que lo hace aplicable al área de estudio.

Este método se basa en que las gotas caídas al principio de un aguacero serán absorbidas y retenidas por el suelo, resultando este proceso de un modo diferente

dependiendo de la pendiente, naturaleza del suelo y usos del mismo, hasta un punto P_0 a partir del cual se iniciará la escorrentía. Conforme el suelo se va saturando de agua, la escorrentía adquirirá un porcentaje cada vez mayor de la lluvia, que tenderá al 100%. El S.C.S. asume por tanto la existencia de un umbral de escorrentía (P_0), por debajo del cual las precipitaciones no provocan escorrentía.

Este valor actúa como una intercepción inicial antes de evaluar que parte de ésta escurre superficialmente P_n y que parte es retenida R . La unión de todas estas ideas que fundamentan el método puede expresarse en la siguiente formulación:

$$\sum P_n = 0; \quad \text{Para } \sum P \leq P_0 \quad (16)$$

$$\sum P_n = \frac{(\sum P - P_0)^2}{\sum P + 4P_0} \quad \text{Para } \sum P > P_0 \quad (17)$$

Dónde:

$\sum P$ = Precipitación acumulada desde el comienzo de la tormenta hasta el instante considerado.

$\sum P_n$ = Precipitación neta o escorrentía superficial provocada por $\sum P$.

La ecuación básica que define la relación precipitación-escorrentía en este método es la siguiente:

$$\frac{R}{S} = \frac{P_n}{P - P_0} \quad (18)$$

Siendo S la máxima retención posible.

La retención en cada instante se define con la expresión:

$$R = (P - P_0) - P_n \quad (19)$$

Sustituyendo estas dos últimas ecuaciones resulta:

$$\frac{(P-P_0)-P_n}{S} = \frac{P_n}{P-P_0} \quad (20)$$

Y despejando P_n conduce a:

$$P_n = \frac{(P-P_0)^2}{(P-P_0)+S} \quad (21)$$

A partir de los resultados de los análisis empíricos realizados por el S.C.S. se encuentra una relación entre P_0 y S :

$$P_0 = 0.2 \times S \quad (22)$$

La sustitución de esta relación en la ecuación de la escorrentía (P_n) permite obtener:

$$P_n = \frac{(P-0.2 \cdot S)^2}{P+0.8 \cdot S} \quad (23)$$

O bien:

$$P_n = \frac{(P-P_0)^2}{P+4P_0} \quad (24)$$

Según se exprese en función de P_0 o de S .

Esta expresión puede expresarse en forma adimensional dividiendo por P_0 , con lo que resulta:

$$\frac{P_n}{P_0} = 0 \quad \text{Si} \quad \frac{P_n}{P_0} \leq 1 \quad (25)$$

$$\frac{P_n}{P_0} = \frac{(P/P_0-1)^2}{P/P_0+4} \quad \text{Si} \quad \frac{P_n}{P_0} > 1 \quad (26)$$

La relación descrita queda en función de un único parámetro P_0 (o bien S), cuyo valor el S.C.S. propuso que fuera estimado a través de la siguiente relación:

$$P_o = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (27)$$

Siendo CN el número de curva del S.C.S. y estando expresado P_o en mm. El número de curva, CN, es un valor entero variando entre 0 y 100 y está únicamente relacionado con el umbral de escorrentía P_o mediante la expresión anterior, por lo que es indistinto usar uno u otro concepto.

El valor del umbral de escorrentía P_o en una determinada cuenca, y para condiciones dadas de humedad, es función de:

- La capacidad de infiltración del suelo.
- Usos del suelo y actividades agrarias
- La pendiente del terreno.

Una intensa labor experimental ha permitido al S.C.S. definir el valor del número de curva CN a partir de las características anteriormente indicadas para condiciones medias de humedad del complejo suelo-vegetación.

Los valores del umbral de escorrentía deben modificarse para tener en cuenta el estado previo de humedad en el suelo. El S.C.S. define tres condiciones: tipo I (seco), tipo II (medio) y tipo III (húmedo), En el caso de estudio se utilizó el tipo se modificó para una condición tipo II debido a que llueve de manera moderada.

En la tabla siguiente se indican los números de curvas para las condiciones de humedad tipo II:

USO DE LA TIERRA	PENDIENTE (%)	CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS	GRUPO DE SUELO			
			A	B	C	D
Rotación de cultivos pobres	≥ 3	R	26	15	9	6
		N	28	17	11	8
	< 3	R/N	30	19	13	10
Rotación de cultivos densos	≥ 3	R	37	20	12	9
		N	42	23	14	11
	< 3	R/N	47	25	16	13
Praderas	≥ 3	Pobre	24	14	8	6
		Media	53	23	14	9
		Buena	*	33	18	13
		Muy buena	*	41	22	15
	< 3	Pobre	58	25	12	7
		Media	*	35	17	10
Plantaciones regulares aprovechamiento forestal	≥ 3	Pobre	62	26	15	10
		Media	*	34	19	14
	< 3	Buena	*	42	22	15
		Pobre	*	34	19	14
Masas forestales (bosques, monte bajo, etc.).	≥ 3	Media	*	42	22	15
		Buena	*	50	25	16
	< 3	Muy clara	40	17	8	5
		Clara	60	24	14	10
Masas forestales (bosques, monte bajo, etc.).	≥ 3	Media	*	34	22	16
		Espesa	*	47	31	23
	< 3	Muy espesa	*	65	43	33

Tabla 4. Números de Curva de escorrentía para usos de tierra agrícola, sub-urbana y urbana. (Condiciones antecedentes de humedad II).

Fuente. Soil Conservations Service.

GRUPO	INFILTRACIÓN (cuando están muy húmedos)	POTENCIA	TEXTURA	DRENAJE
A	Rápida	Grande	Arenosa Areno-limosa	Perfecto
B	Moderada	Media a grande	Franco-arenosa Franca Franco-arcillosa-arenosa Franco-limosa	Bueno a moderado
C	Lenta	Media a pequeña	Franco-arcillosa Franco-arcillo-limosa Arcillo-arenosa	Imperfecto
D	Muy lenta	Pequeño (litosuelo) u horizontes de arcilla	Arcillosa	Pobre o muy pobre

Tabla 5. Clasificación de suelos efectos de Umbral de escorrentía.

Fuente. Soil Conservations Service.

1.7.5 Hidráulica y Drenaje

Las obras de drenaje tienen como objetivo evacuar adecuadamente el agua superficial que intercepta su infraestructura, la cual discurre por cauces naturales o artificiales, en forma permanente o transitoria, a fin de garantizar su estabilidad y permanencia.

El objetivo principal en el diseño hidráulico de una obra de drenaje es determinar la sección hidráulica más adecuada que permita el paso libre del flujo líquido y flujo sólido que eventualmente transportan los cursos naturales y conducirlos adecuadamente a través de toda su longitud.

Para el caso de estas obras el levantamiento topográfico deberá cubrir aquellos sectores donde se emplazarán dichas obras, de tal manera que permita definir el perfil longitudinal del cauce tanto aguas arriba y aguas abajo de la sección.

Los tipos de alcantarillas comúnmente utilizadas son; marco de concreto, tuberías metálicas corrugadas, tuberías de concreto y tuberías de polietileno de alta densidad. Las secciones más usuales son circulares, rectangulares y cuadradas. En ocasiones especiales que así lo ameriten puede usarse alcantarillas de secciones parabólicas y abovedadas.

1.7.5.1 Hidráulica de Canales

1° 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:

$$\frac{b}{y} = 2 * \tan\left(\frac{\theta}{2}\right) \quad (28)$$

Siendo θ el ángulo que forma el talud con la horizontal, $\arctan(1/z)$, b plantilla del canal y “ y ” tirante o altura de agua.

De todas las secciones trapezoidales, la más eficiente es aquella donde el ángulo que forma el talud con la horizontal es 60° , además para cualquier sección de máxima eficiencia debe cumplirse: $R = y/2$

Dónde:

R = Radio hidráulico

y = Tirante del canal

No siempre se puede diseñar de acuerdo a las condiciones mencionadas, al final se imponen una serie de circunstancias locales que imponen un diseño propio para cada situación.

A continuación se detallan las Relaciones geométricas de las secciones transversales más frecuentes.

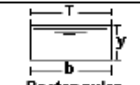


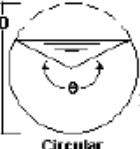

Sección	Area hidráulica A	Perímetro mojado P	Radio hidráulico R	Espejo de agua T
 Rectangular	by	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	b
 Trapezoidal	$(b+zy)y$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b+2zy$
 Triangular	zy^2	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$
 Circular	$\frac{(\theta - \text{sen}\theta)D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta})\frac{D}{4}$	$(\text{sen}\frac{\theta}{2})D$ ó $2\sqrt{y(D-y)}$
 Parabólica	$\frac{2}{3}Ty$	$T + \frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2T^2y}{3T+8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$

Tabla 6. Relaciones geométricas más usuales en las secciones de canales.

Fuente. Ministerio de Transporte, Perú (2011). Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje.

El cálculo hidráulico considerado para establecer las dimensiones mínimas de la sección para las alcantarillas a proyectarse es lo establecido por la fórmula de Robert Manning para canales abiertos y tuberías, por ser el procedimiento más utilizado y de fácil aplicación, la cual permite obtener la velocidad del flujo y caudal para una condición de régimen uniforme mediante la siguiente relación.

$$V = \frac{(Rh^{2/3}) * (S^{1/2})}{n} \quad (29)$$

$$R = A/P \quad (30)$$

$$Q = V * A \quad (31)$$

Dónde:

Q: Caudal (m³/s)

V: Velocidad media de flujo (m/s)

A: Área de la sección hidráulica (m²)

P: Perímetro mojado (m)

R: Radio hidráulico (m)

S: Pendiente de fondo (m/m)

n: Coeficiente de Manning o Coeficiente de rugosidad (Ver Tabla N°7)

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, generalmente cuando se diseña canales en tierra se supone que el canal está recientemente abierto, limpio y con un trazado uniforme, sin embargo el valor de rugosidad inicialmente asumido difícilmente se conservará con el tiempo, lo que quiere decir que en la práctica constantemente se hará frente a un continuo cambio de la rugosidad.

		TIPO DE CANAL	MÍNIMO	NORMAL	MÁXIMO
A. CONDUCTO CERRADO CON ESCURRIMIENTO PARCIALMENTE LLENO	A.1. METÁLICOS	a. Bronce Polido b. Acero soldado con remaches c. Metal corrugado sub - dren dren para aguas lluvias	0.009 0.010 0.013 0.017 0.021	0.010 0.012 0.016 0.019 0.024	0.013 0.014 0.017 0.021 0.030
	A.2 NO METÁLICOS	a. Concreto tubo recto y libre de basuras tubo con curvas, conexiones afinado tubo de alcantarillado con cámaras, entradas. Tubo con moldaje de acero. Tubo de moldaje madera cepillada Tubo con moldaje madera en bruto b. Madera dueñas laminada y tratada c. Albañilería de piedra.	0.010 0.011 0.011 0.013 0.012 0.012 0.015 0.010 0.015 0.018	0.011 0.013 0.012 0.015 0.013 0.014 0.017 0.012 0.017 0.025	0.013 0.014 0.014 0.017 0.014 0.016 0.020 0.014 0.020 0.030
B. CANALES REVESTIDOS	B.1 METAL	a. Acero liso sin pintar pintado b. Corrugado	0.011 0.012 0.021	0.012 0.013 0.025	0.014 0.017 0.030
	B.2 NO METÁLICO	a. Madera Sin tratamiento Tratada Planchas b. Concreto afinado con plana afinado con fondo de grava sin afinar excavado en roca de buena calidad excavado en roca descompuesta c. Albañilería piedra con mortero piedra sola	0.010 0.011 0.012 0.011 0.015 0.014 0.017 0.022 0.017 0.023	0.012 0.012 0.015 0.013 0.017 0.020 0.027 0.025 0.032	0.014 0.015 0.018 0.015 0.020 0.020 0.027 0.030 0.035

Tabla 7. Valores del coeficiente de rugosidad de Manning.

Fuente. Hidráulica de canales, Ven Te Chow

Una vez definida la ruta más favorable para el trazo de la red de drenaje, además de haberse obtenido los datos de pendiente, Caudal, Rugosidad de la sección y la geometría; se procedió a calcular las dimensiones de la sección transversal

2° Velocidades máximas y mínimas permisibles

La velocidad mínima permisible es aquella velocidad que no permite sedimentación, este valor es muy variable y no puede ser determinado con exactitud, cuando el agua fluye sin limo este valor carece de importancia, pero la baja velocidad favorece el crecimiento de la vegetación o acumulación de sólidos. El valor de 0.8 m/s se considera como la velocidad apropiada para no permitir sedimentación y además impide el crecimiento de plantas en el canal.

Las altas velocidades también son perjudiciales, pues provocan erosiones en las paredes del canal. A continuación se muestran valores Máximos de velocidad del flujo para distintas condiciones:

TIPO DE REVESTIMIENTO	VELOCIDAD (m/s)
Concreto	3.0 – 6.0
Piedra con Concreto	2.5 – 3.5
Mampostería de Piedra y Concreto	2.0

Tabla 8. Velocidades máximas (m/s) permisibles en conductos revestidos.
Fuente. Ministerio de Transporte, Perú (2011). Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje.

MATERIAL DE LA CAJA DEL CANAL	"n" Manning	Velocidad (m/s)		
		Agua limpia	Agua con partículas coloidales	Agua transportando arena, grava o fragmentos
Arena fina coloidal	0.020	1.45	0.75	0.45
Franco arenoso no coloidal	0.020	0.53	0.75	0.60
Franco limoso no coloidal	0.020	0.60	0.90	0.60
Limos aluviales no coloidales	0.020	0.60	1.05	0.60
Franco consistente normal	0.020	0.75	1.05	0.68
Ceniza volcánica	0.020	0.75	1.05	0.60
Arcilla consistente muy coloidal	0.025	1.13	1.50	0.90
Limo aluvial coloidal	0.025	1.13	1.50	0.90
Pizarra y capas duras	0.025	1.80	1.80	1.50
Grava fina	0.020	0.75	1.50	1.13
Suelo franco clasificado no coloidal	0.030	1.13	1.50	0.90
Suelo franco clasificado coloidal	0.030	1.20	1.65	1.50
Grava gruesa no coloidal	0.025	1.20	1.80	1.95
Gravas y guijarros	0.035	1.80	1.80	1.50

Tabla 9. Velocidades máximas (m/s) permisibles en conductos no revestidos.
Fuente. Diseño Hidráulico, Krochin Sviatoslav, Moscú (1978).

3° Borde Libre

El borde libre es el espacio entre la cota de la corona y la superficie del agua, no existe ninguna regla fija que se pueda aceptar universalmente para el cálculo del borde libre, debido a que las fluctuaciones de la superficie del agua en un canal, se puede originar por causas incontrolables.

Es un parámetro muy importante a tomar en cuenta durante un diseño hidráulico, por ello, las alcantarillas no deben ser diseñadas para trabajar a sección llena, ya que esto incrementa su riesgo de obstrucción, afectando su capacidad hidráulica.

Caudal (m3/s)	Revestimiento (cm)	Sin Revestimiento (cm)
<0.05	7.5	10.0
0.05 – 0.25	10.0	20.0
0.25 – 0.50	20.0	40.0
0.50 – 1.0	25.0	50.0

Tabla 10. Borde libre en función del caudal.

Fuente. Ministerio de Transporte, Perú (2011). Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje.

1.7.5.2 Hidráulica de Alcantarillas

Las alcantarillas son conductos que pueden ser de sección circulares o de marco (cuadradas o rectangulares) usualmente enterradas, utilizadas en desagües o en cruces con carreteras, pueden fluir llenas o parcialmente llenas dependiendo de ciertos factores tales como: diámetro, longitud, rugosidad y principalmente los niveles de agua, tanto a la entada como a la salida.

1° Diámetro de Alcantarillas

Una buena manera para dimensionar los tamaños de las obras de drenaje es a través de nomogramas, bajo criterios propios con base a las necesidades geométricas de las obras de drenaje a construir y usando los formatos de la FHWA (Administración de Caminos Federales de los Estados Unidos).

La FHWA presenta una gran variedad de nomogramas, a continuación se muestra el de nuestro interés constructivo: tuberías circulares de concreto (TCR), el cual es muy común en obras de drenajes para cruces de carretera en Nicaragua.

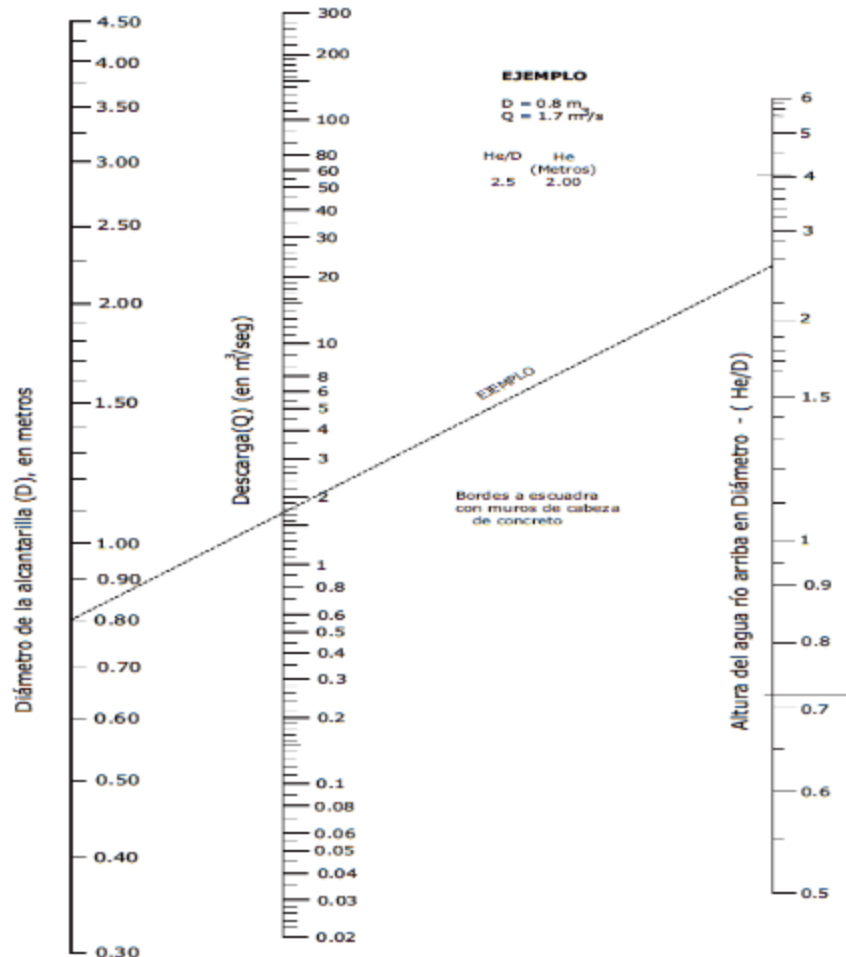


Figura 7. Capacidad hidráulica en tubos de concreto con control de entrada (sistema métrico).
 Fuente. FHWA, 1998.

Procedimiento de Cálculo de alcantarillas por medio de nomogramas.

1. Se determina el caudal de diseño Q_d mediante el estudio hidrológico.
2. Se propone el tipo y diámetro de la tubería (D) y número de conductos
3. Se estima la carga H_e , que corresponde a la altura de la alcantarilla (D) más cierta altura sobre la corona (mínimo 0.40m). En el caso de las alcantarillas podría llegar hasta la altura del cabezal, lo que correspondería a $H_e = D + 0.40\text{m}$.
4. Con el valor estimado de H_e se calcula H_e/D .

5. En el gráfico que corresponde al tipo de material a usar se ubica el valor H_e/D en la escala correspondiente titulada: Carga del agua en diámetro, de este punto se traza una línea recta hasta la escala del lado izquierdo que aparece el "Diámetro" D y el valor que intercepta la línea en la escala del medio rotulada "Descarga Q " que corresponde al caudal en m^3/s por cada conducto.
6. El valor de este caudal se multiplica por el número de conductos, si fuesen más de uno, y el valor encontrado corresponde al Caudal final que conduce.
7. Si el caudal final es semejante al Q_d entonces la elección del diámetro y número de la tubería fue correcta, caso contrario se debe probar un nuevo tamaño y/o cantidad de tubos.

Nota: En el caso de la tubería semicircular de mampostería, el valor de D que se suma para obtener la carga H_e , es realmente el radio del círculo es decir $Diámetro/2$.

2° Muros de Ala en alcantarillas

Las estructuras construidas a la entrada y a la salida de una alcantarilla no solo sirven para proteger el terraplén de la erosión, sino también para mejorar sus características hidráulicas. Existen varios tipos de muros y su selección depende de la utilidad y las condiciones que se presentan en el sitio. De esta variedad se puede enunciar las siguientes:

El muro final recto es usado en alcantarillas pequeñas con pendientes leves y cuando el flujo del agua y el barril están alineados; si se desea realizar un cambio brusco en la dirección del escurrimiento, el muro final en L es lo óptimo; si el caudal debido al escurrimiento es grande, entonces es preferible usar aleros alabeados, tratando que el ángulo de alabeo sea con respecto al eje de la corriente de llegada.

Los aleros de los muros de aleta a la entrada y a la salida de una alcantarilla, deben ser alabeados lo suficientemente para conseguir que la corriente desde la alcantarilla se pegue a los muros de transición.

Izzard (1946, *Calculo hidráulico de alcantarillas*) sugirió una expresión matemática que permite calcular el ángulo de transición de forma aproximada. Esta expresión relaciona a la velocidad media del flujo y la altura del agua en la sección.

$$\tan \beta = \frac{1}{2 N_f} = \frac{2.85 (d)^{0.5}}{V} \quad (32)$$

Siendo:

Nf: Número de Froude.

d: Tirante del escurrimiento.

V: Velocidad media.

β : Ángulo de alabeo

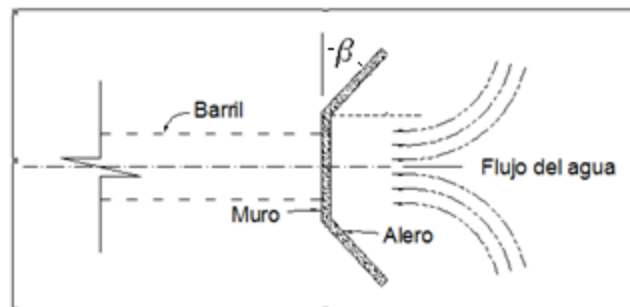


Figura 8. Detalle de alero alabeado.

Fuente. Ministerio de Transporte, Perú (2011). Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje

3° Material Sólido de Arrastre

La palizada, material sólido y hasta desperdicios arrojados a los cauces naturales y que son arrastrados por la corriente, son elementos muy perjudiciales si se acumulan en la alcantarilla e inciden en su comportamiento hidráulico. No solamente afecta a la alcantarilla, también afecta las zonas aledañas a ella.

Consecuentemente, es importante que los drenajes cuenten con un programa de mantenimiento rutinario, a fin de identificar los sectores vulnerables, propensos de ser afectados por este fenómeno.

1.7.6 Aspectos Técnicos

Los estudios hidrológicos de cuencas, como lo es este caso, requieren de bastante información Hidrometeorológica confiable y representativa. Esta información puede consistir de datos de precipitación, intensidades de precipitación, caudales, temperatura, evaporación, etc., pero si estos se organizan y analizan en forma, adecuada, proporcionan al hidrólogo una herramienta de gran utilidad, que le permite tomar decisiones en el diseño de estructuras hidráulicas.

Para la simulación hidrológica e hidráulica en las Microcuencas de estudio, se utilizaron los modelos computacionales ArcGIS 10, AUTOCAD, CIVIL CAD, HIDROESTA, HCANALES y EPA Swmm 5. A continuación se detallaran de manera breve dichas aplicaciones.

- **ArcGIS** es el nombre de un conjunto de productos de software en el campo de los Sistemas de Información Geográfica o SIG. Producido y comercializado por ESRI, bajo el nombre genérico ArcGIS se agrupan varias aplicaciones para la captura, edición, análisis, tratamiento, diseño, publicación e impresión de información geográfica en un contexto tridimensional, tal como la generación de cuencas hidrográficas y la obtención de rutas principales de esorrentía.
- **AutoCAD** es un software de diseño asistido por computadora utilizado para dibujo 2D y modelado 3D. Gestiona una base de datos de entidades geométricas (puntos, líneas, arcos, etc.) con la que se puede operar a través de una pantalla gráfica en la que se muestran éstas. La interacción del usuario se realiza a través de comandos, de edición o dibujo, desde la línea

de órdenes, a la que el programa está fundamentalmente orientado. El programa permite organizar los objetos por medio de capas, ordenando el dibujo en partes independientes con diferente color y grafismo. El dibujo de objetos seriados se gestiona mediante el uso de bloques, posibilitando la definición y modificación única de múltiples objetos repetidos.

- **CivilCAD** es el software diseñado para crear funciones adicionales que automatizan y simplifican las tareas dentro de AutoCAD, cubriendo diversas necesidades del profesional de la Ingeniería Civil y Topografía de habla hispana; utilizado por dependencias de gobierno, constructoras y universidades. Con CivilCAD, se puede obtener rápidamente perfiles, secciones, curvas de nivel, cálculo de volúmenes en plataformas y vialidades, cuadros de construcción, subdivisión de polígonos, entre otras más de 100 rutinas útiles.
- **HidroEsta** es una aplicación que permite simplificar los cálculos laboriosos que se deben realizar en los estudios hidrológicos. El software permite el cálculo de los parámetros estadísticos, cálculos de regresión lineal, no lineal, simple y múltiple, además, evaluar si una serie de datos se ajustan a una serie de distribuciones, calcular a partir de la curva de variación estacional o la curva de duración, eventos de diseño con determinada probabilidad de ocurrencia, realizar el análisis de una tormenta y calcular intensidades máximas, a partir de datos de pluviométricos.
- **HCANALES** es un programa que facilita el diseño de canales y estructuras hidráulicas, ya que su uso es fácil e intuitivo. Permite simplificar los cálculos tediosos que se requieren en el diseño de canales y estructuras hidráulicas, realizar simulaciones variando cualquier parámetro hidráulico tal como: diferentes condiciones de rugosidad, pendiente, forma y dimensiones del canal. Este Software reduce enormemente el tiempo de cálculo.

- **EPA SWMM** es un modelo de simulación hidrológico, hidráulico y dinámico. Se utiliza para un solo evento de simulación continua y brinda la cantidad y comportamiento de la esorrentía en áreas principalmente urbanas. El componente de esorrentía opera sobre un conjunto de sub-áreas de captación que reciben la precipitación y generan el escurrimiento.

La interfaz permite que el usuario represente con precisión cualquier combinación de controles de modelado hidráulico, utilizados para el escurrimiento de rutas y flujos externos a través de la red de sistema de drenaje de tuberías, canales, unidades de almacenamiento / tratamiento y las estructuras de derivación. Estos incluyen la capacidad de manejar las redes de drenaje de tamaño ilimitado; utilizar una amplia variedad de conductos abiertos cerrados, divisores de flujo y canales naturales.

2. DESCRIPCION SOCIAL

Los datos que presentados en esta sección proceden de información recopilada del INIDE, ficha poblacional de la Alcaldía Municipal de San Isidro e investigaciones de campo realizadas a través de visitas al sitio, a fin de determinar las condiciones sociales prevalcientes dentro de la zona de afectada.

2.1 Descripción General de la zona de Proyecto

2.1.1 Localización

Los barrios Villa libertad y Estelí están localizados en el Km 117 de la carretera Panamericana, esto en el Municipio de San Isidro, Departamento de Matagalpa. Geográficamente se ubica en las coordenadas 12°55'55" latitud Norte y 86°11'43" longitud Oeste.

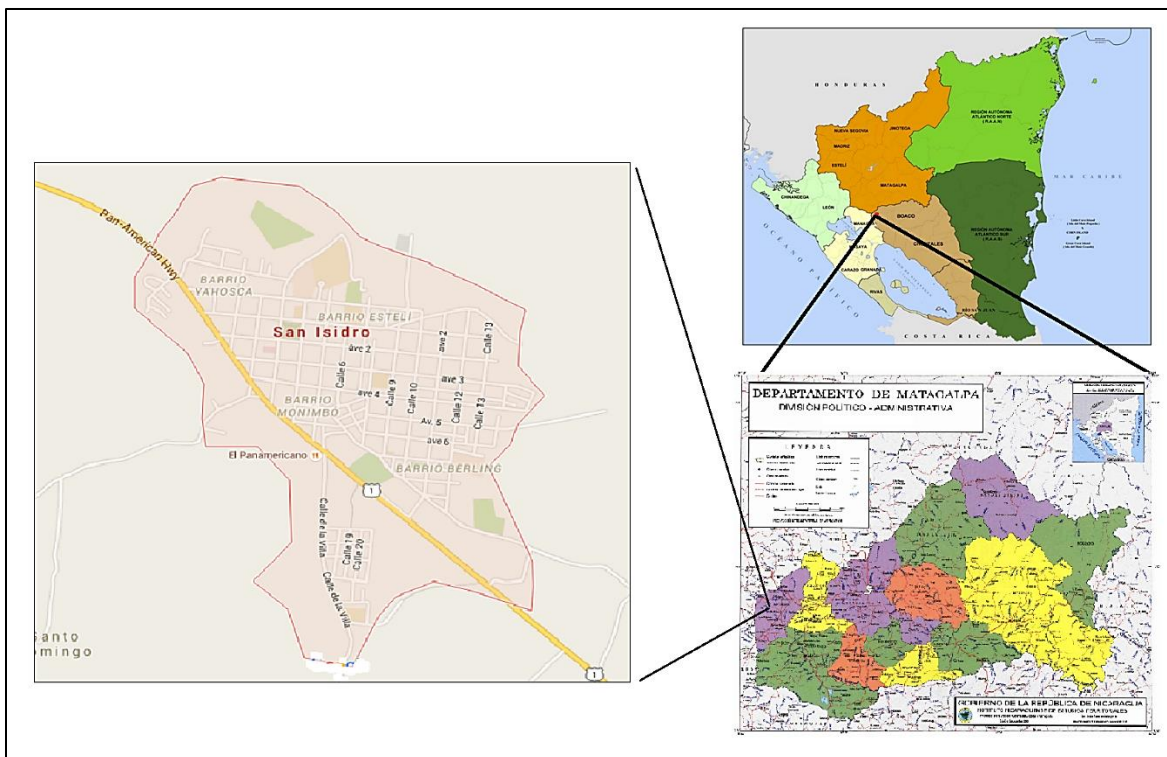


Figura 9. Mapa de Macrolocalización de la zona.
Fuente. Propia.

2.1.2 Extensión

Según ficha municipal de la alcaldía de San Isidro, el núcleo poblacional del barrio Villa Libertad cuenta con una extensión aproximada a los 10,000m², mientras que el barrio Estelí cuenta con una extensión de aproximadamente 18,000m².

2.1.3 Clima y Precipitación

El municipio tiene un clima de sabana tropical, la precipitación media anual ronda los 850 mm. El período canicular o periodo de máximas temperaturas se manifiesta en el período del 15 de Julio al 15 de Agosto, la temperatura máxima es de 31°C siendo la mínima de 20 °C, registrándose un promedio anual de 26 °C.

2.2 Población

Según el último censo poblacional y habitacional realizado por la alcaldía municipal de San Isidro en abril del año 2014, el barrio Villa libertad cuenta con un numero de 694 habitantes con un índice de 5.46 personas por vivienda, mientras que el barrio Estelí cuenta con 1,242 habitantes y un índice poblacional de 5 habitantes por vivienda.

2.3 Situación Habitacional

El barrio Villa libertad cuenta con un número de 127 viviendas y un índice poblacional de 5.46 habitantes por vivienda, mientras el barrio Estelí cuenta con un total de 248 viviendas y un índice de 5 habitantes por vivienda. Con relación a su configuración, las viviendas están diseminadas en orden, con alineamiento de calles definidas. La estructura de sus viviendas en su mayoría es de mampostería confinada (bloques o ladrillos) con lotes comprendidos entre un área de 150m² a 250m².

2.4 Servicios Públicos Existentes

2.4.1 Educación

Existen tres centros escolares, todos ubicados en el barrio Estelí, 2 centros de educación primaria, los cuales son el Centro escolar Francisca García con una matrícula de 400 estudiantes, el centro escolar Víctor Manuel con una matrícula de 650 estudiantes y un Centro de educación secundaria llamado Instituto Nacional San Isidro, el cual posee un total de 1,165 alumnos inscritos y es atendido por 33 maestros y 15 trabajadores administrativos.

2.4.2 Salud

El sector cuenta con un centro de atención médica llamado Manuel Orozco, este se encuentra ubicado en el barrio Zinica, a unos pocos minutos al sur de la zona.

2.4.3 Agua Potable

Actualmente los barrios Villa Libertad y Estelí son suministrados de agua potable por medio de dos pozos ubicados en la parte norte del municipio, esta es una ampliación de un proyecto ejecutado en el año de 1964; dicha ampliación fue llevada a cabo en el año 2000 con un monto aproximado de C\$4,500,000.00 y financiado por un organismo de la República de Alemania K.F.W.

2.4.4 Saneamiento

1° Aguas Servidas

En los barrios no hay servicio de alcantarillado sanitario, las aguas servidas provenientes del lavado, baño y cocina son descargadas hacia sumideros artesanales ubicados en el interior de los domicilios.

2° Desechos Solidos

El mecanismo existente para la eliminación de desechos sólidos presentes en ambos barrios es por medio del tren de aseo comunitario, el cual recorre las calles de la zona 1 vez por semana.

3° Disposición de excretas

En su mayoría las viviendas cuentan con inodoro sanitario que desaguan hacia los sumideros existentes en la propiedad, y un pequeño número de viviendas en las que se utilizan letrina sanitaria.

2.4.5 Energía Eléctrica

Ambos barrios cuentan con energía eléctrica de servicio domiciliario y alumbrado público en todas sus calles, siendo su fuente de interconexión la Sub-estación de Sébaco, que se alimenta a su vez por la Planta Hidroeléctrica "Santa Bárbara".

2.4.6 Vialidad y Transporte

La zona se ve favorecida en este aspecto dado que es colindante por una de las rutas más importantes de Nicaragua, como lo es la carretera panamericana, la cual comunica con los departamentos de Estelí, Matagalpa y Managua y sus municipios. Esta ruta es interceptada perpendicularmente por la carretera León San Isidro en el empalme del mismo nombre, siendo un factor incidente en el desarrollo de las actividades de una gran cantidad de habitantes del sitio.

3. EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DE DRENAJE

La evaluación mostrada en esta sección es parte de una investigación de campo realizada a través de visita al sitio por el equipo de trabajo, así mismo comprendió la aplicación de una encuesta correspondiente a un formato de elaboración propia, el cual nos permitió conocer a través de los habitantes de la zona los principales problemas que se presentan durante los momentos de lluvia, para realizar un diagnóstico con vista no solo del equipo de trabajo, sino también de la población afectada y así evaluar de manera más completa las condiciones actuales de drenaje presentes en la zona de proyecto (ver modelo de encuesta en anexos).

3.1 Situación Actual

Las obras de drenaje pluvial existentes son cunetas comprendidas dentro de las calles pavimentadas.



Figura 10. Calle pavimentada del barrio Estelí, de fondo se ve parte del cerro aledaño.
Fuente. Propia.

Actualmente las aguas pluviales de los barrios Villa Libertad y Estelí se conducen a muy baja velocidad a través de las calles hasta llegar a pequeños cauces que se han formado en la periferia del lugar, contándose dos puntos de desagüe,

inclusivamente hay muchos volúmenes de agua que abandonan el terreno por medio de evaporación o son desalojados manualmente por los habitantes de las viviendas.

3.1.1 Resultados de la Encuesta para el Control de Inundación

Para entender mejor la situación de emergencia por la que pasa esta población durante tiempos de lluvia, se presenta a continuación algunas preguntas fundamentales dentro de la encuesta realizada, en la que se conoce la opinión de los habitantes de la zona. El proceso de encuestado se desarrolló en el mes de septiembre del año 2015, los días 18, 19 y 20. La encuesta fue aplicada indistintamente a todas las familias de los barrios Villa Libertad y Estelí, una por familia.

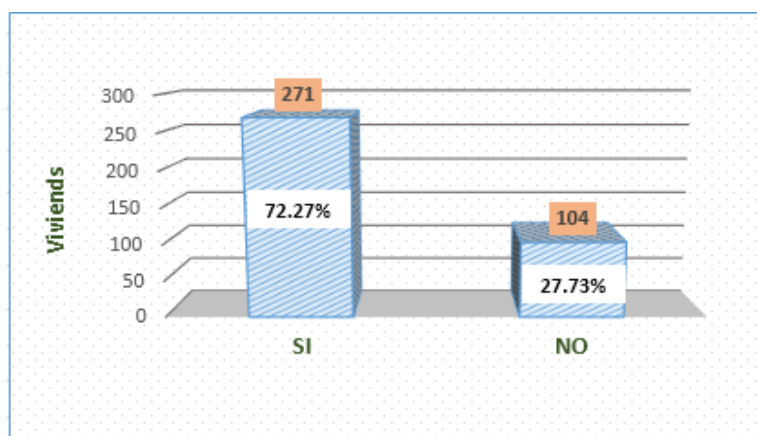
El procesamiento del material encuestado se realizó con ayuda del programa MICROSOFT EXCEL, con el fin de que se pudiera presentar de forma práctica y a través de medios gráficos los resultados obtenidos en las encuestas.

Número de encuestas realizadas en el barrio Villa libertad: **127**

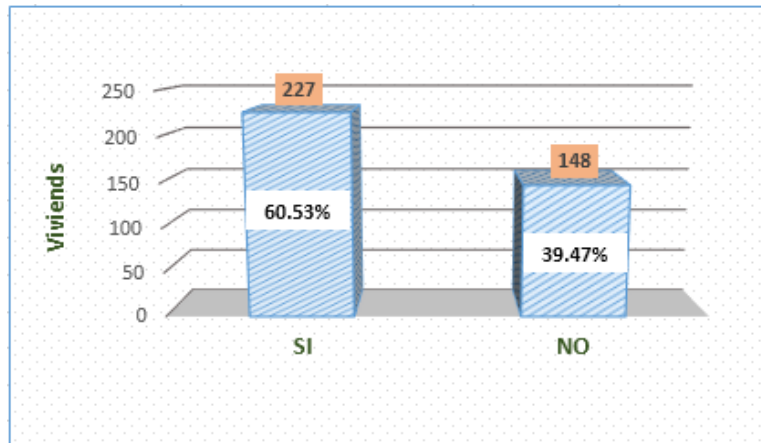
Número de encuestas realizadas en el barrio Estelí: **248**

Número total de encuestas realizadas: **375**

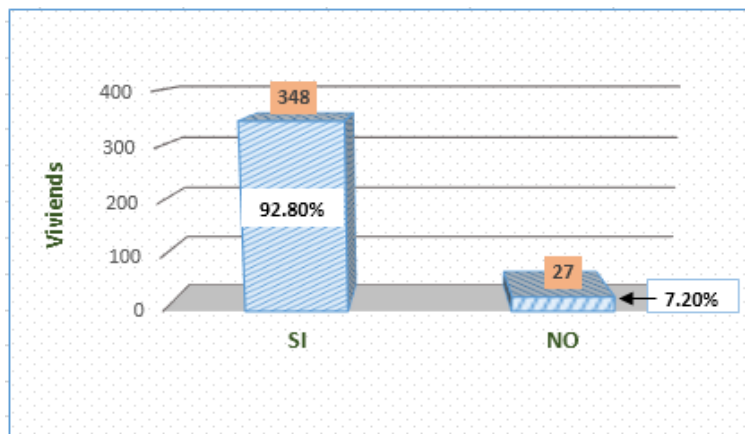
¿Tiene problemas de acceso a su vivienda durante la época de lluvia?



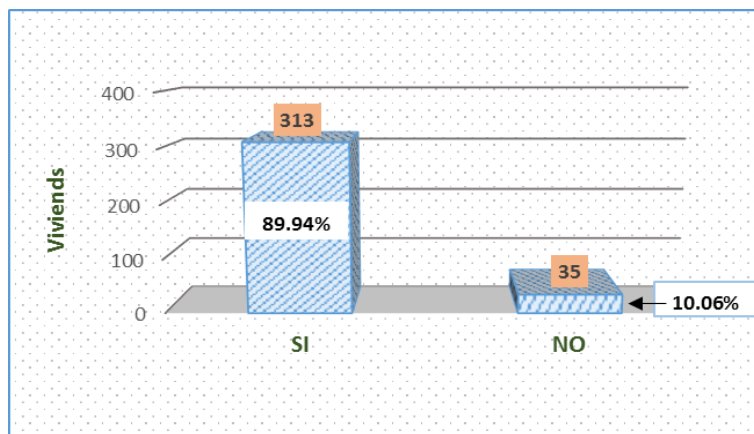
¿Hay niños menores de 2 años en la vivienda?



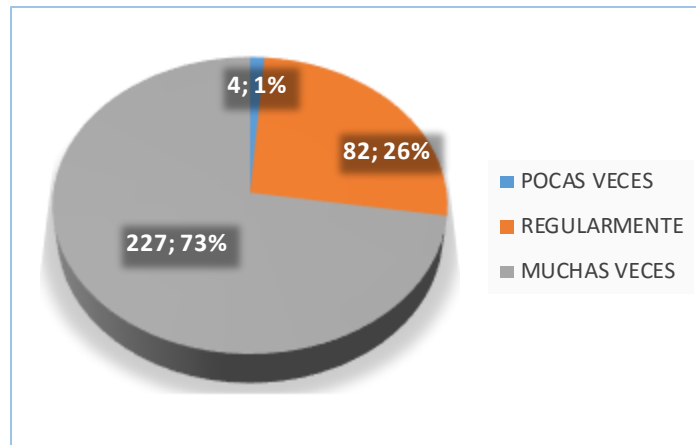
¿Hay niños en edades escolares dentro de la vivienda?



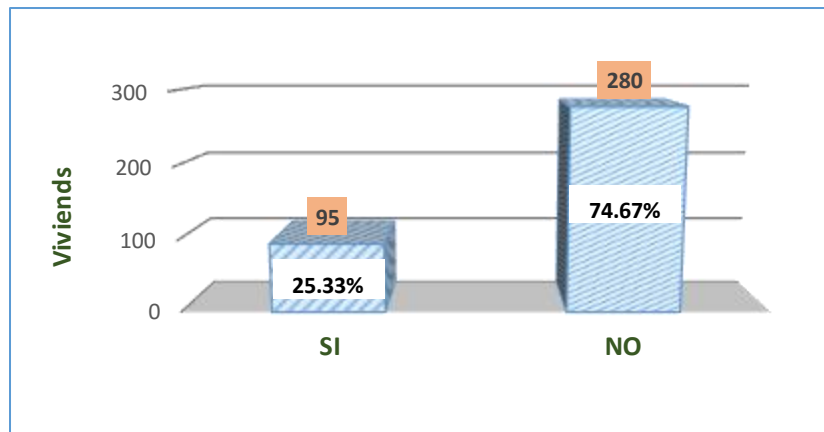
¿Ellos tienen problemas para movilizarse a la escuela durante tiempo de lluvia?



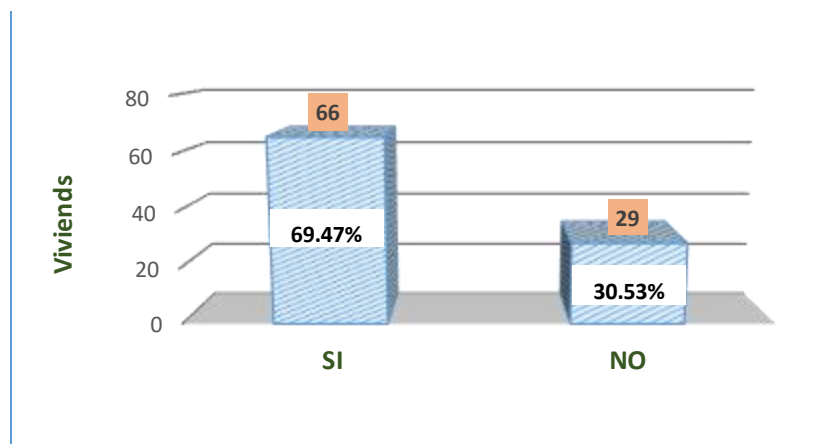
Si es así, ¿qué tan seguido se presenta ese problema?



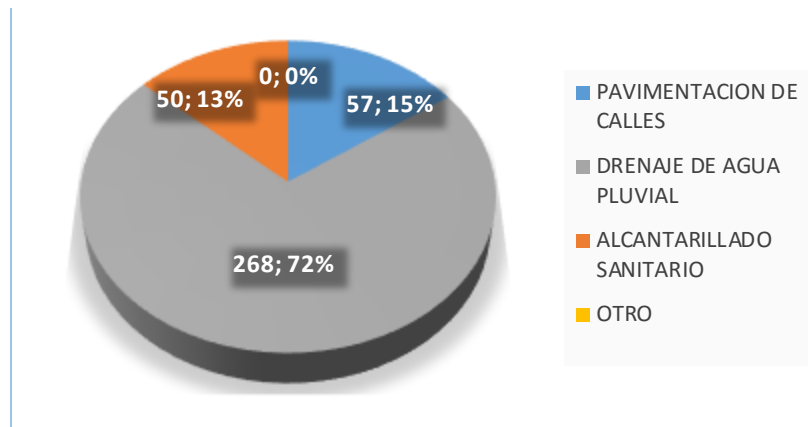
¿Su vivienda tiene problemas de Inundación?



¿Se rebosa su fosa séptica?



Si la alcaldía de San Isidro decidiera ejecutar próximamente una obra civil dentro de la zona ¿cuál cree usted que beneficiaría de mejor manera a la población?



A través de los datos anteriormente mostrados, se puede percatar el grado de aceptación que presenta la ejecución de un proyecto de carácter hidráulico dentro de esta zona. Ahora, para mostrar esta problemática de manera más gráfica, se anexan a continuación fotografías tomadas por el equipo de trabajo durante una lluvia de intensidad considerable y una duración de aproximadamente 90 minutos.



Figura 11. Calle inundada del barrio Villa libertad, primeros 30 min de lluvia.
Fuente. Propia



Figura 12. Calle inundada del barrio Estelí, 10 min después de la lluvia.
Fuente. Propia



Figura 13. Calle del barrio Villa libertad, mañana siguiente a la lluvia.
Fuente. Propia

Por medio de estas imágenes se muestra la vulnerabilidad y el considerable riesgo en el que viven los pobladores tanto del barrio Villa libertad, como del barrio Estelí, ya sea por los altos niveles alcanzados por la escorrentía de las calles, como por enfermedades que se generan por aguas estancadas tanto de las lluvias como del desborde en los sumideros.

3.2 Tipo de Drenaje a Utilizar

Una vez que se realizó la visita al sitio, tanto en momento de lluvia como en momento seco, se observó que el mayor aporte de escorrentía es generado por un

cerro colindante a los barrios, el agua escurre por las primeras calles a muy baja velocidad, debido a la poca conveniente topografía del terreno (esto lo mostraremos más adelante, en la sección del estudio topográfico). Por tanto, el diseño hidráulico comprendió la inclusión de tres canales de desviación, estos interceptaran y evacuaran las aguas de lluvia provenientes del cerro y la llevaran a dos puntos de descarga localizados en la periferia del lugar.

Además el diseño contemplo un pequeño cambio de pendientes en algunos cruces de calles mediante vados, a fin de distribuir de manera más equitativa y eficiente las esorrentías de lluvias.

4. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

4.1 Trabajo de Campo

4.1.1 Reconocimiento del Sitio

El terreno posee una pendiente casi nula y los niveles de terrazas en las casas tienen el mismo nivel que las calles e inclusive, en algunos casos los niveles de terraza están por debajo de estas. De alguna manera esta situación no es nada favorable en el drenaje superficial de las aguas y la existencia de infraestructuras obliga a considerar algunas elevaciones de rasante como “obligadas”.



Figura 14. Calle del barrio Villa libertad.
Fuente. Propia

4.1.2 Levantamiento Topográfico

El levantamiento topográfico se llevó a cabo con GPS y Estación Total, esto a lo largo de todas las calles de la zona, incluyendo algunos puntos dentro de los terrenos de viviendas, y en las faldas del cerro aledaño, cabe mencionar que en su mayoría las curvas de nivel del cerro fueron obtenidas a través de Google Earth y Global Mapper, esto debido al gran tamaño de dicho cerro. A través de este levantamiento se observó e idealizó alineamientos favorables para diseñar canales de desviación de flujo y localizar calles en donde convenientemente se cambiaran los niveles de rasante para obtener un mejor drenaje de las aguas.



Figura 15. Levantamiento topográfico en camino-cauce, zona oeste del barrio Estelí.
Fuente. Propia

4.1.3 Procesamiento de la información

La información altimétrica y planimétrica resultado del levantamiento de puntos fue procesada con la ayuda del programa CIVIL 3D, con el que se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- Modelación de la superficie en tres dimensiones.

- Elaboración de planos de detalle en planta, para localización de infraestructura pública y accidentes topográficos
- Elaboración de planos topográficos.
- Construcción de perfiles longitudinales.

Ver planos en Anexos.

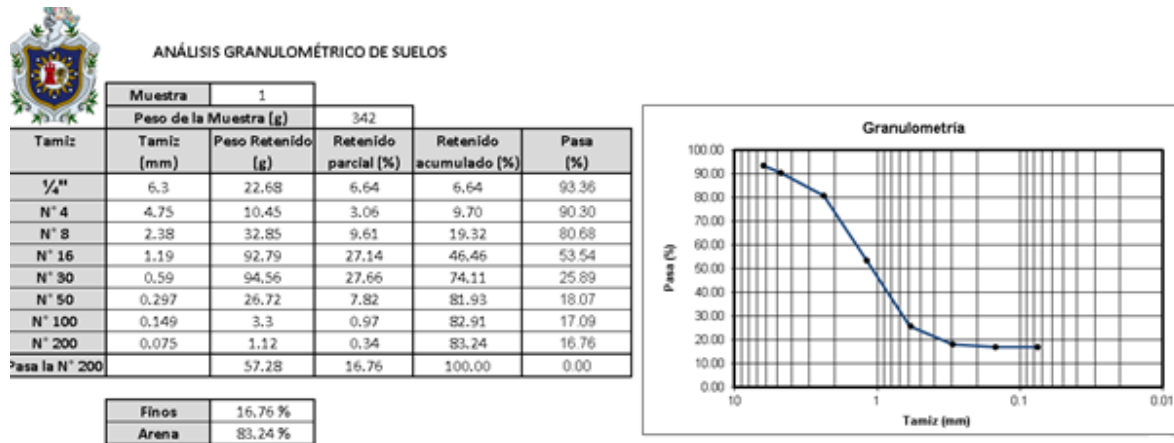
5. ANALISIS DE SUELOS

5.1 Resultados de Análisis de Suelos

Los datos de laboratorio se analizaron por medio de hojas de cálculo Excel, los resultados se muestran a continuación, seguidamente de la clasificación hidrológica del suelo.

Muestra 1

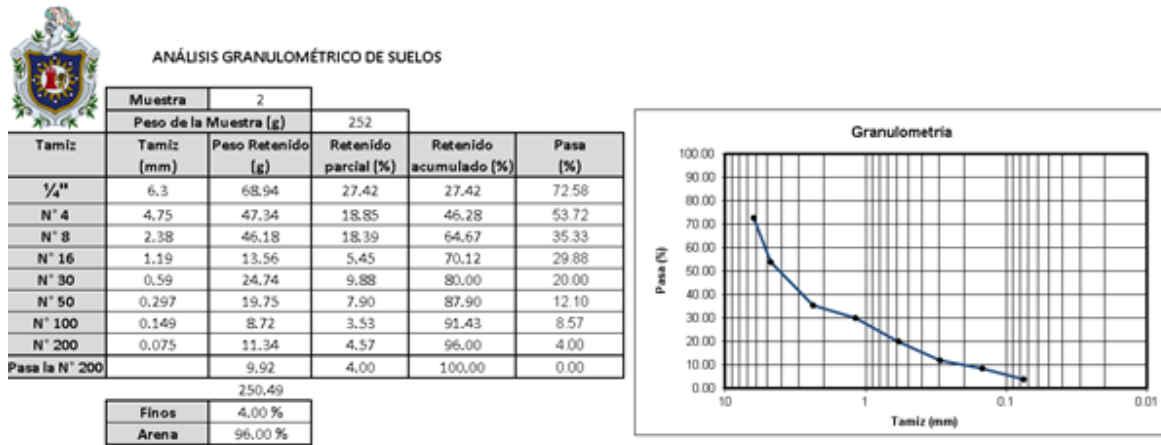
Ubicación: X=587005.51; Y=1430031.01 UTM WGS84 Zona 16



Debido a que el 83.24% de la muestra es arena y los finos 16.76% además que las características plásticas de la muestra son notables se puede decir que el porcentaje de finos es en su mayoría arcilla por lo tanto al interceptar datos en el **diagrama triangular para determinación de la textura** la clasificación del suelo es franco-arenosa y el suelo sería grupo **“B”**.

Muestra 2

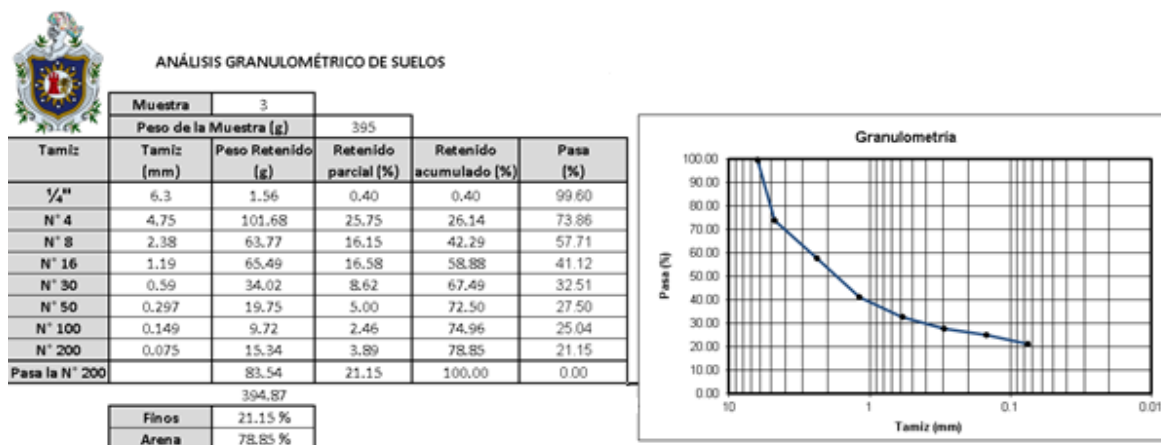
Ubicación: X= 587093.20; Y= 1430303.43 UTM WGS84 Zona 16



Debido a que el 96% de la muestra es arena y los finos 4% al interceptar datos en el **diagrama triangular para determinación de la textura** la clasificación del suelo es arenosa y el suelo sería grupo **“A”**

Muestra 3

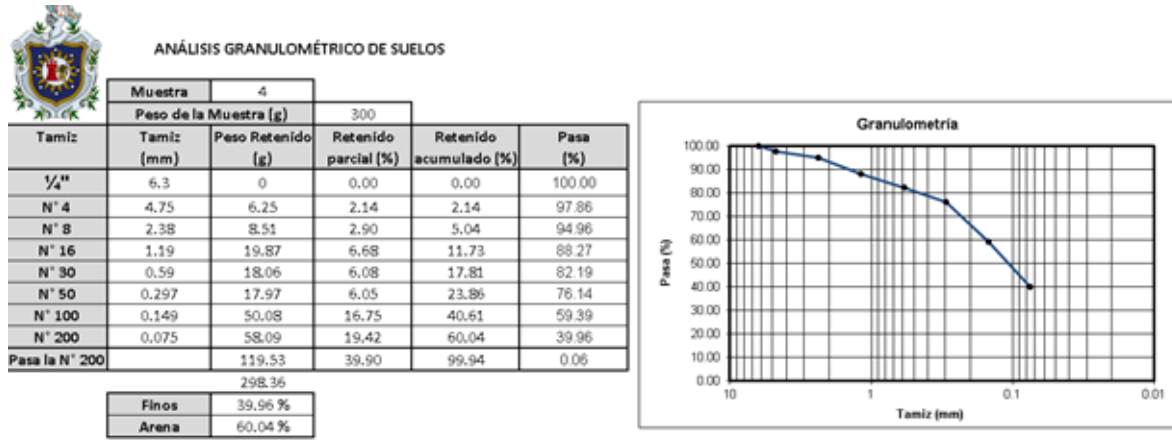
Ubicación: X= 587081.90; Y= 1430556.37 UTM WGS84 Zona 16



Debido a que el 78.85% de la muestra es arena y los finos 21.15% al interceptar datos en el **diagrama triangular para determinación de la textura** la clasificación del suelo es franco-arenosa y el suelo sería grupo **“B”**

Muestra 4

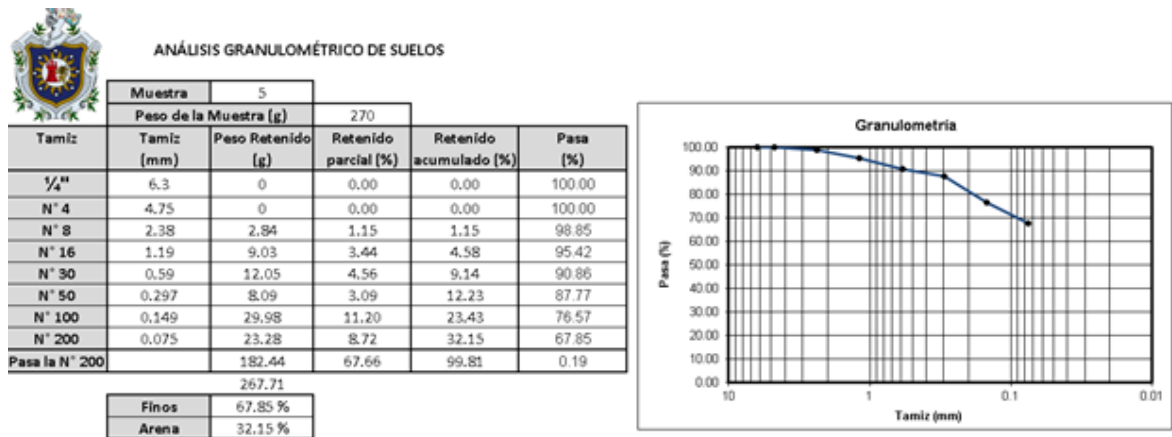
Ubicación: X= 587237.73; Y= 1430021.24 UTM WGS84 Zona 16



Debido a que de la muestra un 60.04% es arena y los finos 39.96%, interceptar los datos en el **diagrama triangular para determinación de la textura** la clasificación del suelo es arcillo-arenosa y el suelo sería grupo **“C”**

Muestra 5

Ubicación: X= 587457.66; Y= 1429997.60 UTM WGS84 Zona 16



Debido a que el 32.15% de la muestra es arena y los finos 67.85% al interceptar los datos en el **diagrama triangular para determinación de la textura** la clasificación del suelo es arcillosa y el suelo sería grupo **“D”**

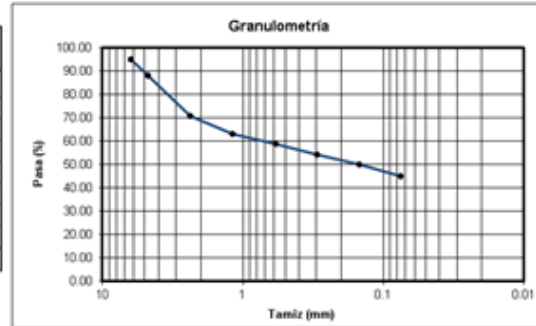
Muestra 6

Ubicación: X= 587383.98; Y= 1430634.02 UTM WGS84 Zona 16



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS

Muestra		6			
Peso de la Muestra (g)		390			
Tamiz	Tamiz (mm)	Peso Retenido (g)	Retenido parcial (%)	Retenido acumulado (%)	Pasa (%)
¼"	6.3	19.87	5.13	5.13	94.87
N° 4	4.75	26.75	6.89	12.02	87.98
N° 8	2.38	67.21	17.27	29.29	70.71
N° 16	1.19	29.74	7.66	36.95	63.05
N° 30	0.59	16.77	4.33	41.29	58.71
N° 50	0.297	17.95	4.64	45.92	54.08
N° 100	0.149	15.7	4.06	49.98	50.02
N° 200	0.075	19.76	5.10	55.08	44.92
Pasa la N° 200		175.04	44.92	100.00	0.00
		388.79			
		Finos	44.92 %		
		Arena	55.08 %		



Debido a que de la muestra un 55.08% es arena y los finos 44.92%, al interceptar los datos en el **diagrama triangular para determinación de la textura** la clasificación del suelo es arcillo-arenosa y el suelo sería grupo **“C”**

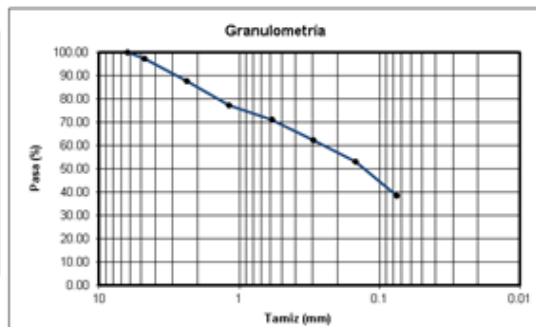
Muestra 7

Ubicación: X= 587267.01; Y= 1430961.15 UTM WGS84 Zona 16



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS

Muestra		7			
Peso de la Muestra (g)		200			
Tamiz	Tamiz (mm)	Peso Retenido (g)	Retenido parcial (%)	Retenido acumulado (%)	Pasa (%)
¼"	6.3	0	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.75	4.23	2.73	2.73	97.27
N° 8	2.38	17.64	9.43	12.16	87.84
N° 16	1.19	20.03	10.63	22.79	77.21
N° 30	0.59	10.82	6.02	28.82	71.18
N° 50	0.297	16.44	8.83	37.65	62.35
N° 100	0.149	17.05	9.14	46.79	53.21
N° 200	0.075	28.51	14.87	61.66	38.34
Pasa la N° 200		74.23	37.73	99.39	0.61
		188.95			
		Finos	38.34 %		
		Arena	61.66 %		



Debido a que el 61.66% de la muestra es arena y los finos 38.34% al interceptar los datos en el **diagrama triangular para determinación de la textura** la clasificación del suelo es franco arcillo-arenosa y el suelo sería grupo **“B”**

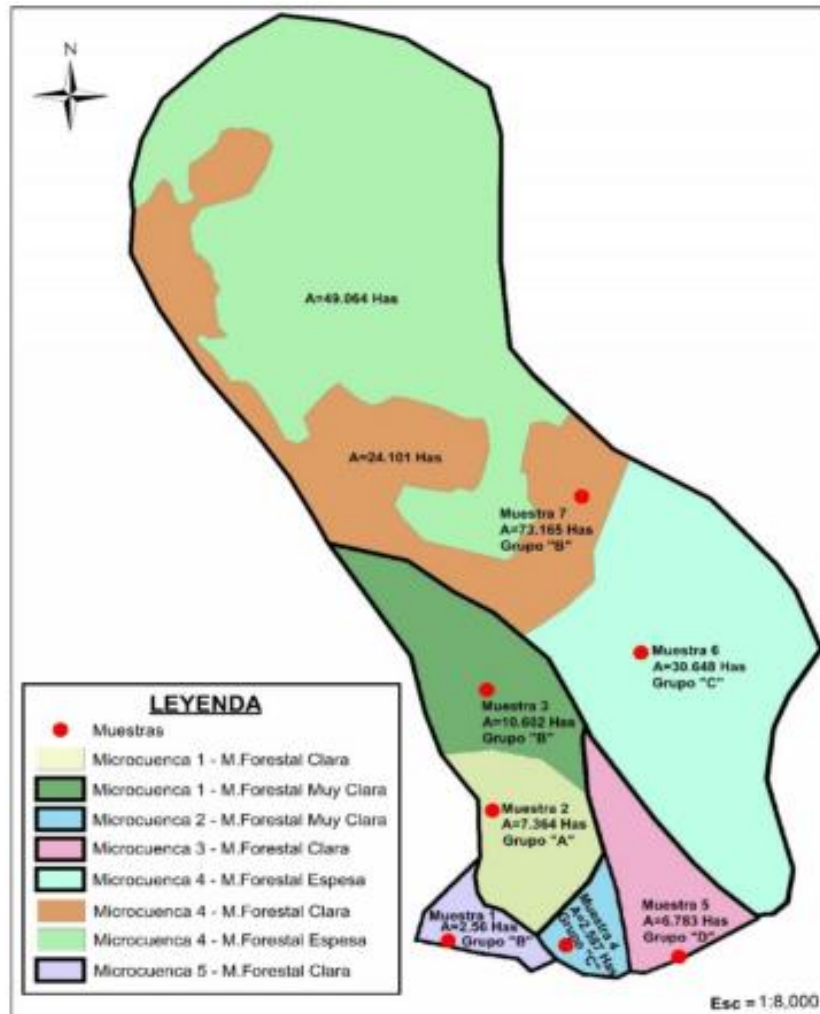


Figura 16. Localización y Caracterización de muestras de suelo.
Fuente. Propia.

6. ANALISIS DE DATOS HIDROMETEOROLÓGICO

6.1 Procesamiento de Datos Hidrometeorológicos

A través del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) se obtuvieron los siguientes datos de Intensidades Máximas anuales de Precipitación de la estación pluviográfica Raúl Gonzales, ubicada en San Isidro, Matagalpa, fueron proporcionados 42 años de registro continuo, lo cual proporciona un buen grado de confiabilidad en los datos y su análisis. 12°54'48" 86°11'30"


 INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES INETER INTENSIDADES MÁXIMAS ANUALES DE PRECIPITACIÓN (mm).									
ESTACIÓN : RAÚL GONZÁLEZ (SAN ISIDRO)					Latitud : 12°54'48"				
CÓDIGO : 969132					Longitud : 86°11'30"				
Periodo : 1971 - 2013					Elevación : 480 msnm.				
					Epo : AG.				
AÑOS	5	10	15	30	60	120	120	720	
1971	124.8	102.6	99.6	75.0	38.0	19.7			
1972	124.8	124.8	111.2	80.6	44.2	26.3			
1973	159.6	141.6	121.6	81.4	52.7	44.6			
1974	120.0	100.2	98.8	75.0	46.3	19.0			
1975	182.4	136.2	113.2	76.4	46.0	38.4			
1976	122.4	104.4	76.8	69.8	55.7	54.2			
1977	100.4	78.6	68.8	40.4	27.1	8.8			
1978	123.6	79.7	78.8	49.8	26.8	16.7			
1979	88.8	65.4	56.8	44.8	35.3	21.6			
1980	175.2	159.0	124.0	106.6	57.8	31.3			
1981	117.6	117.6	96.8	89.2	54.3	29.8			
1982	154.8	108.6	97.2	62.4	37.3	31.3			
1983	120.0	81.0	66.4	45.2	26.1	15.2			
1984	163.2	109.8	80.8	54.2	37.9	24.2			
1985	120.0	115.2	84.8	63.6	51.8	28.1			
1986	168.0	83.4	63.2	42.6	22.7	10.1			
1987	120.0	117.6	105.6	84.4	51.5	26.7			
1988	114.0	79.2	63.2	40.4	24.0	12.7			
1989	130.8	124.8	112.0	70.0	49.6	27.0			
1990	120.0	90.0	66.0	42.0	21.3	11.0			
1991	168.0	120.0	100.0	54.0	28.1	14.5			
1992	106.8	82.8	70.8	50.2	48.3	27.4			
1993	220.8	118.2	98.0	64.2	54.1	23.1			
1994	178.8	119.4	107.6	69.8	43.1	21.7			
1995	216.0	123.6	118.2	96.0	67.0	39.1			
1996	351.2	118.2	96.8	63.6	40.0	20.9			
1997	177.6	118.2	86.8	53.8	29.9	15.3			
1998	117.6	99.0	72.8	52.6	28.0	21.0			
1999	117.6	96.0	81.6	73.8	48.0	27.4			
2000	108.0	67.8	65.2	45.0	29.3	15.2			
2001	120.0	117.6	116.8	77.0	39.5	25.7			
2002	222.0	114.0	113.2	91.2	56.3	28.9	3.8		
2003	115.2	105.6	84.0	59.8	36.3	6.8			
2004	147.6	103.8	82.7	51.0	16.7	4.8			
2005	127.2	115.2	92.8	56.4	29.6	15.7			
2006	127.2	118.2	106.2	60.2	40.4	22.2			
2007	108.0	90.0	76.0	24.8	14.6	4.3	1.3		
2008	127.2	114.0	80.8	71.0	37.9	1.4	8.4		
2009	175.2	127.2	92.8	70.0	63.2	35.9	1.0		
2010	175.2	100.2	94.4	59.0	31.1	21.3	6.2	3.2	
2011	108.0	93.0	70.0	44.0	32.7	19.5	4.7		
2012	210.0	150.0	106.0	86.2	52.6	27.8	4		
2013	123.6	110.4	110.4	73.6	48.9	25.6			

Tabla 11. Datos de Intensidades máximas anuales de la Estación Raúl Gonzales, San Isidro. Fuente. INETER.

Con ayuda del Software HidroEsta se realizó el Modelo de distribución de Gumbell con los datos de Intensidades máximas y se verifico que los datos se ajustan apropiadamente con un nivel de significancia del 1%.

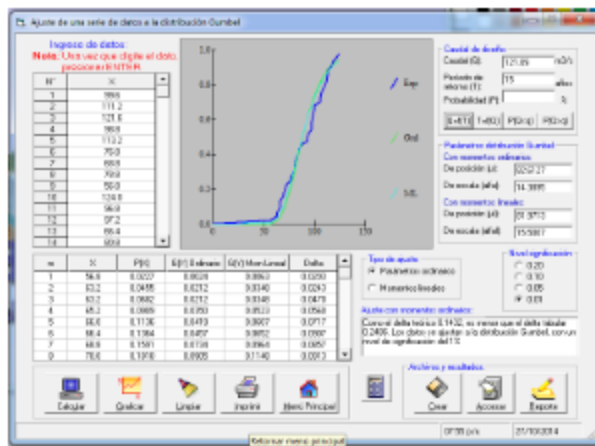


Figura 17. Distribución Gumbell para datos de intensidad.
Fuente. Propia.

INTENSIDADES MAXIMAS DE PRECIPITACION (mm/hr)					
TIEMPO DE CONCENTRACION	PERIODO DE RETORNO (años)				
	5	10	15	20	25
5	166.80303	187.102946	198.555987	206.575113	212.751943
10	122.765825	134.810212	141.605553	146.363477	150.028327
15	104.196391	114.994681	121.086985	125.352659	128.638348
30	76.3446854	86.554339	92.3145392	96.3476838	99.4542633
60	48.7037605	56.1188308	60.3023508	63.2315442	65.4877917
120	28.9448457	34.6571137	37.8799271	40.1364584	41.8745796

Tabla 12. Calculo de Distribución Gumbell para distintos Tiempos de concentración y Periodos de Retorno.
Fuente. Propia.

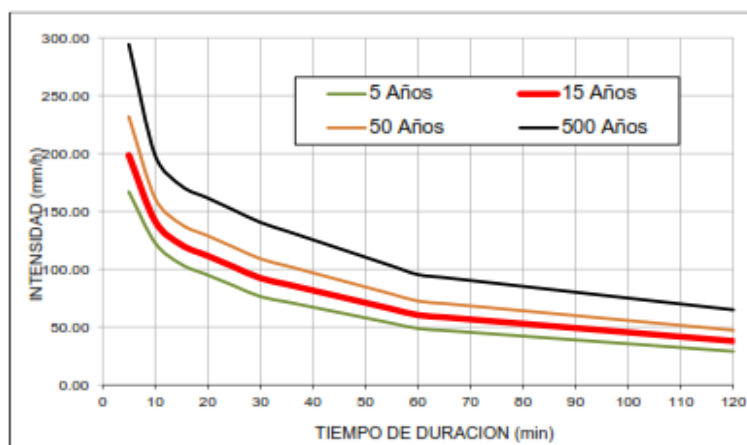
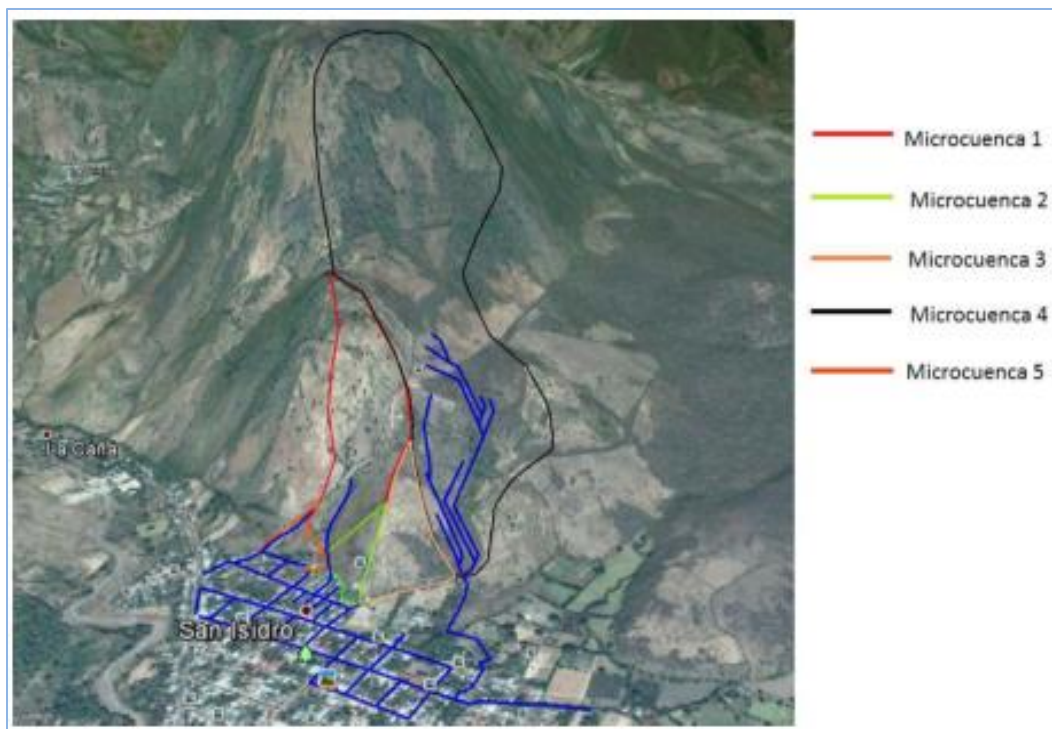


Figura 18. Curva IDF de la zona de estudio.
Fuente. Propia.

6.2 Delimitación de las Microcuencas

La siguiente imagen muestra las áreas de aportación de flujo pluvial, así como la distribución de la escorrentía en toda la zona de afectación. La Red de drenaje fue captada a través del programa ArcGis y exportada a Google Earth para facilitar su interpretación.



	MICROCUENCA N°1	MICROCUENCA N°2	MICROCUENCA N°3	MICROCUENCA N°4	MICROCUENCA N°5
AREA (Ha)	17.966	2.587	6.783	103.813	2.56

Figura 19. Delimitación de Microcuencas que brindan aportación.
Fuente. Propia.

6.3 Selección del Periodo de Retorno

Según especificaciones de la **Tabla N°1** para la selección del Periodo de retorno, se seleccionó un valor de **15 años**, este es utilizado para diseño de Alcantarillado pluvial y Canales.

6.4 Caudales Obtenidos por el Método Racional

Cuenca	C	Área (Has)	C por Cuenca	CN	Tc (min)	Intensidad	Q Racional (m³/s)
Cuenca 1	0.58473887	7.364	0.683068316	59.4673206	30.0638172	92.2464415	3.14458007
	0.75136657	10.602					
Cuenca 2	0.87443935	2.587	0.874439352	86.39455782	5.30746263	195.053961	1.22568366
Cuenca 3	0.91633612	6.783	0.916336115	83.55263158	9.12415421	151.581513	2.61710023
Cuenca 4	0.75136657	30.648	0.644075837	57.90044782	59.18	61.1786	11.3628
	0.59913295	24.101					
	0.59913295	49.064					
Cuenca 5	0.75136657	2.56	0.751366567	67.9144385	5	198.555987	1.06089479

- El valor del coeficiente de escorrentía “C” fue calculado a través de la ecuación N°12.
- Los valores de Intensidad en muchos de los casos fueron interpolados de la tabla N°13, ya que el INETER solo brinda valores para los tiempos de concentración de 5, 10, 15, 30, 60 y 120 minutos respectivamente.
- El tiempo de Concentración “tc” fue calculado mediante la ecuación del Servicio de Concentración de Suelos (SCS), el cual considera la siguiente expresión:

$$T_c = 0.00526 * L^{0.8} * \left(\frac{1000}{CN} - 9\right)^{0.7} * S^{-0.5}$$

Esta ecuación es recomendable para cuencas pequeñas de características Rural Urbana donde el flujo no prevalece mayoritariamente en un cauce definido, si no por medio de escorrentía en laderas, como es nuestro caso.

- El valor del CN se definió a partir de las características y condiciones medias de humedad del complejo suelo-vegetación (tabla N°4).

6.5 Calculo del Caudal por el Método del SCS

6.5.1 Obtención de la Tormenta de Diseño

Para este método se procedió a realizar un Hidrógrama tanto triangular como adimensional para cada Microcuenca, a continuación solo se mostraran los gráficos correspondientes a la Microcuenca N° 4, los resultados de las demás cuencas estarán presentes en la tabla de resumen de cálculos.

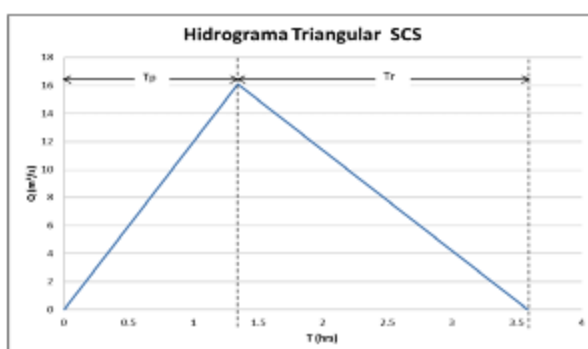


Figura 20. Hidrograma triangular resultante de la Microcuenca N°4.
Fuente. Propia.

t / tp	Q / Qp	t	Q
0	0	0	0
0.1	0.015	0.0632	0.330420213
0.2	0.075	0.1264	1.652101065
0.3	0.16	0.1896	3.524482271
0.4	0.26	0.2528	6.167643975
0.5	0.43	0.316	9.472046105
0.6	0.6	0.3792	13.21650652
0.7	0.77	0.4424	16.96157093
0.8	0.89	0.5056	19.60493264
0.9	0.97	0.5688	21.36717377
1	1	0.632	22.0280142
1.1	0.96	0.6952	21.58745391
1.2	0.92	0.7584	20.26577306
1.3	0.84	0.8216	18.50353193
1.4	0.75	0.8848	16.52101065
1.5	0.65	0.948	14.31620923
1.6	0.57	1.0112	12.5596609
1.8	0.43	1.1376	9.472046105
2	0.32	1.264	7.048964543
2.2	0.24	1.3904	5.266723407
2.4	0.18	1.5168	3.965042555
2.6	0.13	1.6432	2.863641646
2.8	0.095	1.7696	2.158745391
3	0.075	1.896	1.652101065
3.5	0.036	2.212	0.793006511
4	0.015	2.528	0.396504256
4.5	0.009	2.844	0.198252126
5	0.004	3.16	0.086112057

Tabla 13. Datos patrón y datos resultantes para hidrógrama adimensional, Microcuenca N°4.
Fuente. Propia

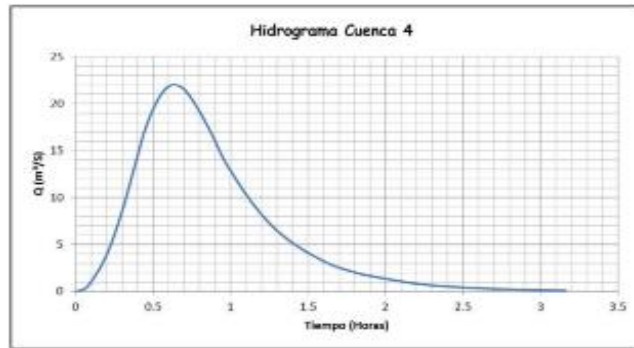


Figura 21. Hidrograma adimensional resultante, Microcuenca N°4.

Fuente. Propia

6.5.2 Hietograma de Diseño y Estimación de Infiltración de la Escorrentía

Para facilitar el cálculo, se diseñó y programo una tabla en Excel para obtener los valores resultantes del Hietograma y así poder tener una mejor visualización para su interpretación. El tiempo de concentración general de la cuenca es mayor de 1 hora, por tanto, según el manual de diseño de estructuras de drenaje del MTI, la duración de la tormenta de diseño será D=2horas.

HIETOGRAMA PARA PERIODO RETORNO 15 AÑOS							
Duración de la tormenta (h)		2		120 min		Po	20.34
Intensidad de lluvia (mm/h)		37.88					
Precipitación en 24 horas (mm)		148.89					
Intervalos de tiempo (min)		5					
Instante (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)	Umbral distribuido (Po)
5	198.56	16.55	16.55	198.56	3.31	39.75	17.03
10	141.61	28.35	11.80	141.61	3.62	43.49	13.40
15	121.09	38.44	10.09	121.09	3.94	47.22	9.47
20	111.50	47.73	9.29	111.50	4.25	50.96	5.22
25	101.91	56.22	8.49	101.91	4.56	54.70	0.66
30	92.31	63.91	7.69	92.31	4.87	58.43	0.00
35	86.98	71.16	7.25	86.98	5.47	65.64	0.00
40	81.64	77.97	6.80	81.64	6.36	76.31	0.00
45	76.31	84.32	6.36	76.31	7.25	86.98	0.00
50	70.97	90.24	5.91	70.97	8.49	101.91	0.00
55	65.64	95.71	5.47	65.64	10.09	121.09	0.00
60	60.30	100.73	5.03	60.30	16.55	198.56	0.00
65	58.43	105.60	4.87	58.43	11.80	141.61	0.00
70	56.57	110.32	4.71	56.57	9.29	111.50	0.00
75	54.70	114.88	4.56	54.70	7.69	92.31	0.00
80	52.83	119.28	4.40	52.83	6.80	81.64	0.00
85	50.96	123.52	4.25	50.96	5.91	70.97	0.00
90	49.09	127.62	4.09	49.09	5.03	60.30	0.00
95	47.22	131.55	3.94	47.22	4.71	56.57	0.00
100	45.35	135.33	3.78	45.35	4.40	52.83	0.00
105	43.49	138.95	3.62	43.49	4.09	49.09	0.00
110	41.62	142.42	3.47	41.62	3.78	45.35	0.00
115	39.75	145.73	3.31	39.75	3.47	41.62	0.00
120	37.88	148.89	3.16	37.88	3.16	37.88	0.00

Tabla 14. Comportamiento de la Tormenta de diseño para distintos intervalos de tiempo, Microcuenca N°4.

Fuente. Propia

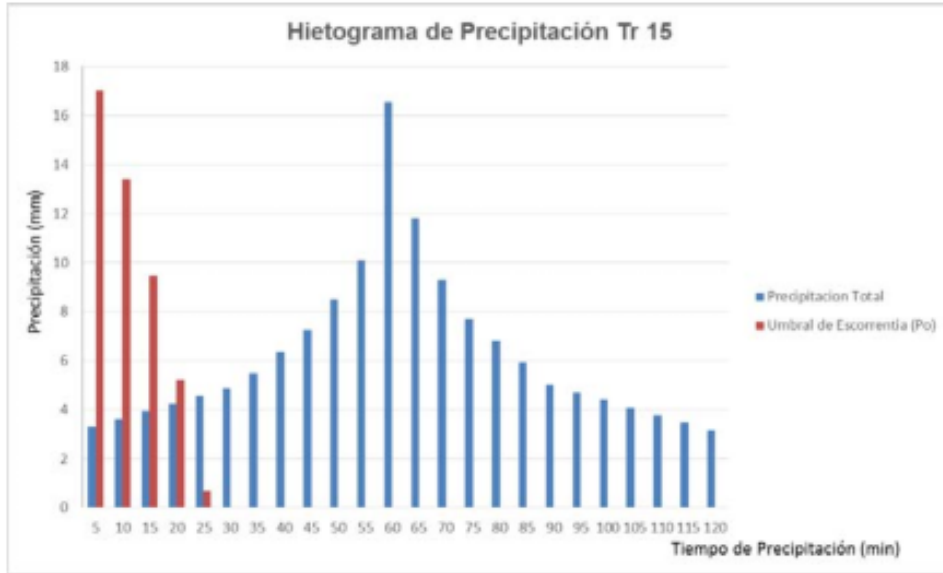


Figura 22. Hietograma resultante para un periodo de retorno de 15 años, Microcuenca N°4.
Fuente. Propia

El uso del Hietograma no fue aplicado solamente para saber el comportamiento de la tormenta durante la duración de esta, si no también, para reflejar la infiltración de la escorrentía y estimamos a partir de qué momento el suelo de la Microcuenca tendrá un grado de saturación tal que el agua precipitada escurrirá casi en su totalidad por toda la superficie del terreno.

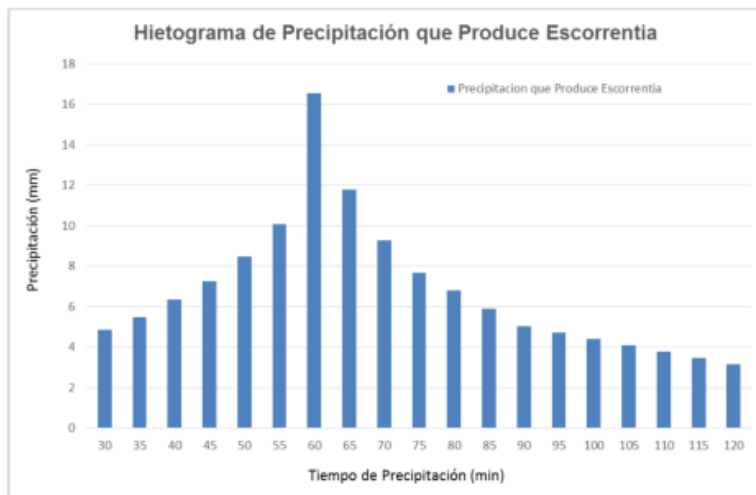


Figura 23. Hietograma de precipitación que produce escorrentía, Microcuenca N°4.
Fuente. Propia

Este mismo método se ocupó para calcular los Hietogramas de las demás cuencas, pero por motivos de espacio los resultados de las demás cuencas están presentes en la tabla de resumen de cálculos.

6.5.3 Resultados obtenidos por el método del SCS

Al igual que en el Hietograma de diseño, las ecuaciones estimadas en el marco conceptual para el cálculo el caudal de diseño han sido resumidas y programadas en Excel para presentar los resultados de una manera más clara.

Cuenca	Muestra	Uso de Suelo	Característica Hidrológica	Tipo de Suelo	Po	Pd	Pd/Po	Area (Has)	Tc (min)	S
Cuenca 1	2	Praderas	Pobre	A	24	182.9221	13.0658654	7.364	30.0638172	120
	3	Praderas	Pobre	B	14	182.9221	22.8652644	10.602		70
Cuenca 2	4	Praderas	Pobre	C	8	182.9221	30.4870192	2.587	5.30746263	40
Cuenca 3	5	Praderas	Pobre	D	6	182.9221	13.0658654	6.783	9.12415421	30
Cuenca 4	6	Praderas	Media	C	14	182.9221	7.95313545	30.648	59.18	70
	7	Praderas	Media	B	23	182.9221	7.95313545	24.101		115
	7	Praderas	Media	B	23	182.9221	13.0658654	49.064		115
Cuenca 5	1	Praderas	Pobre	B	14	182.9221	7.62175481	2.56	5	70

Cuenca	S por Cuenca	CN	Pn	D (horas)	Tp	Tb	Qp SCS (m³/s)
Cuenca 1	90.49426695	73.7312706	106.403614	0.75	0.67563817	1.80395392	5.887214071
Cuenca 2	40	86.3945578	142.366673	0.83333333	0.46974129	1.25420925	1.63140677
Cuenca 3	30	89.4366197	151.271578	0.83333333	0.50790821	1.35611491	4.203491345
Cuenca 4	101.7149586	71.4054874	100.009698	1.5	1.34178834	3.58257488	16.10000748
Cuenca 5	70	78.3950617	119.430891	0.75	0.425	1.13475	1.496869504

6.7 Comparación de Resultados entre el Método Racional y el SCS

Cuenca	Q Racional (m³/s)	Q SCS (m³/s)	Variación entre resultados
Cuenca 1	3.144580	5.887214	2.742634
Cuenca 2	1.225684	1.631407	0.405723
Cuenca 3	2.617100	4.203491	1.586391
Cuenca 4	11.362800	16.100007	4.737207
Cuenca 5	1.060895	1.496870	0.435975

Los resultados seleccionados para el diseño del sistema de drenaje pluvial, serán los obtenidos por el Método del SCS, no solamente por ser los mayores, sino también porque la zona de afectación es de carácter Rural-Urbana y este método toma muchas consideraciones hacia zonas de carácter mixto, pues considera ampliamente el uso de suelo, cobertura vegetal e infiltraciones de agua que se dan comúnmente en áreas con presencia de bosques.

7. HIDRAULICA Y DRENAJE

7.1 Ubicación de la Ruta de Drenaje y Puntos de Desagüe

La obra principal de drenaje contempla la inclusión de tres canales de desviación ubicados estratégicamente al norte del perímetro de la zona afectada, para interceptar las aguas provenientes de los cerros aledaños que brindan la mayor aportación de esorrentía.



Figura 24. Proyección del canal de desviación.

Fuente. Propia.

La ubicación de estos no afectara ninguna construcción existente ni el libre paso de los pobladores. Además de ello, se diseñaron 2 vados para cambiar la dirección del flujo en 2 calles de la zona, de manera que la esorrentía se distribuya de manera más equitativa en las calles de los barrios. El agua evacuada será depositada en dos afluentes de agua que han sido formadas de manera natural en la periferia del lugar, ver planos en Anexos.

7.2 Dimensionamiento de Canales y Vados

Una vez definida la ruta más favorable para el trazo de la red de drenaje, además de haberse obtenido los datos de pendiente, Caudal, Rugosidad de la sección (para este caso Concreto) y la geometría; se procedió a calcular las dimensiones de la sección transversal por el Método de Máxima eficiencia hidráulica, realizando los cálculos a través del programa HCanales:

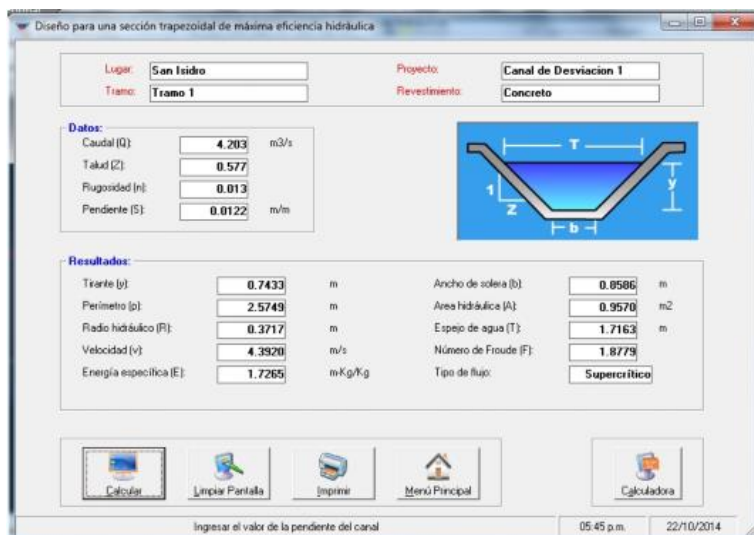


Figura 25. Resultados del diseño del canal de desviación N°1.
Fuente. Propia

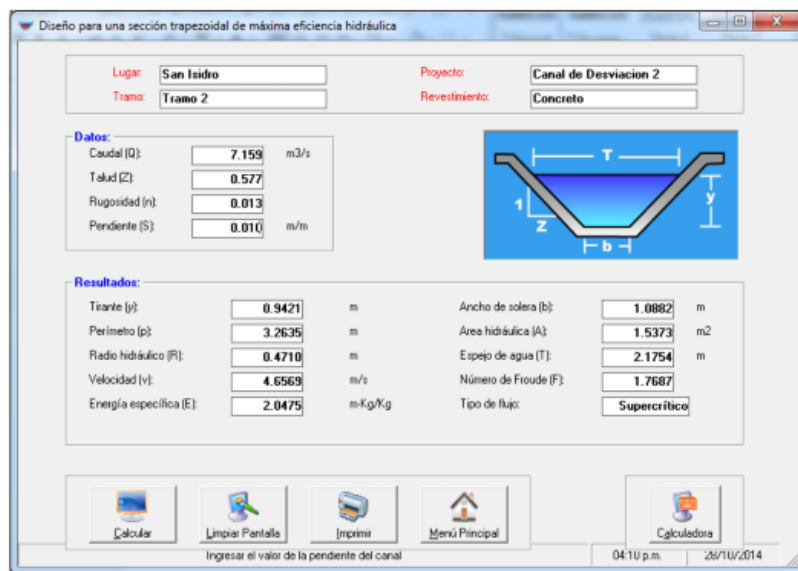


Figura 26. Resultados del diseño del canal de desviación N°2.
Fuente. Propia

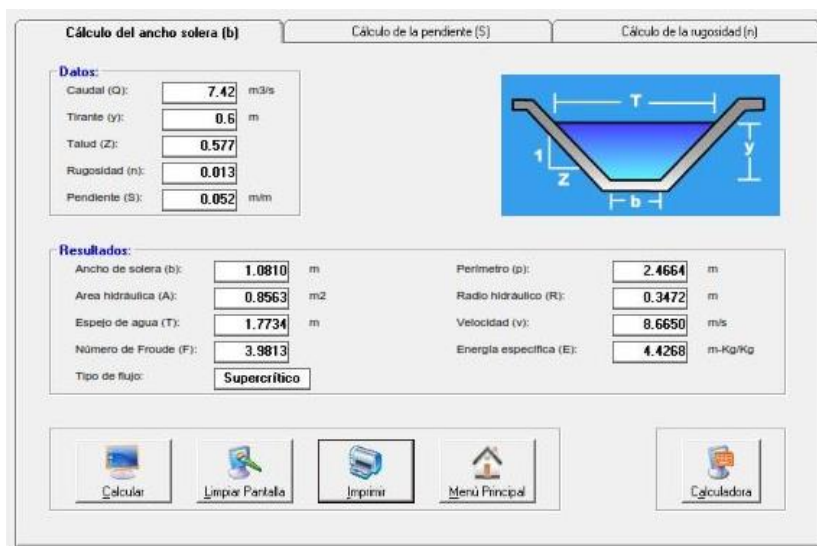


Figura 27. Resultados del diseño del canal de desviación N°3.
Fuente. Propia



Figura 28. Resultados del diseño de Vado N°1.
Fuente. Propia



Figura 29. Resultados del diseño de Vado N°2.
Fuente. Propia

7.3 Dimensionamiento de los Tramos de Alcantarilla

Esto se realizó a través de Nomograma del FHWA, haciéndose tanteos para distintos diámetros de alcantarilla. Los dos tramos de alcantarilla proyectados serán de la misma dimensión, ya que el caudal y la pendiente no varían a lo largo del flujo.

1. Caudal $Q = 7.519 \text{ m}^3/\text{s}$.
2. Tipo de estructura = Alcantarilla circular de mampostería.
3. Haciendo la relación H_e/D evaluamos con el Nomograma del FHWA para distintos diámetros (ver figura 6), hasta obtener el caudal acertado para nuestro caudal de diseño, resumen se muestra a continuación:

N° DE PRUEBA	DIAM. (m)	H	He	He/D	Q (m3/S)	OBSERVACION
1	1.50	0.45	1.95	1.30	5.55	Q pequeño
2	1.83	0.45	2.28	1.25	7.50	Q adecuado

Definimos que la alcantarilla será de tipo circular y de mampostería, además tendrá un diámetro de 1.83m (72”), la altura entre la corona del tubo y el cabezal será 0.45m de altura, esto según recomendación de la Guía hidráulica para estructuras

de drenajes publicada por el MTI, ya que la alcantarilla estará sometida a cargas de tránsito pesado. Para tener una mejor transición del flujo entre el canal y la alcantarilla se diseñaron aleros tomando en cuenta la condición del flujo entrante, haciendo una aproximación al número de froude mediante el Software HCanales, utilizando los datos anteriormente obtenidos

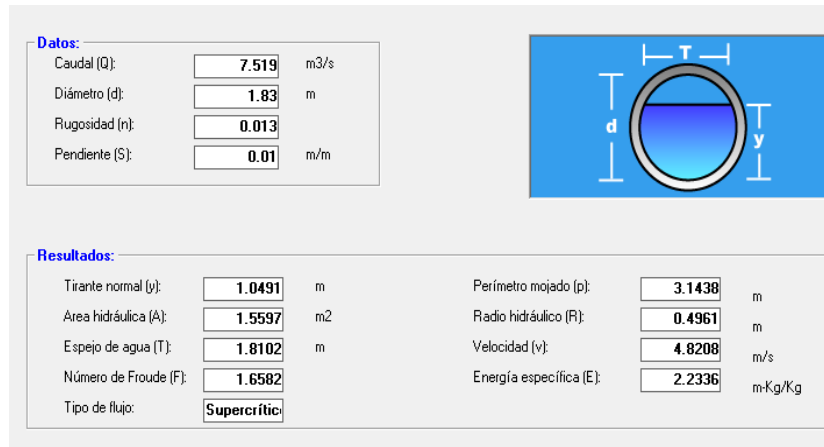


Figura 30. Cálculo del número de Froude para diseño de aleros.
Fuente. Propia

El ángulo β entre los aleros y la perpendicular del flujo está dada por:

$$\tan\beta = \frac{1}{2Nf} = \frac{1}{2(1.6582)} = \beta = \tan^{-1}(0.3015) \longrightarrow \beta = 16^\circ$$

7.4 Procesamiento de Datos en EPA SWMM

Se definieron las áreas de aportación, las secciones de calles y nodos sobre imagen montada de AutoCAD.

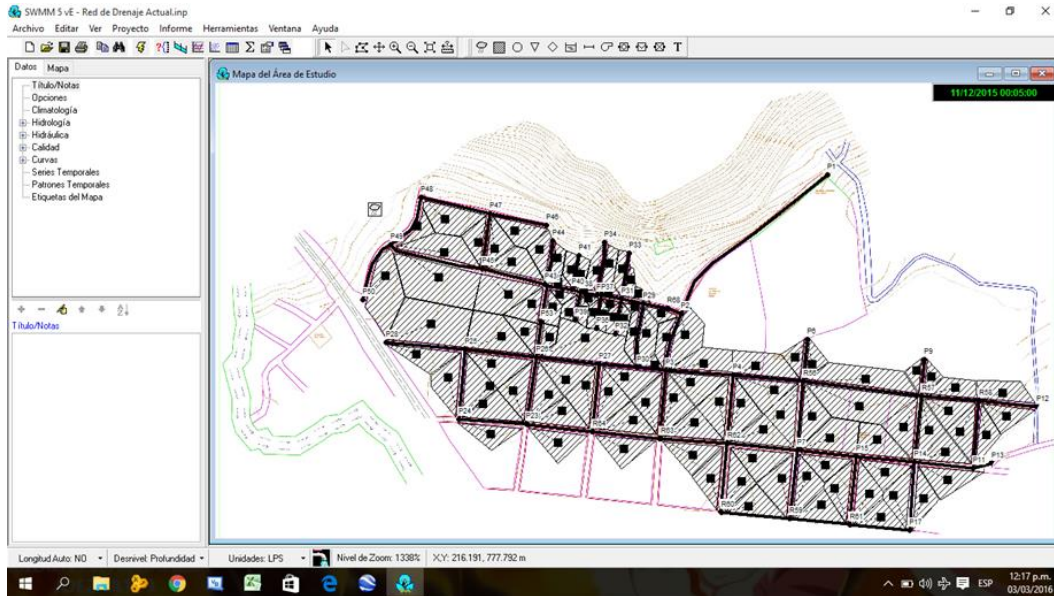


Figura 31. Ingreso de datos en EPA SWMM.

Fuente. Propia

Se definieron las secciones transversales de las calles, así como su coeficiente de rugosidad.

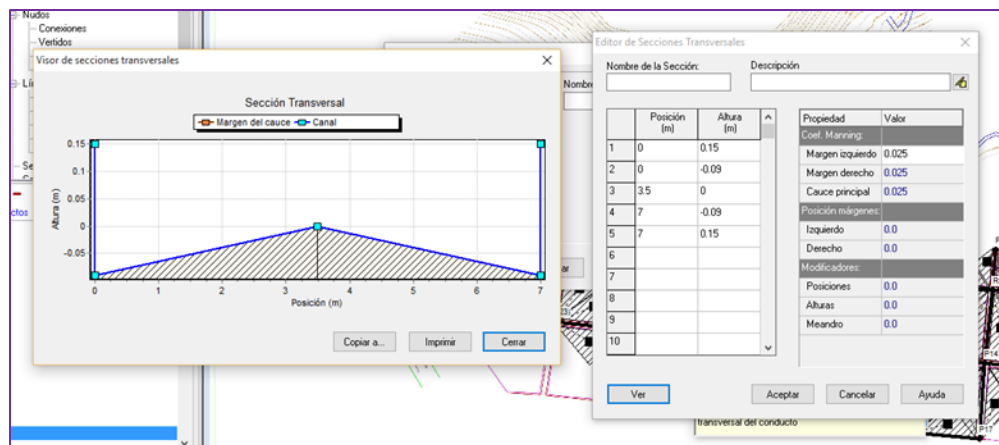


Figura 32. Definición de las secciones transversales en EPA SWMM.

Fuente. Propia

Se definió el histograma de diseño para un periodo de retorno de 15 años, como serie temporal.

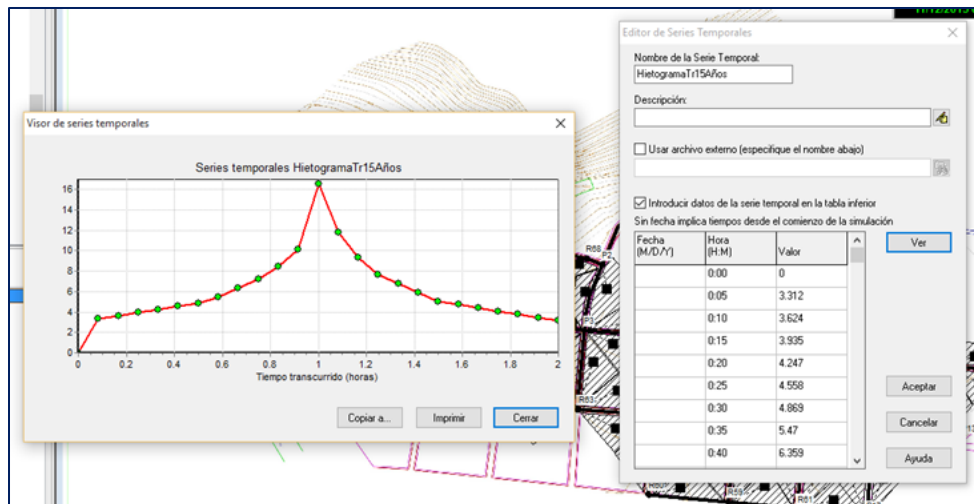


Figura 33. Histograma de Diseño obtenido por EPA SWMM.
Fuente. Propia

Se ingresaron los datos de pendientes de terreno, tipo de suelo / tipo de superficie, Coeficiente de Rugosidad, etc. Todo esto para realizar la simulación virtual

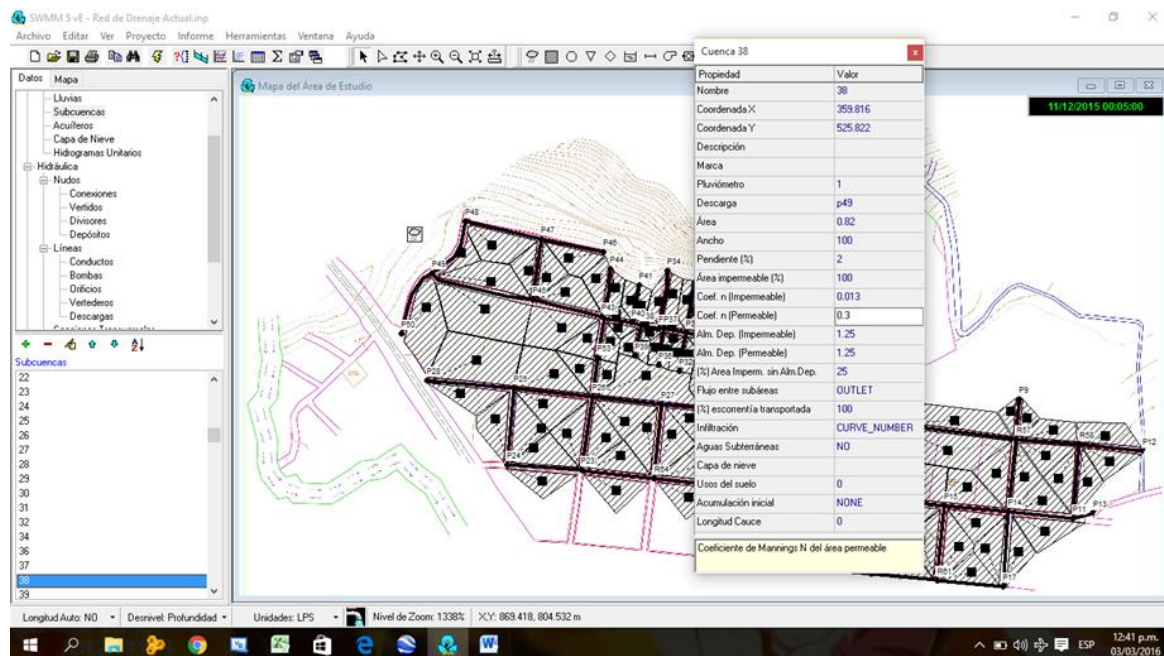


Figura 34. Procesamiento de Datos en EPA SWMM.
Fuente. Propia

7.4 Simulación Virtual de las Condiciones de Drenaje Actual Mediante EPA SWMM

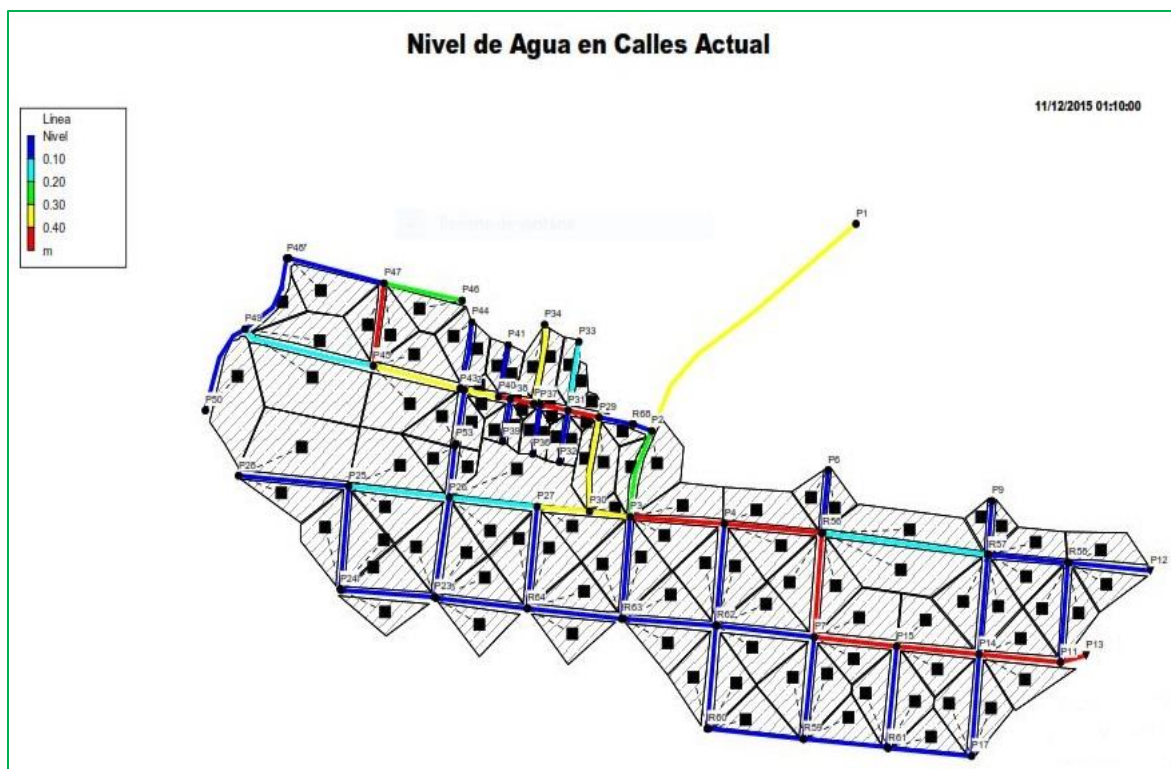


Figura 35. Simulación virtual de las condiciones de drenaje actual.
Fuente. Propia

Se observa dentro de la simulación que bajo las condiciones de drenaje actual existen 6 calles con niveles de agua comprendidos entre los 0.30m – 0.40m de altura; 8 calles cuyo nivel de agua superan los 0.40m y como se muestra en las fotografías de las figuras N° 11 y 12 existen puntos críticos donde las aguas de lluvia alcanzan una altura aproximada de 1m sobre los niveles de rasante, algo que sin duda representa una situación muy preocupante.

7.4 Simulación Virtual de las Condiciones de Drenaje Proyectadas Mediante EPA SWMM

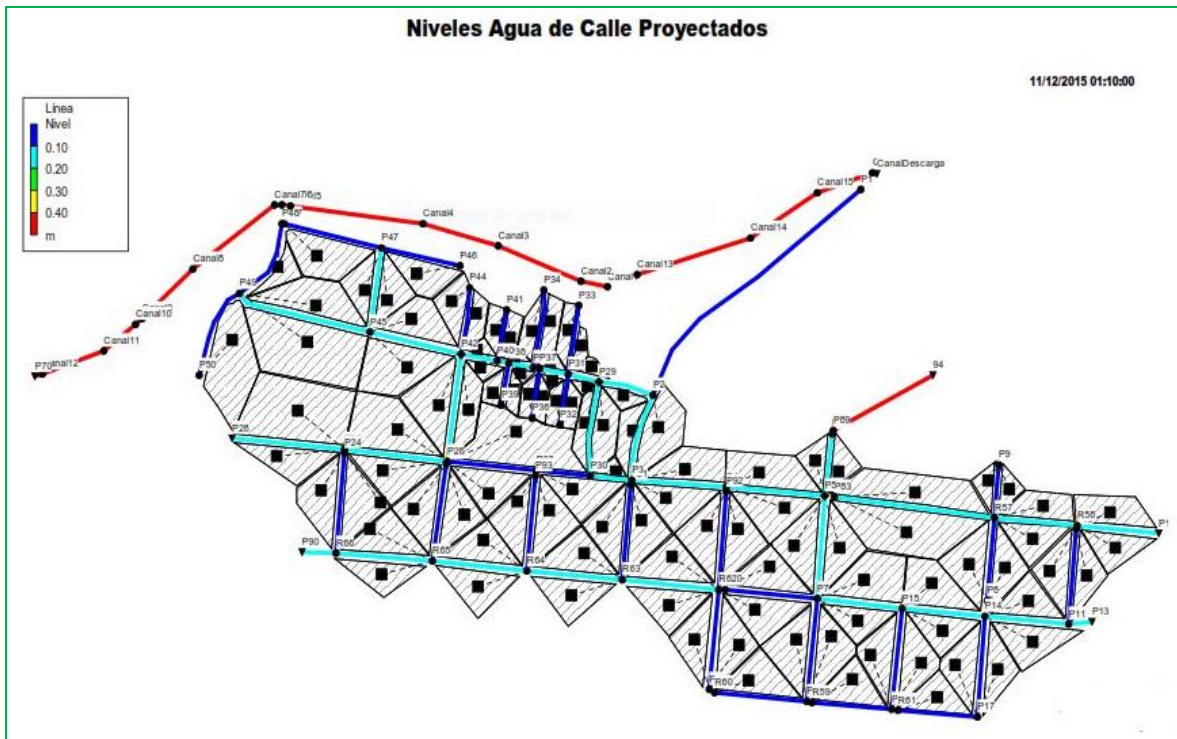


Figura 36. Simulación virtual de las condiciones de drenaje proyectadas.
Fuente. Propia

Se presentan aquí los resultados obtenidos al poner en función las obras de drenaje diseñadas; como bien se muestra, los niveles de agua máximos comprenderán una altura entre 0.20m – 0.10m. En la parte superior de la figura se muestran tres alineamientos color rojo (etiqueta para los flujos con niveles mayores a los 0.40m) que representan los Canal de desviación de flujo propuesto para drenar las escorrentías provenientes de los cerros.

8. ESPECIFICACIONES TECNICAS

8.1 Condiciones Generales

Toda mención hecha en estas especificaciones o indicadas en los planos obliga al Contratista a suplir e instalar cada artículo o material con el proceso o método indicado y suplir toda la mano de obra y equipos necesarios para la terminación de la obra.

8.2 Movimiento de Tierra

El trabajo consiste en la preparación del sitio, nivelación, excavación, relleno, tal como es descrito en los planos, o razonablemente implicado en ellos. Se removerán también del sitio de la obra, todas las piedras y cualquier obstáculo que pueda interferir con los trabajos de construcción. El Contratista tomará todas las precauciones necesarias para no causar daño a terceros en la eliminación de los desechos provenientes de esta operación.

8.3 Concreto

Consiste en el suministro de los materiales, mano de obra, equipos, herramientas y demás complementos para suplir el concreto para la obra de acuerdo a estas especificaciones y a los detalles que aparecen en los planos. El concreto tendrá una resistencia a la compresión a los 28 días $f'c=3,000\text{psi}$. Para todo concreto la proporción de cemento, árido y agua para obtener la plasticidad y resistencia requerida, estará de acuerdo con las normas 613-54 del ACI. No se permitirá cambios en las proporciones sin la aprobación del Ingeniero.

8.4 Muros de Concreto Ciclópeo

Los muros serán construidos de piedra bolón, con tamaños entre 4" a 8" de diámetro, estas piedras deberán ser de roca sólida, no se permitirán bolones de piedras calizas, terrones o materiales fácilmente disgregables. El mortero a emplearse en la pegada de la piedra tendrá una proporción de una parte de cemento

por cuatro partes de arena colada con la malla n°16. El volumen de piedra bolón ocupara como máximo el 60% del volumen total del muro. La colocación de la piedra bolón se hará de manera que las juntas queden completamente llenas de mortero y no hagan espacios vacíos obteniendo así la conformación monolítica de la piedra con el mortero, deberá colocarse la piedra de forma estética, de manera que la apariencia de la pared presente un buen acabado.

8.5 Materiales

8.5.1 Cemento

El cemento a emplearse en las mezclas de concreto será cemento Portland Tipo 1, sujeto a las especificaciones ASTM C-150-69. Deberá llegar al sitio en sus envases originales y enteros.

8.5.2 Agregado fino

El agregado fino será arena natural, dura, limpia y libre de todo material vegetal, mica o detrito de conchas marinas, sujeta a las especificaciones ASSHTO-R92-93 y ASTM-C-33-92; en caso de usarse arena de cauce de la zona, ésta deberá ser lavada para eliminar todo limo o tierra vegetal que contenga. El agregado grueso será piedra triturada o grava limpia, dura, durable y libre de todo recubrimiento, sujeta a especificaciones ASTM-C-33-6IT.

8.5.3 Agregado Grueso

El tamaño más grande permitido del agregado será un quinto (1/5) de la dimensión mínima de la formaleta de los elementos de concreto o tres cuarto (3/4) del espaciamiento libre mínimo de refuerzo según lo recomendado por la norma ASTM C-33.

8.5.4 Agua

El agua a emplear en la mezcla del concreto deberá ser limpia, libre de aceite, ácido o cantidades perjudiciales de material vegetal, álcalis y otras impurezas que puedan afectar la resistencia y propiedades físicas del concreto o refuerzo, deberá ser previamente aprobada por el Ingeniero.

8.4.5 Acero de Refuerzo

El acero de refuerzo deberá cumplir la especificación ASTM A-305 con un límite de fluencia $f_y=40\text{ksi}$, de acuerdo a las especificaciones ASTM A-615-68, grado 40. Todas las varillas deberán estar limpias y libres de escamas, trazas de oxidación avanzada, grasas y otras impurezas e imperfecciones que afecten sus propiedades físicas, resistencia o su adherencia al concreto.

8.5 Almacenamiento de Materiales

El cemento se almacenará en bodegas secas, sobre tarimas de madera en estibas de no más de 10 sacos. El cemento debe llegar al sitio de la construcción en sus envases originales y enteros. No se utilizará cemento dañado o ya endurecido. Los áridos finos y gruesos se manejarán y almacenarán separadamente de manera tal que se evite la mezcla con materiales extraños. Todas las varillas de acero de refuerzo se deberán proteger hasta el momento de usarse.

8.6 Colocación del Acero de Refuerzo

La limpieza, doblado, colocación y empalme de refuerzo se harán de acuerdo con las normas y recomendaciones 318-89 del ACI. El acero de refuerzo se limpiará de toda suciedad y óxido no adherente. Las barras se doblarán en frío, ajustándolas a los planos y especificaciones del proyecto, sin errores mayores de un centímetro. Los dobleces de las armaduras, salvo indicación especial en los planos, se harán con radios superiores a siete y medio (7.50) veces su diámetro. Las barras se sujetarán a la formaleta con alambre o tacos de concreto y entre sí con ataduras de alambre de hierro dulce n°16, de modo que no puedan desplazarse durante la llena y que éste pueda envolverlos completamente. No se dispondrá sin necesidad, el empalme de las varillas no señaladas en los planos sin autorización del Ingeniero.

8.7 Dosificación y Mezcla

Las dosificaciones de cemento, agregados y agua utilizados deberán ser aprobadas por el Ingeniero. Se harán en base a pruebas de clasificación y contenido de humedad de los materiales, asentamiento de la mezcla de concreto y resistencia

del concreto, comprobada por pruebas de resistencia a la compresión ejecutadas en cilindros de este material.

Estas pruebas deberán ser realizadas por un laboratorio de reconocida competencia y pagadas por el Contratista. Informes certificados de las pruebas deberán ser presentados al Ingeniero, antes de proceder al vaciado de concreto. El Contratista no podrá cambiar abastecedores de materiales durante el curso del trabajo sin autorización del Ingeniero y presentación de nuevas pruebas certificadas de laboratorio. El método para determinar la cantidad correcta de agua y agregado para cada mezcla, debe ser de un tipo que permita controlar con exactitud la proporción de agua y cemento y verificarla fácilmente en cualquier momento, el revenimiento de la mezcla no deberá ser mayor de 4" pulgadas y/o conforme el diseño del concreto sometido por el Contratista y aprobado por el Ingeniero.

8.8 Colocación del Concreto

El vertido de todo el concreto se hará de acuerdo con las normas 318-89, 605-59 y 614-59 del ACI y en la forma que aquí se amplía. El transporte y vertida del concreto se hará de modo que no se disgreguen sus elementos, volviendo a mezclar al menos con una vuelta de pala. No se permitirá la colocación de mezclas que muestren señales de fraguado, prohibiéndose la adición de agua o lechada durante la llena. Todo el concreto se colocará sobre superficies húmedas, libres de agua y nunca sobre lodo suave o tierra seca o porosa. El concreto debe ser colocado con la ayuda de equipo de vibración mecánica. La vibración deberá ser aplicada directamente al concreto a menos que el Ingeniero lo apruebe de otra manera. La intensidad de la vibración será lo suficiente como para causar el flujo y asentamiento del concreto en su lugar.

8.9 Curado del Concreto

El Contratista prestará cuidadosamente atención al curado apropiado de todo el concreto. Una vez desencofrado cualquier miembro reciente, se mantendrá húmedo todo el día por un periodo de 7 días. En el caso de la fundación masiva para el tanque, se esparcirá una capa de arena en toda la superficie la cual se mantendrá

húmeda todo el día y teniendo el cuidado de humedecerla por las noches durante los siete días del curado.

8.10 Excavación

El Contratista replanteará el trabajo y será responsable de su marcación de acuerdo a las referencias de los planos, las cuales deberán ser mantenidas durante el progreso del trabajo. El Ingeniero establecerá un banco de nivel permanente que servirá de referencia para todos los niveles. El Contratista será responsable de la conservación de este banco de niveles y pagará el costo de su reposición si se pierde por su negligencia.

El fondo de la excavación debe quedar a nivel libre de material, suelto y llevarse hasta los niveles indicados sin alterar el suelo a dichos niveles. El Contratista mantendrá en todo momento las zanjas de cimentaciones libres de agua. Proveerá el bombeo necesario para mantener durante la construcción los espacios excavados libres de agua.

8.11 Limpieza

Todo material sobrante resultado de la excavación del sitio, será removido del predio a costo del Contratista. Asimismo todos los desperdicios y resultados de estos trabajos, se removerán del sitio, el cual se entregara limpio y en condiciones aceptables.

8.12 Curado del Concreto

El Contratista prestará cuidadosamente atención al curado apropiado de todo el concreto de las estructuras. Todas las superficies expuestas, deberán mantenerse húmedas por un período de 10 días después que el concreto haya sido colocado y desencofrado. Se evitarán causas externas (sobrecargas, vibraciones, etc) que puedan provocar fisuras en el concreto sin fraguar o sin la resistencia adecuada.

8.13 Remoción de Formaletas y Obras Falsas

La formaleta de la losa superior y columna central podrá ser removida parcialmente a los 21 días después de colada, quedando ciertos soportes a criterio del Ingeniero para removerse a los 28 días. El proceso de remoción deberá hacerse de tal forma que no cause daño a la estructura o superficie.

8.14 Acabado de Superficies Expuestas

Cuando las formaletas sean removidas, las superficies finales serán razonablemente lisas, libre de ratoneras, poros o protuberancias. Si estos defectos se presentan deberán ser reparados de la forma aprobada por el ingeniero sin costo adicional para el Dueño.

CONCLUSIONES

- Se delimitaron las cuencas hidrográficas y se seleccionaron aquellas que brindan aportaciones de escorrentía hacia la zona afectada.
- Se calculó el caudal de diseño para las obras hidráulicas mediante el Método Racional y el Método del Sistema de Conservación de Suelos (SCS), comparando ambos resultados y definiendo la mejor alternativa.
- Se dimensiono el sistema de drenaje óptimo para drenar de manera satisfactoria las aguas pluviales mediante un modelado pluvial con el software EPA SWMM, tomando en cuenta un Periodo de retorno de 15 años.
- Se realizó una simulación virtual de las condiciones de drenaje antes y después del Rediseño mediante EPA SWMM.
- Se realizó planos de todo el conjunto de obras hidráulicas, representando así el diseño obtenido de manera gráfica.

RECOMENDACIONES

1. Contratar a un ingeniero civil residente para la supervisión en la ejecución de la obra, con lo cual se garantice la aplicación de la normativa de diseño y la nivelación correcta para el trazo de los alineamientos, para que así el sistema funcione correctamente.
2. Utilizar los materiales de construcción con las calidades establecidas en el RNC, y que el ejecutor sea calificado para realizar un trabajo de óptima calidad.
3. Una vez finalizada la construcción de dichos proyectos, se brinde el mantenimiento de limpieza, supervisión y cuidado correspondiente, con el objeto de obtener obras durables y en buen estado.
4. Que el Ejercicio Profesional Supervisado se proyecte hacia las comunidades del interior del país, especialmente en las áreas rurales donde es escasa la asistencia estatal, detectando las problemáticas existentes para luego formular y crear proyectos de solución.

BIBLIOGRAFIA

- *Alvarado A. (2011). Guía hidráulica para el diseño de estructuras de drenaje. Managua, Nicaragua*
- *Aparicio F. (1996). Fundamentos de Hidrología de Superficie. Santiago, Chile: Editorial Limusa S.A.*
- *Chow V.; Maidment D.; Mays L. (1994). Hidrología Aplicada. New York: Mc Graw Hill Book Co.*
- *Chow V. (1982). Hidráulica de Canales Abiertos. México: Editorial Diana.*
- *Krochin Sviatoslav, Diseño Hidráulico. Moscú (1978).*
- *MTC. (2011). Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje. Lima.*
- *MOPU (23 de Mayo de 1990). Instrucción de carreteras 5.2-IC “Drenaje superficial”. Madrid*
- *NRCS (2004). National Engineering Handbook. Part 630: Hydrology”, chapter 10. National Resources Conservation Service. Washington D. C, USA.*
- *Sherman L. (1932). Streamflow from Rainfall by the Unit-Graph Method. Washington: News-Rec.*

ANEXOS

**Encuesta para el control de inundaciones en la red de drenaje de los barrios
Villa Libertad y Estelí, ubicados en el municipio de San Isidro, Departamento
de Matagalpa.**

Barrio donde se ubica la vivienda: _____

Ubicación de la vivienda:

a. Urbanización () b. Barrio popular () c. Asentamiento irregular ()

Tipo de calles:

a. Pavimentadas () b. Empedradas () c. Terracería ()

Nombre del encuestado: _____

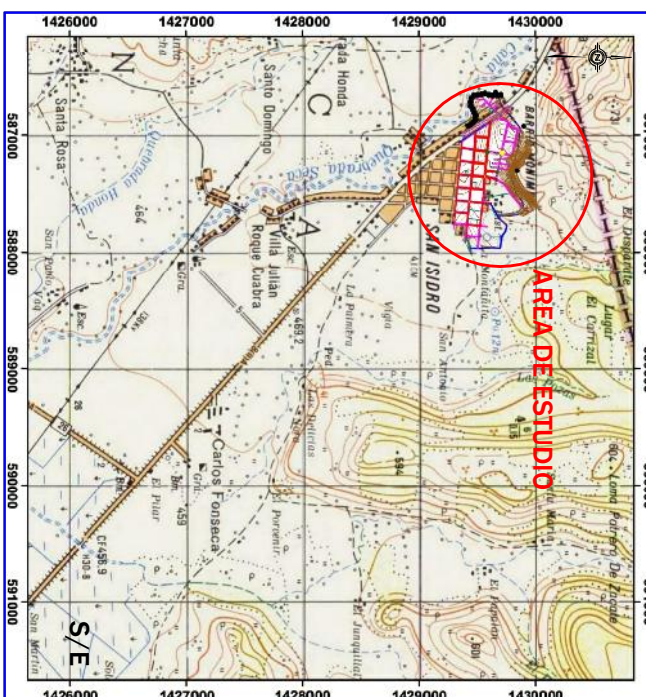
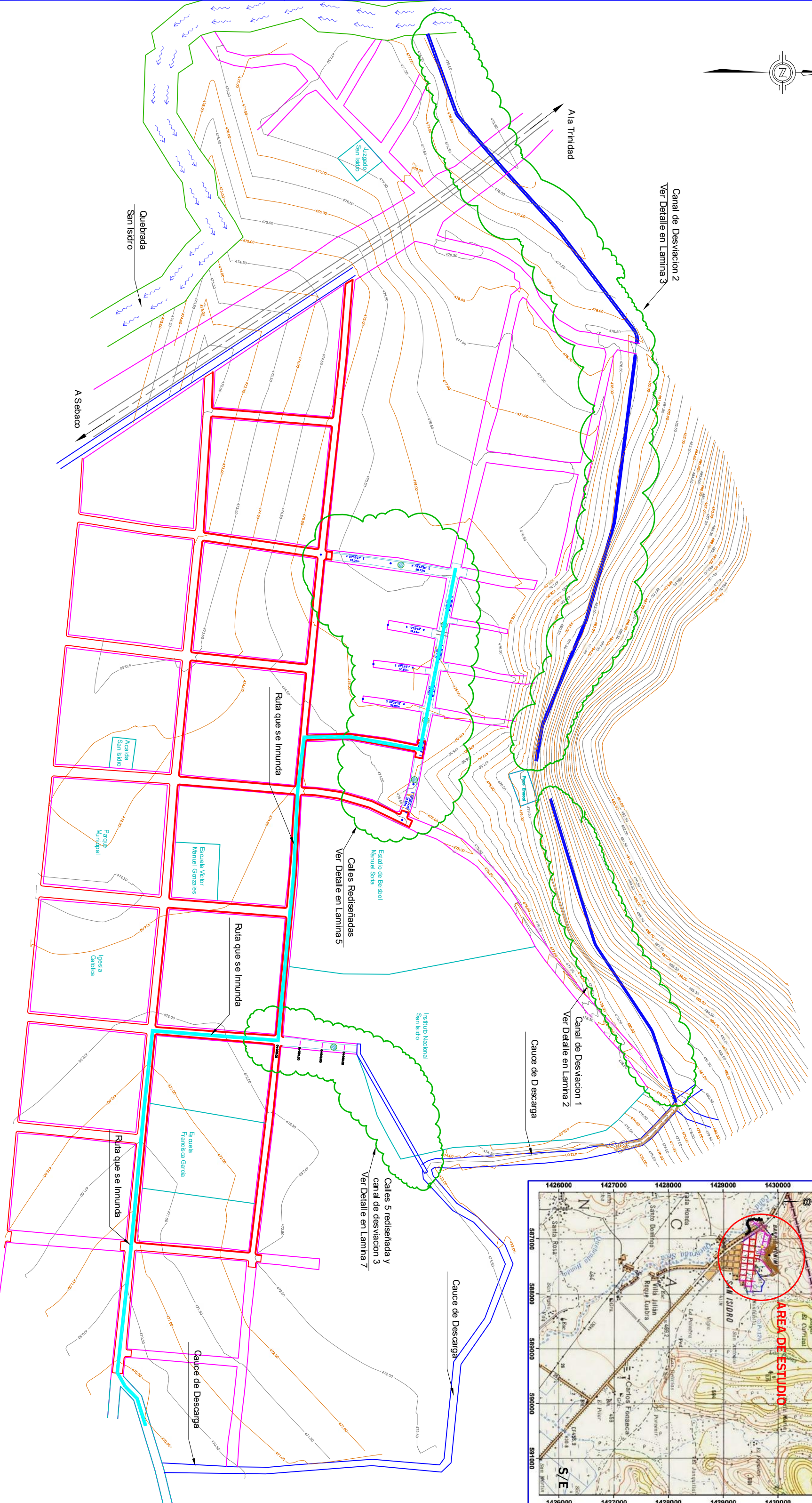
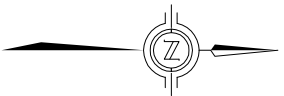
Edad: _____

Fecha: _____

1. ¿Cuántas personas habitan en la vivienda? _____
2. ¿Tiene problemas de acceso a su vivienda durante la época de lluvia?
Sí___ No___
3. ¿Hay niños menores de 2 años en la vivienda? Si___ No___ Cuantos?___
4. ¿Hay niños en edades escolares dentro de la vivienda? Sí___ No___
Cuantos?___
5. ¿Ellos tienen problemas para movilizarse a la escuela durante tiempo de
lluvia? Sí___ No___
6. Si es así, ¿qué tan seguido se presenta ese problema? Pocas veces___
Regularmente___ Muchas veces___
7. ¿Su vivienda tiene problemas de inundación? Sí___ No___
8. ¿Altura del agua (cm) frente a su predio? _____

9. ¿Tiempo desalojo agua (hr) frente a su predio?_____
10. ¿Se rebosa su fosa séptica? Sí___ No___
11. ¿Ha desalojado su vivienda por la inundación? Sí___ No___
12. ¿Cree que de alguna manera este problema de drenaje amenaza la salud o seguridad de su familia? Sí___ No___
13. ¿En qué escala calificaría esta amenaza? Moderada___ Media___
Alta___ Extremadamente alta___
14. ¿Qué tipo de medidas ha tomado la alcaldía para solucionar el problema?_____

15. ¿Qué tan efectivas han sido las medidas tomadas? Nada efectivas___
Regulares___ Muy efectivas___
16. Si la alcaldía de San Isidro decidiera ejecutar próximamente una obra civil dentro de la zona ¿cuál cree usted que beneficiaría de mejor manera a la población? Pavimentación de calles___ Drenaje de aguas pluviales___
Alcantarillado sanitario___ Otro___ ¿Cuál?_____



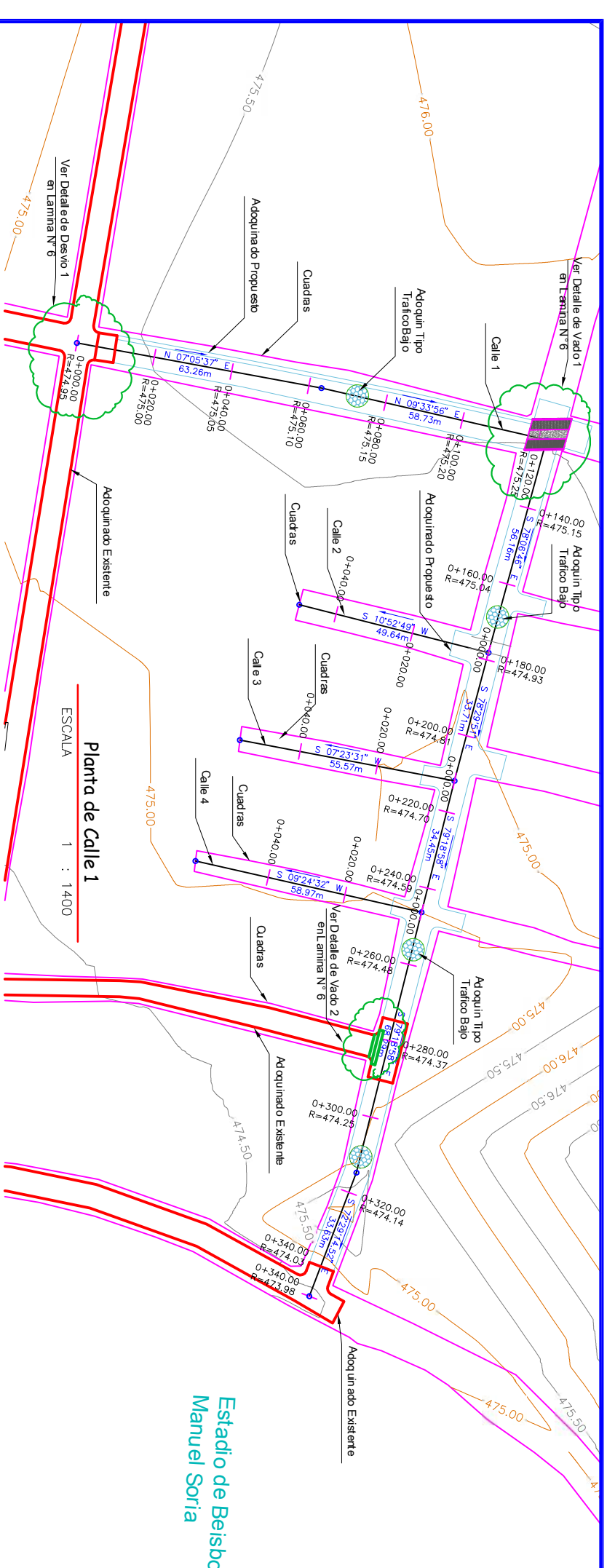
PRESENTADO POR:
- SAUL ANTONIO CARDOZA URRUTIA
- LUIS MIGUEL GARCIA SUAZO

PROYECTO:
REDISEÑO DE RED DE DRENAJE PLUVIAL DE LOS BARRIOS
VILLA LIBERTAD Y ESTELÍ DEL MUNICIPIO SAN ISIDRO

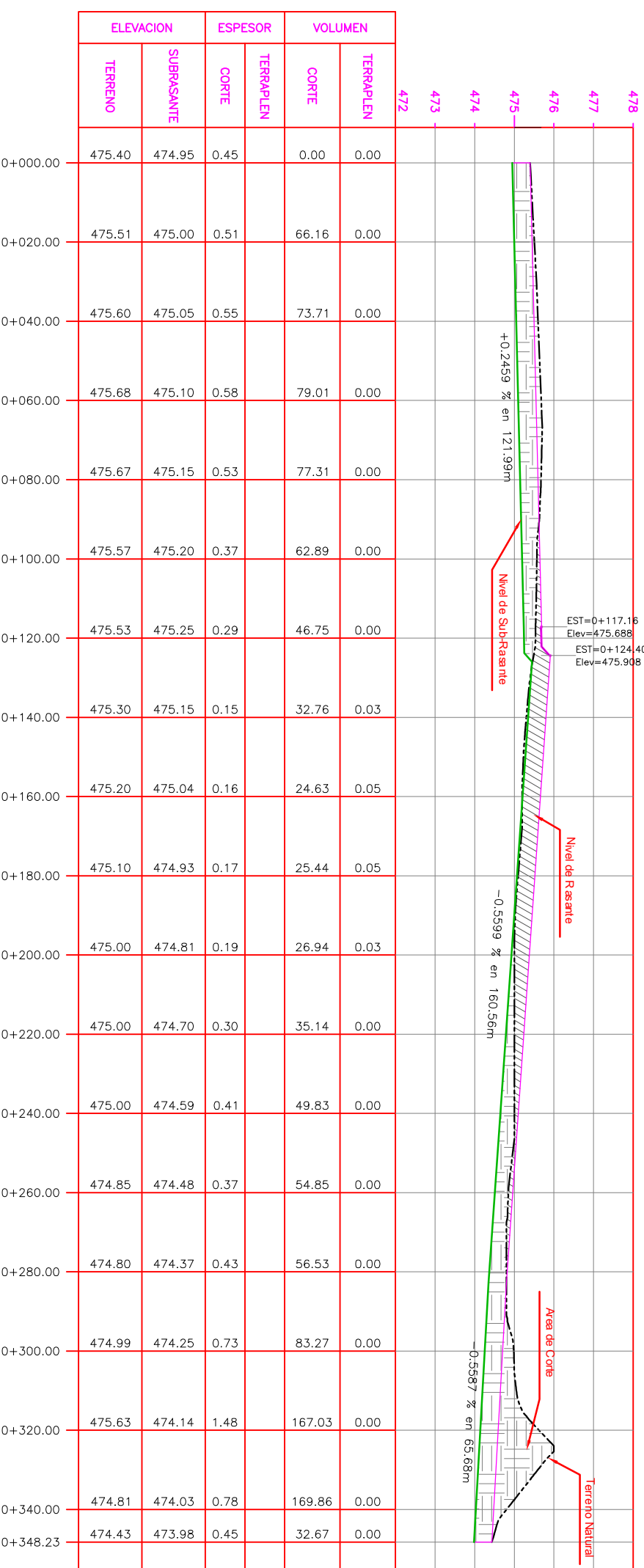
UBICACIÓN:
ZONA NORESTE DEL MUNICIPIO
DE SAN ISIDRO, MATAGALPA

CONTENIDO:
PLANO GENERAL DEL AREA DE ESTUDIO
FECHA: Enero 2016

PLANO No. 1 DE 7
ESCALA: INDICADA



Planta de Calle 1
ESCALA 1 : 1400



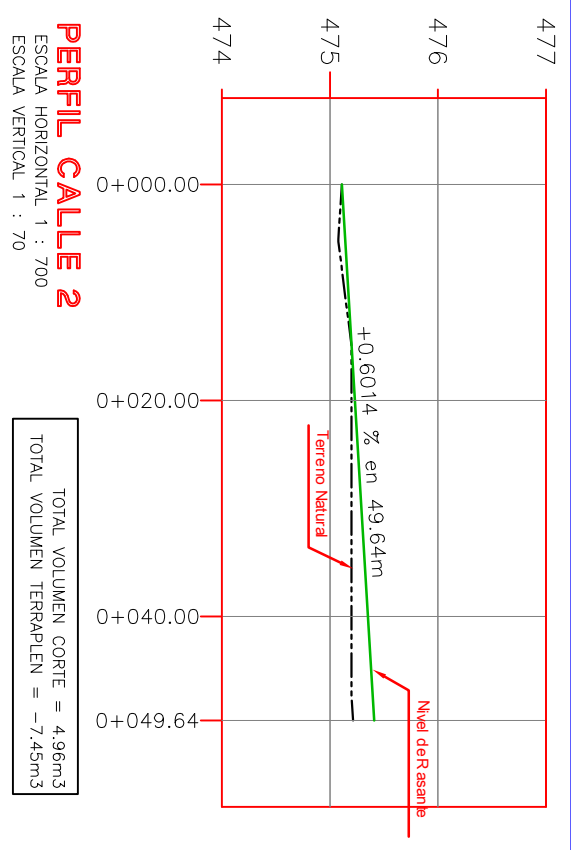
Perfil Calle 1

ESCALA HORIZONTAL 1 : 1400
ESCALA VERTICAL 1 : 140

TOTAL VOLUMEN CORTE = 1,132.11m³
TOTAL VOLUMEN TERRAPLEN = -0.16m³

	ELEVACION		ESPESOR	VOLUMEN	
	TERRAPLEN	SUBRASANTE		TERRAPLEN	CORTE
478	475.40	474.95	0.45	0.00	0.00
477	475.51	475.00	0.51	66.16	0.00
476	475.60	475.05	0.55	73.71	0.00
475	475.68	475.10	0.58	79.01	0.00
474	475.67	475.15	0.53	77.31	0.00
473	475.57	475.20	0.37	62.89	0.00
472	475.53	475.25	0.29	46.75	0.00
	475.30	475.15	0.15	32.76	0.03
	475.20	475.04	0.16	24.63	0.05
	475.10	474.93	0.17	25.44	0.05
	475.00	474.81	0.19	26.94	0.03
	475.00	474.70	0.30	35.14	0.00
	475.00	474.59	0.41	49.83	0.00
	474.85	474.48	0.37	54.85	0.00
	474.80	474.37	0.43	56.53	0.00
	474.99	474.25	0.73	83.27	0.00
	475.63	474.14	1.48	167.03	0.00
	474.81	474.03	0.78	169.86	0.00
	474.43	473.98	0.45	32.67	0.00

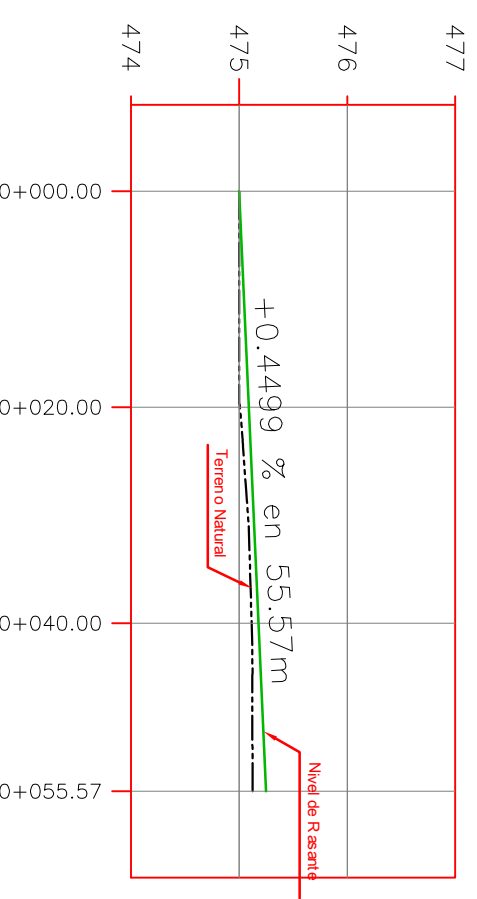
Estadio de Beisbol
Manuel Soria



PERFIL CALLE 2

ESCALA HORIZONTAL 1 : 700
ESCALA VERTICAL 1 : 70

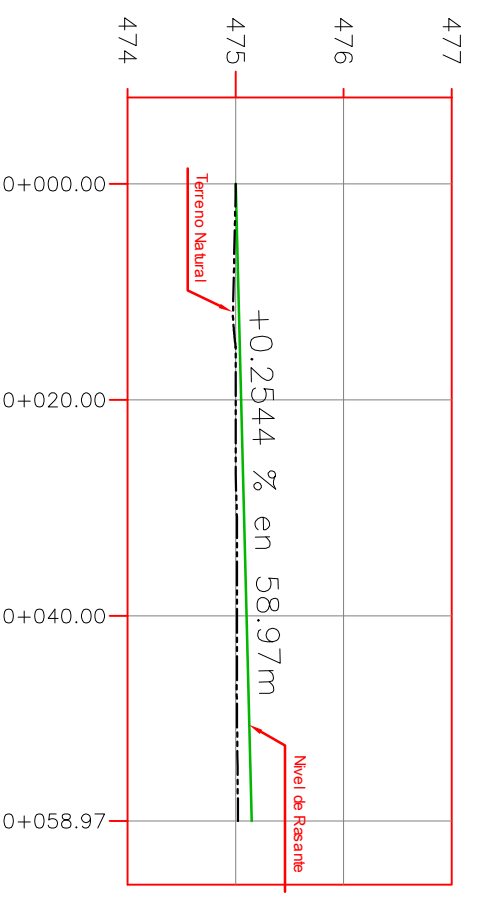
TOTAL VOLUMEN CORTE = 4.96m³
TOTAL VOLUMEN TERRAPLEN = -7.45m³



PERFIL CALLE 3

ESCALA HORIZONTAL 1 : 700
ESCALA VERTICAL 1 : 70

TOTAL VOLUMEN CORTE = 3.11m³
TOTAL VOLUMEN TERRAPLEN = -10.38m³



PERFIL CALLE 4

ESCALA HORIZONTAL 1 : 700
ESCALA VERTICAL 1 : 70

TOTAL VOLUMEN CORTE = 3.16m³
TOTAL VOLUMEN TERRAPLEN = -9.10m³

PRESENTADO POR:
- SAUL ANTONIO CARDOZA URRUTIA
- LUIS MIGUEL GARCIA SUAZO

PROYECTO:
REDISEÑO DE RED DE DRENAJE PLUVIAL DE LOS BARRIOS
VILLA LIBERTAD Y ESTELÍ DEL MUNICIPIO SAN ISIDRO

UBICACIÓN:
ZONA NORESTE DEL MUNICIPIO
DE SAN ISIDRO, MATAGALPA

CONTENIDO:
PERFILES DE CALLES
FECHA: Enero 2016
ESCALA: Indicada

PLANO No. 5 DE 7



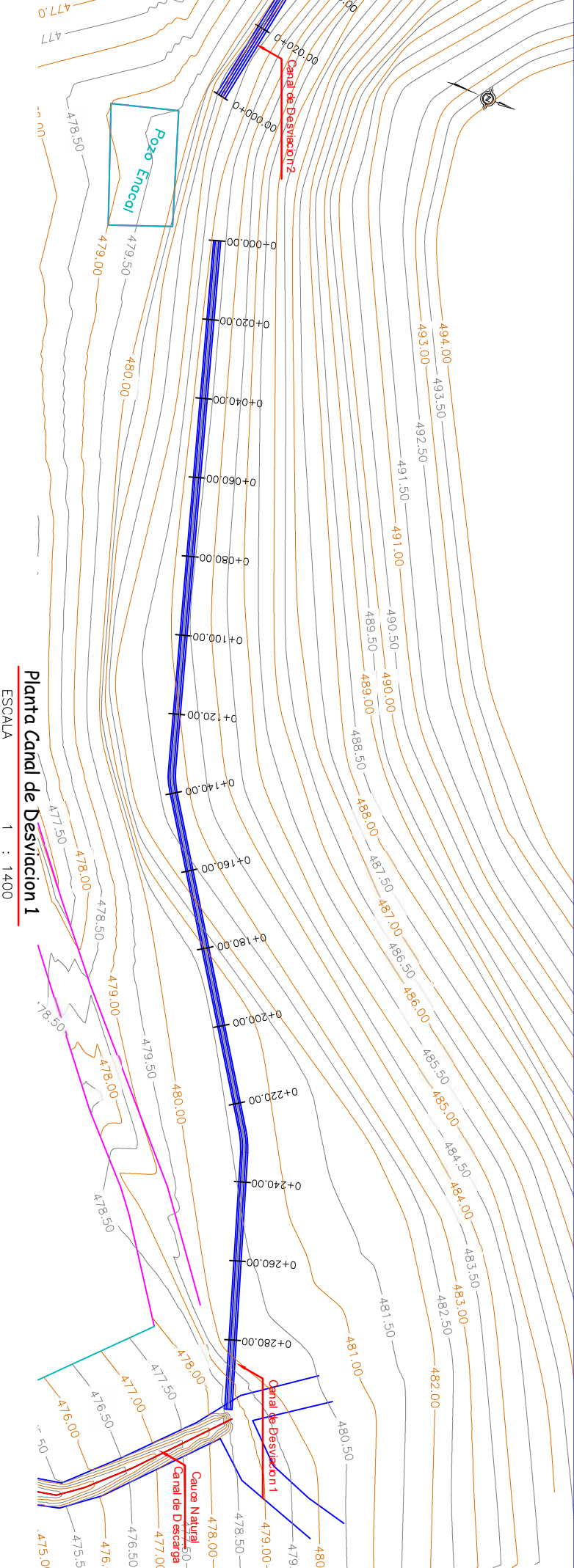
PRESENTADO POR:
- SAUL ANTONIO CARDOZA URRUTIA
- LUIS MIGUEL GARCIA SUAZO

PROYECTO:
REDISEÑO DE RED DE DRENAJE PLUVIAL DE LOS BARRIOS
VILLA LIBERTAD Y ESTELÍ DEL MUNICIPIO SAN ISIDRO

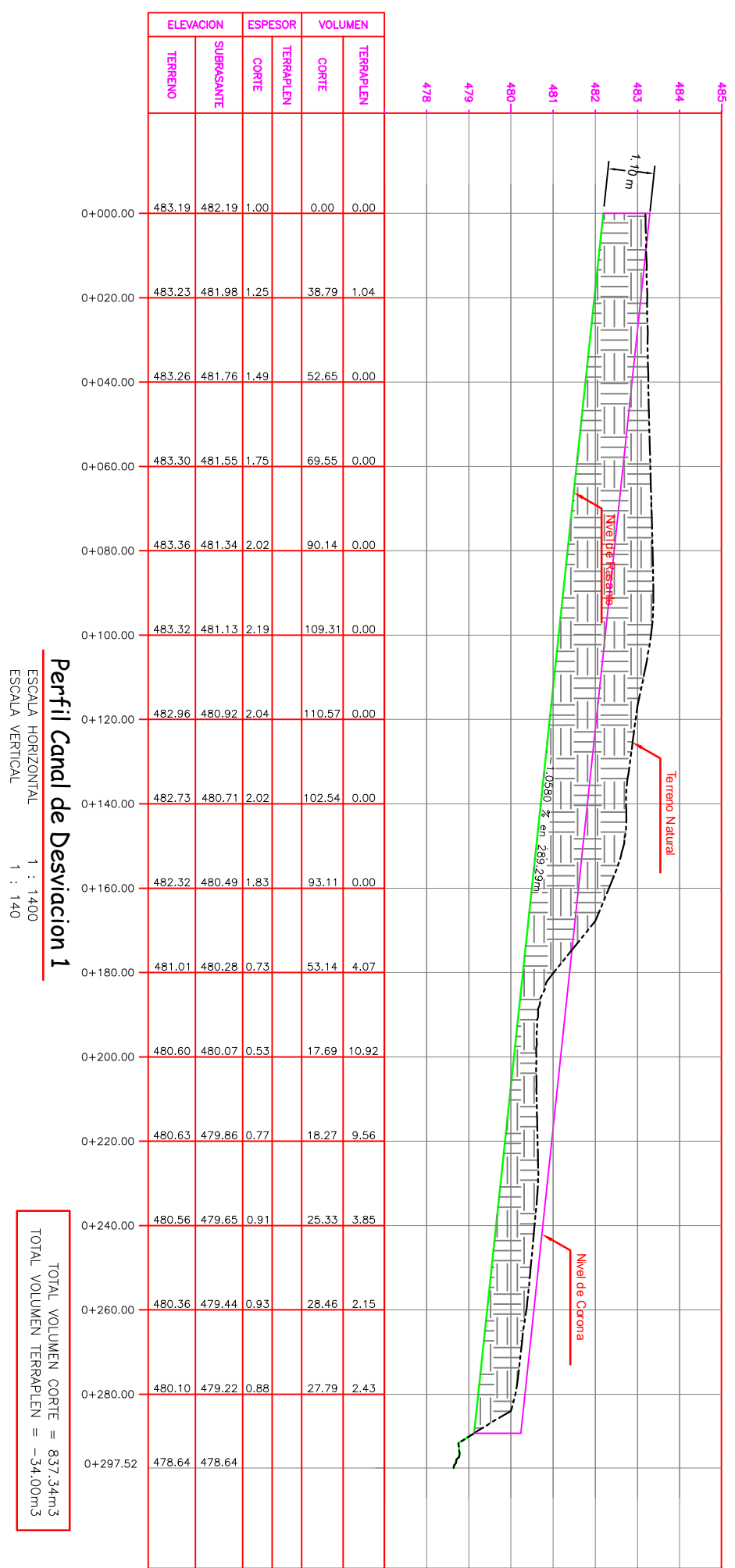
UBICACIÓN:
ZONA NORESTE DEL MUNICIPIO
DE SAN ISIDRO, MATAGALPA

CONTENIDO:
PLANTA PERFIL DE CANAL DE DESVIACION 1
 FECHA: Enero 2016

PLANO No. **2**
 DE **7**



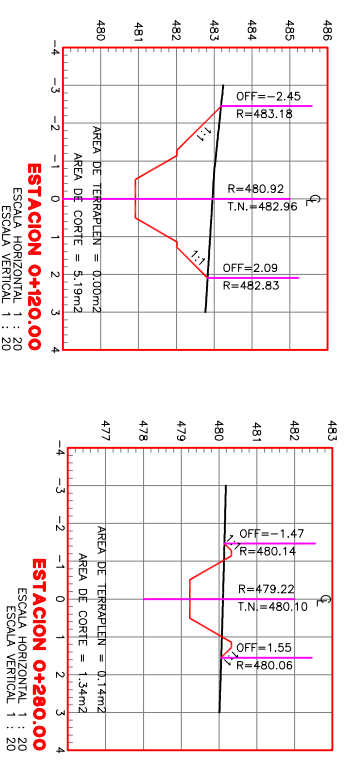
Planta Canal de Desviacion 1
 ESCALA 1 : 1400



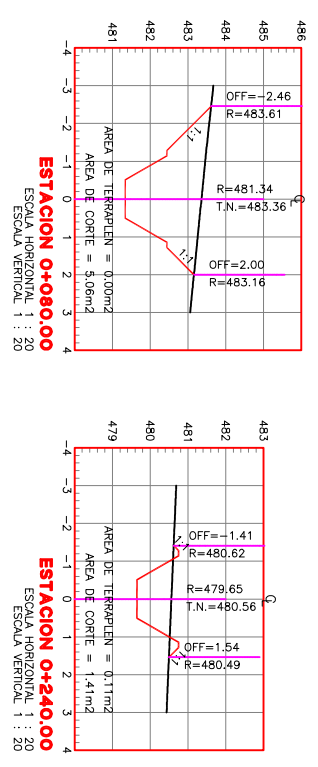
Perfil Canal de Desviacion 1
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1400
 ESCALA VERTICAL 1 : 140

TOTAL VOLUMEN CORTE = 837.34m³
 TOTAL VOLUMEN TERRAPLEN = -34.00m³

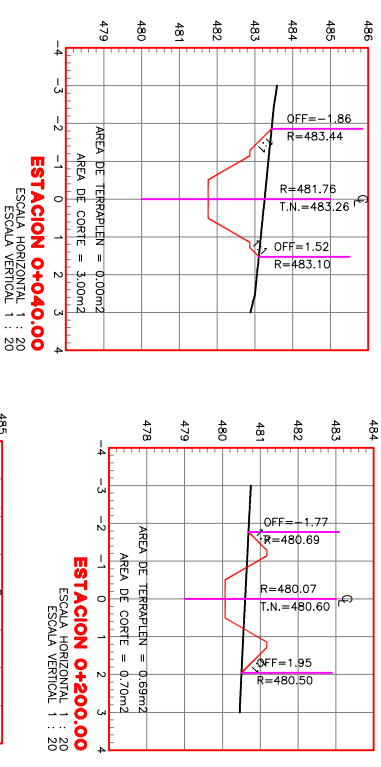
ESTACION	ELEVACION		ESPESOR		VOLUMEN	
	SUBRASANTE	TERRAPLEN	CORTE	TERRAPLEN	CORTE	TERRAPLEN
0+000.00	483.19	482.19	1.00	0.00	0.00	0.00
0+020.00	483.23	481.98	1.25	38.79	1.04	
0+040.00	483.26	481.76	1.49	52.65	0.00	
0+060.00	483.30	481.55	1.75	69.55	0.00	
0+080.00	483.36	481.34	2.02	90.14	0.00	
0+100.00	483.32	481.13	2.19	109.31	0.00	
0+120.00	482.96	480.92	2.04	110.57	0.00	
0+140.00	482.73	480.71	2.02	102.54	0.00	
0+160.00	482.32	480.49	1.83	93.11	0.00	
0+180.00	481.01	480.28	0.73	53.14	4.07	
0+200.00	480.60	480.07	0.53	17.69	10.92	
0+220.00	480.63	479.86	0.77	18.27	9.56	
0+240.00	480.56	479.65	0.91	25.33	3.85	
0+260.00	480.36	479.44	0.93	28.46	2.15	
0+280.00	480.10	479.22	0.88	27.79	2.43	
0+297.52	478.64	478.64				



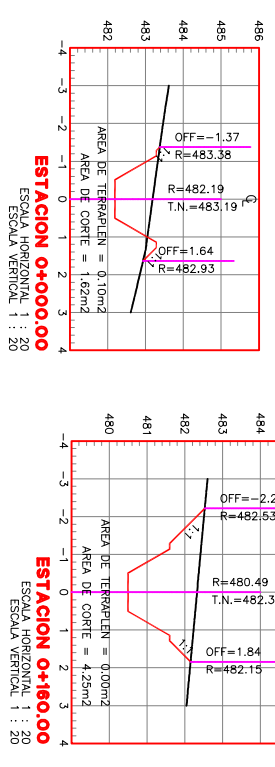
ESTACION 0+120.00
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 20
 ESCALA VERTICAL 1 : 20



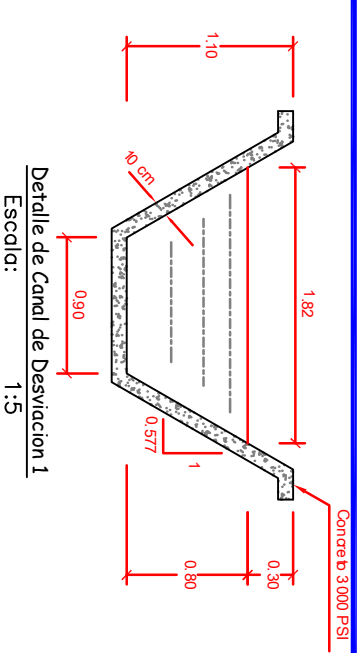
ESTACION 0+240.00
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 20
 ESCALA VERTICAL 1 : 20



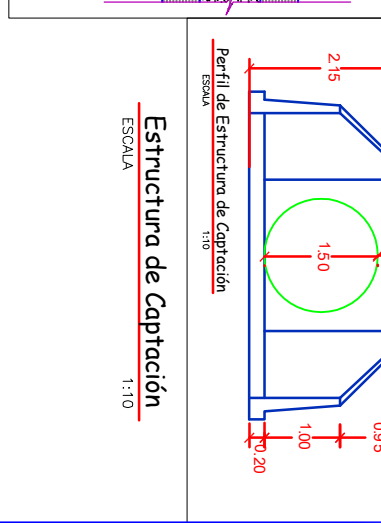
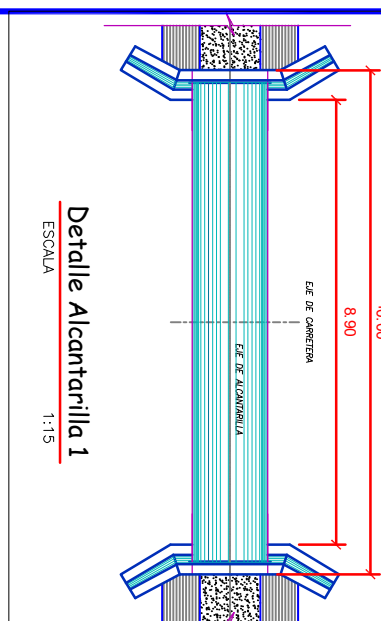
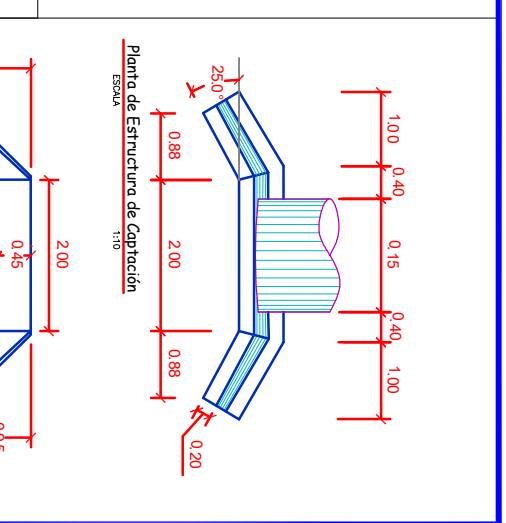
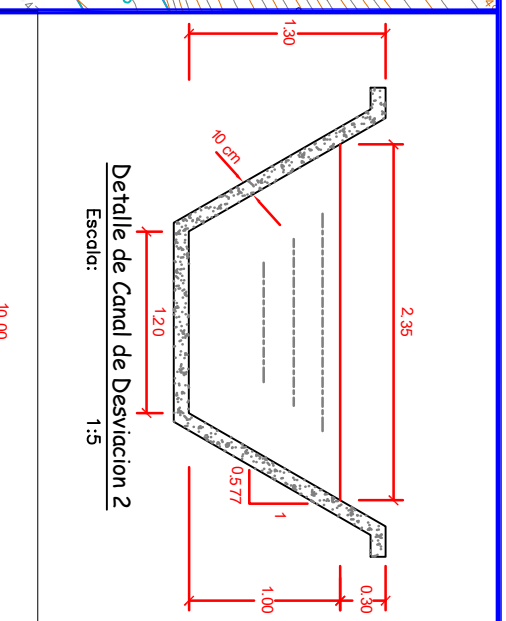
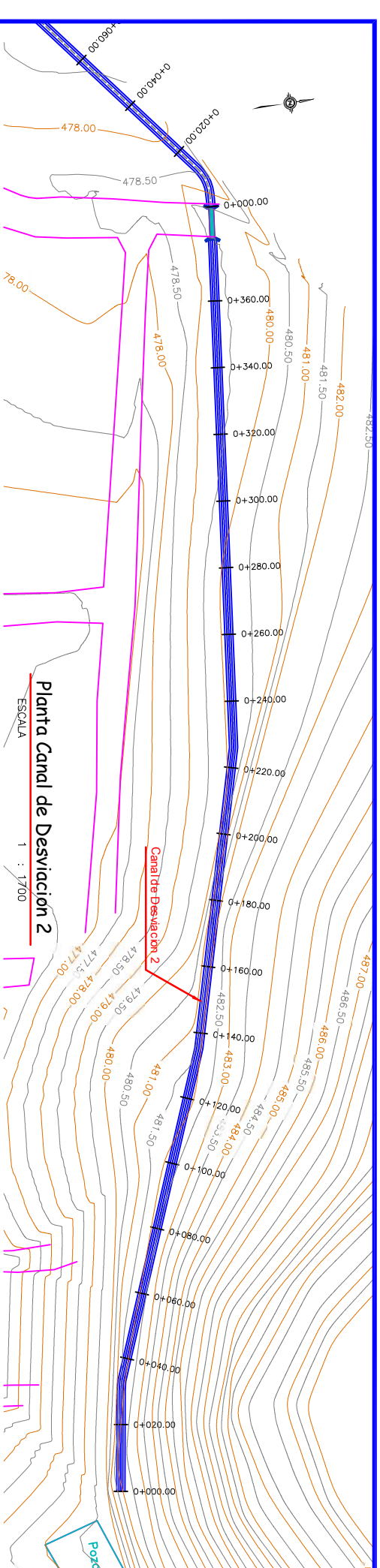
ESTACION 0+200.00
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 20
 ESCALA VERTICAL 1 : 20



ESTACION 0+180.00
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 20
 ESCALA VERTICAL 1 : 20



Detalle de Canal de Desviacion 1
 Escala: 1:5

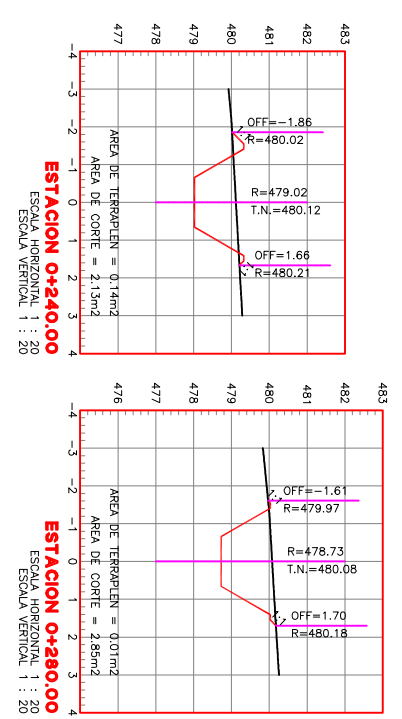
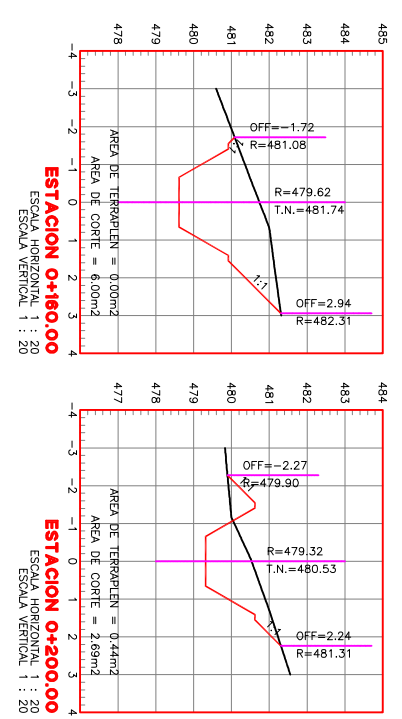
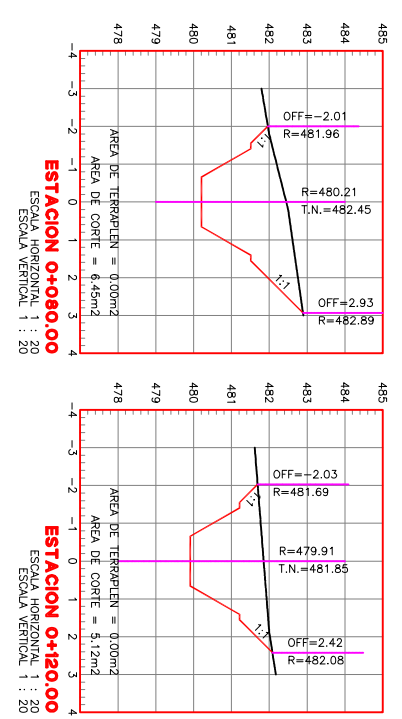
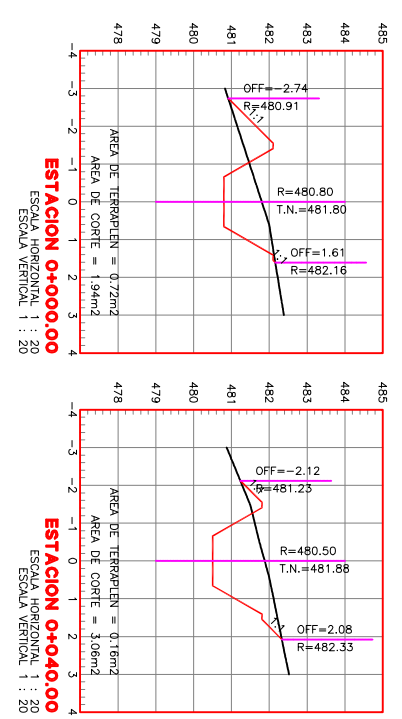


Nota: Todas las medidas están dadas en metros

ESTACION	ELEVACION		ESPESOR		VOLUMEN	
	TERRENO	SUBRASANTE	TERRAPLEN	CORTE	TERRAPLEN	CORTE
0+378.30	479.42	478.00				
0+360.00	479.34	478.14	1.20	43.93	2.47	
0+340.00	479.32	478.28	1.03	39.14	4.25	
0+320.00	479.45	478.43	1.02	41.43	3.54	
0+300.00	479.70	478.58	1.12	50.58	1.33	
0+280.00	480.08	478.73	1.35	53.95	0.41	
0+260.00	480.12	478.88	1.25	46.81	1.70	
0+240.00	480.12	479.02	1.09	39.90	4.39	
0+220.00	480.15	479.17	0.98	45.44	7.44	
0+200.00	480.53	479.32	1.21	80.78	4.55	
0+180.00	481.42	479.47	1.95	113.84	0.13	
0+160.00	481.74	479.62	2.12	113.74	0.00	
0+140.00	481.74	479.76	1.98	104.94	0.00	
0+120.00	481.85	479.91	1.94	116.06	0.00	
0+100.00	482.28	480.06	2.22	129.36	0.00	
0+080.00	482.45	480.21	2.24	113.00	0.00	
0+060.00	482.18	480.36	1.82	79.15	1.60	
0+040.00	481.88	480.50	1.37	57.88	10.85	
0+020.00	482.01	480.65	1.36	46.66	16.47	
0+000.00	481.80	480.80	1.00	0.00	0.00	

Perfil Canal de Desviación 2-Tramo 1
ESCALA HORIZONTAL 1 : 20
ESCALA VERTICAL 1 : 1700

TOTAL VOLUMEN CORTE = 1,316.59m³
TOTAL VOLUMEN TERRAPLEN = -59.13m³



PRESENTADO POR:

- SAUL ANTONIO CARDOZA URRUTIA
- LUIS MIGUEL GARCIA SUAZO

PROYECTO:

REDISEÑO DE RED DE DRENAJE PLUVIAL DE LOS BARRIOS
VILLA LIBERTAD Y ESTELÍ DEL MUNICIPIO SAN ISIDRO

UBICACIÓN:

ZONA NORESTE DEL MUNICIPIO
DE SAN ISIDRO, MATAGALPA

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL DE CANAL DE DESVIACION 2 - TRAMO 1

FECHA: Enero 2016

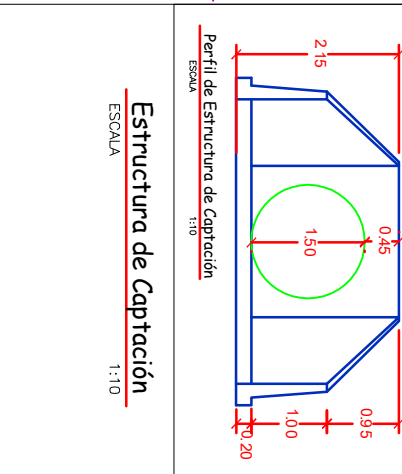
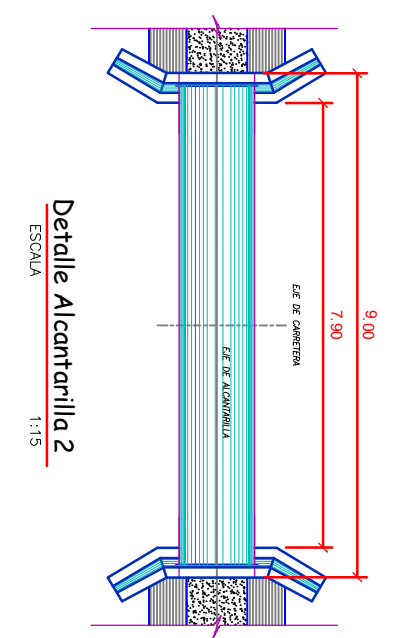
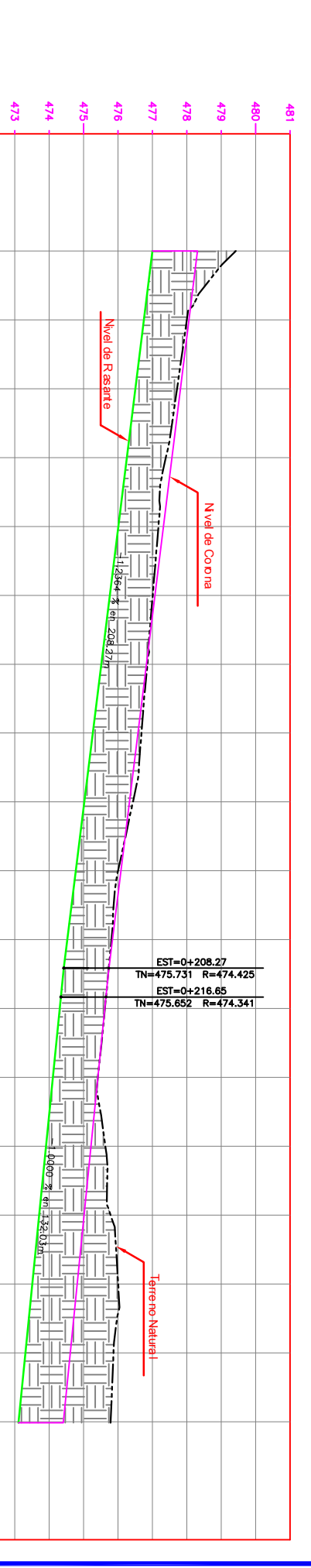
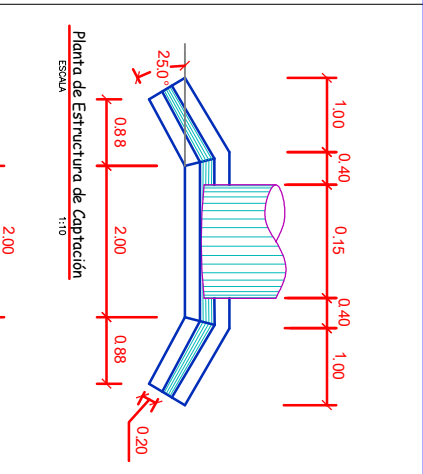
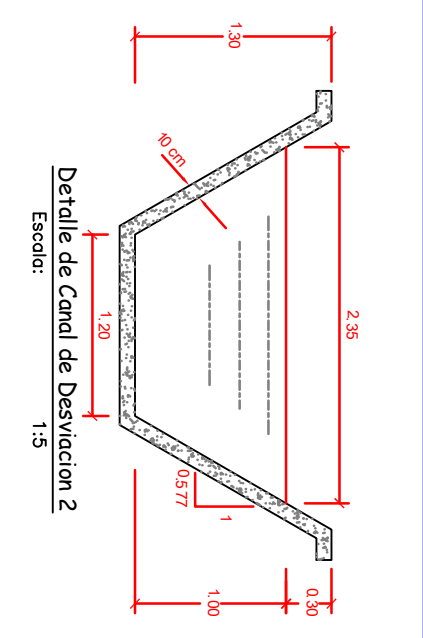
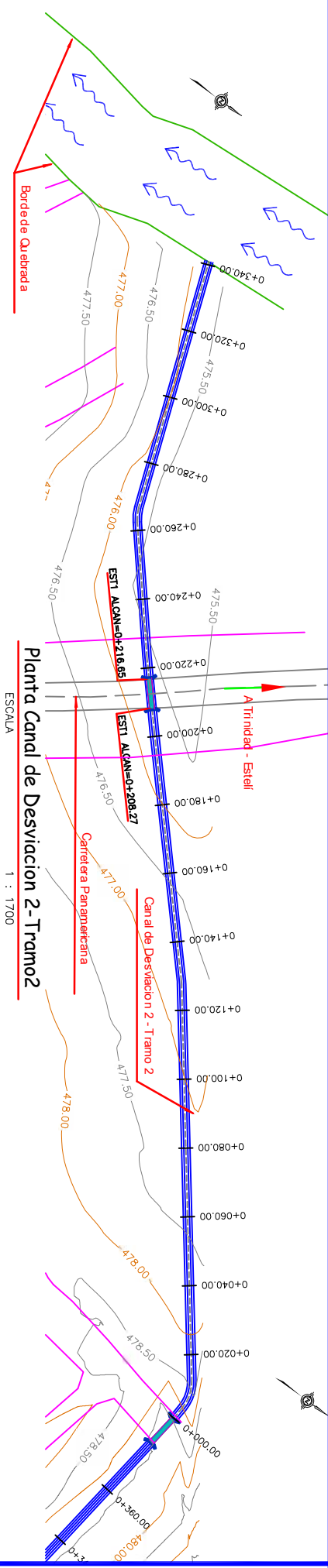
ESCALA: Indicada

PLANO No.

3

DE

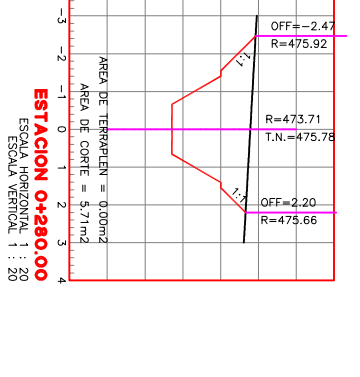
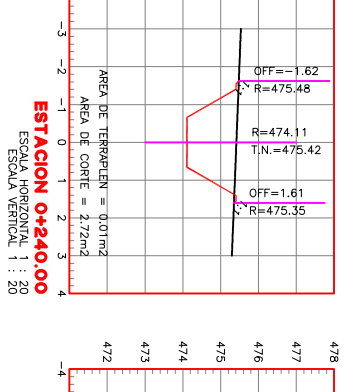
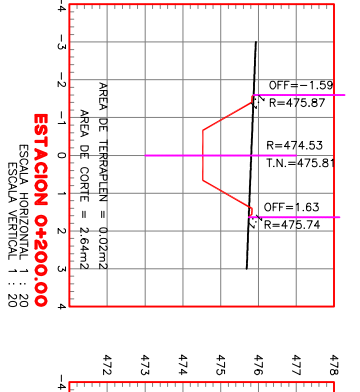
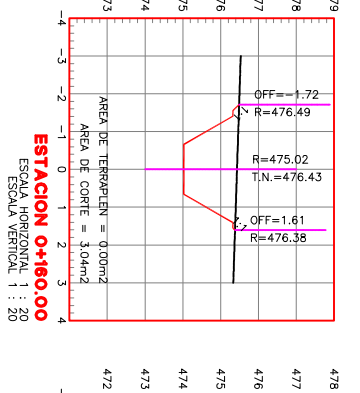
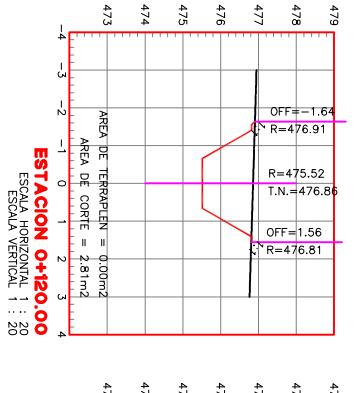
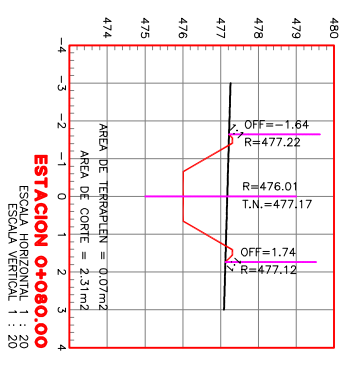
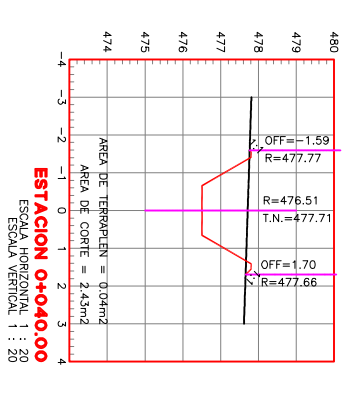
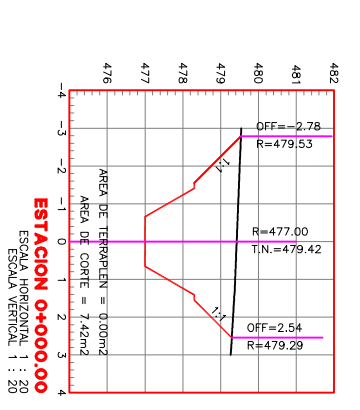
7



ESTACION	ELEVACION		ESPESOR		VOLUMEN	
	TERRAPLEN	SUBRASANTE	TERRAPLEN	CORTE	TERRAPLEN	CORTE
0+000.00	479.42	477.00	2.42		0.00	0.00
0+020.00	478.00	476.75	1.25		99.56	0.24
0+040.00	477.71	476.51	1.21		49.68	0.67
0+060.00	477.39	476.26	1.13		46.63	1.37
0+080.00	477.17	476.01	1.16		45.41	1.65
0+100.00	477.01	475.76	1.24		48.40	0.96
0+120.00	476.86	475.52	1.34		53.41	0.25
0+140.00	476.68	475.27	1.41		58.60	0.01
0+160.00	476.43	475.02	1.41		60.88	0.00
0+180.00	476.00	474.77	1.23		55.29	0.33
0+200.00	475.81	474.53	1.28		51.26	0.49
0+220.00	475.62	474.31	1.31		53.74	0.25
0+240.00	475.42	474.11	1.31		54.54	0.18
0+260.00	475.63	473.91	1.73		69.15	0.09
0+280.00	475.78	473.71	2.08		99.06	0.00
0+300.00	476.00	473.51	2.50		135.63	0.00
0+320.00	475.87	473.31	2.56		160.59	0.00
0+340.00	475.79	473.11	2.68		159.70	0.00

Perfil Canal de Desviación 2 - Tramo 2
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 20
 ESCALA VERTICAL 1 : 1700

TOTAL VOLUMEN CORTE = 1,301.53m³
 TOTAL VOLUMEN TERRAPLEN = -6.49m³



PRESENTADO POR:

- SAUL ANTONIO CARDOZA URRUTIA
 - LUIS MIGUEL GARCIA SUAZO

PROYECTO:

REDISEÑO DE RED DE DRENAJE PLUVIAL DE LOS BARRIOS
 VILLA LIBERTAD Y ESTELÍ DEL MUNICIPIO SAN ISIDRO

UBICACIÓN:

ZONA NORESTE DEL MUNICIPIO
 DE SAN ISIDRO, MATAGALPA

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL DE CANAL DE DESVIACION 2 - TRAMO 2

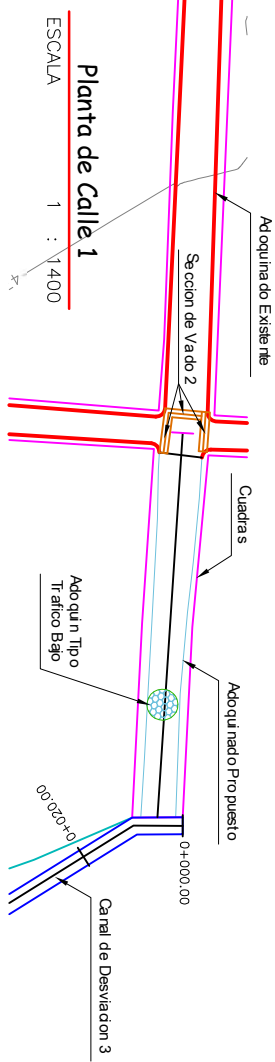
FECHA: Enero 2016

ESCALA: Indicada

PLANO No. 4

DE 7

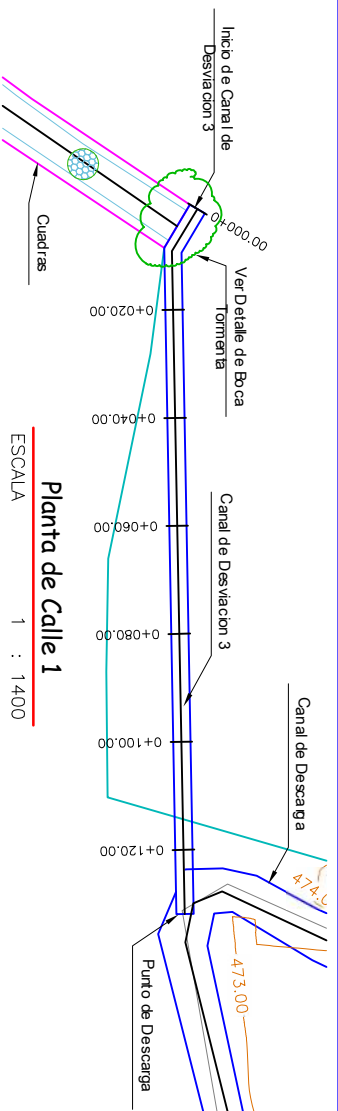
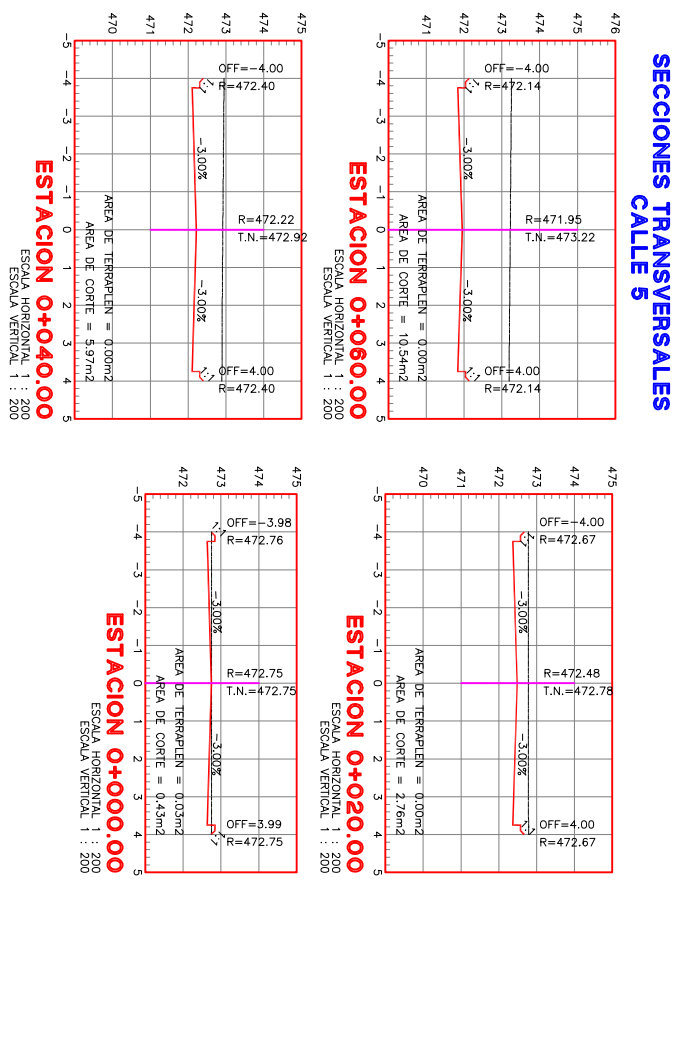
Nota: Todas las medidas estan dadas en metros



ELEVACION	ESPESOR	VOLUMEN	
		TERRAPLEN	CORTE
475		0.00	0.00
474		0.00	0.00
473		0.00	0.00
472		0.00	0.00
471		0.00	0.00
470		0.00	0.00
469		0.00	0.00
476		0.00	0.00
475		0.00	0.00
474		0.00	0.00
473		0.00	0.00
472		0.00	0.00
471		0.00	0.00
470		0.00	0.00
469		0.00	0.00
476		0.00	0.00
475		0.00	0.00
474		0.00	0.00
473		0.00	0.00
472		0.00	0.00
471		0.00	0.00
470		0.00	0.00
469		0.00	0.00

PERFIL CALLE 5
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1400
 ESCALA VERTICAL 1 : 140

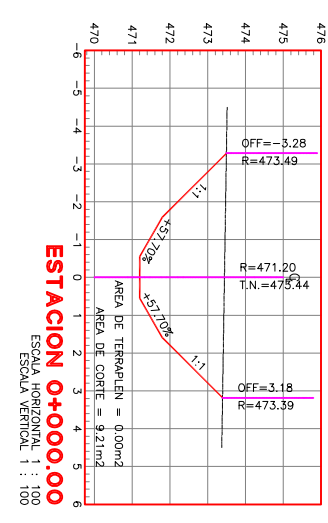
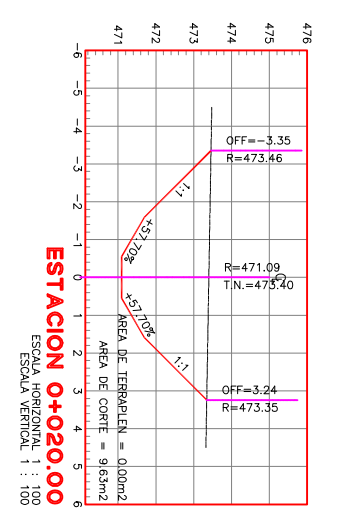
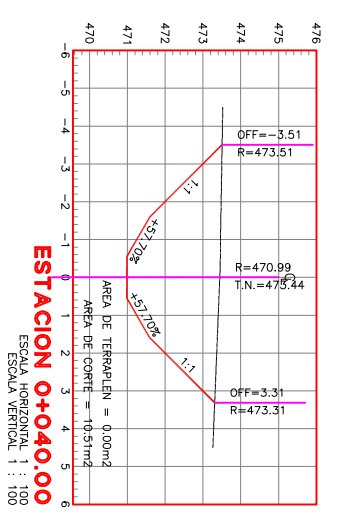
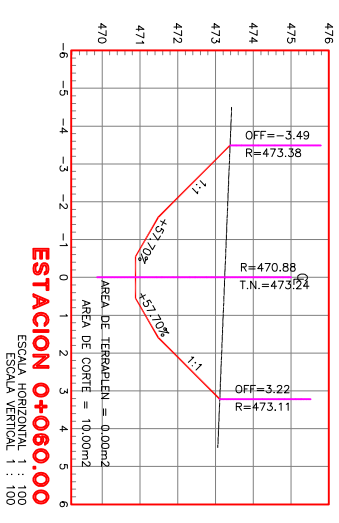
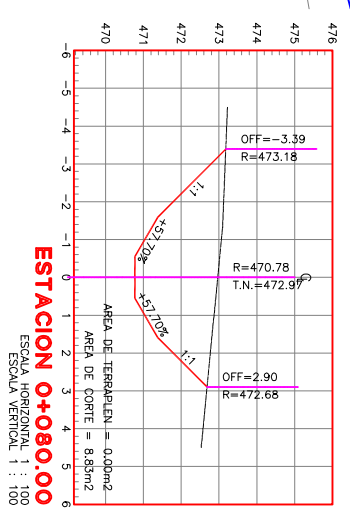
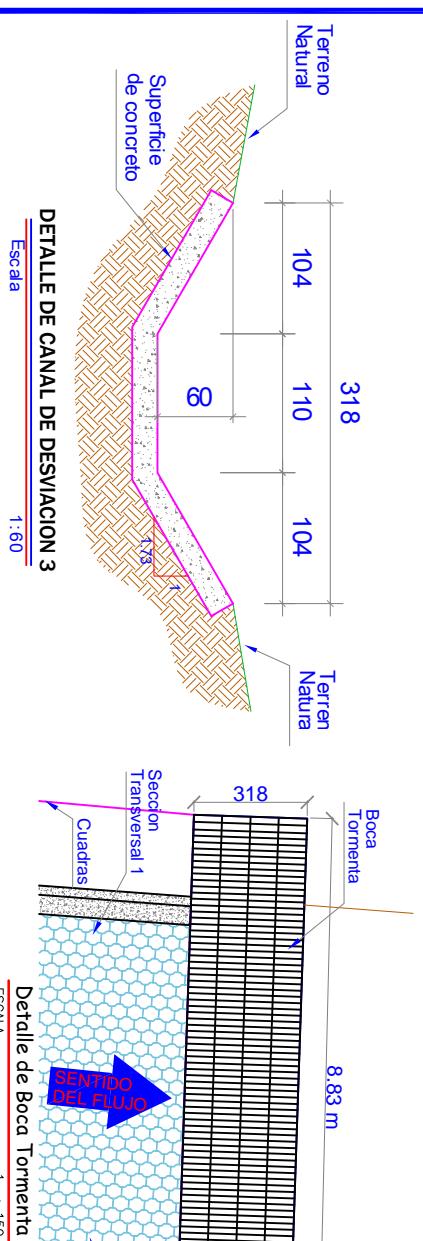
TOTAL VOLUMEN CORTE = 284.32m³
 TOTAL VOLUMEN TERRAPLEN = -0.33m³



ELEVACION	ESPESOR	VOLUMEN	
		TERRAPLEN	CORTE
476		0.00	0.00
475		0.00	0.00
474		0.00	0.00
473		0.00	0.00
472		0.00	0.00
471		0.00	0.00
470		0.00	0.00
469		0.00	0.00
476		0.00	0.00
475		0.00	0.00
474		0.00	0.00
473		0.00	0.00
472		0.00	0.00
471		0.00	0.00
470		0.00	0.00
469		0.00	0.00

Perfil de Canal de Desviacion 3
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1400
 ESCALA VERTICAL 1 : 140

TOTAL VOLUMEN CORTE = 1,077.15m³
 TOTAL VOLUMEN TERRAPLEN = 0.00m³



PRESENTADO POR:
 - SAUL ANTONIO CARDOZA URRUTIA
 - LUIS MIGUEL GARCIA SUAZO

PROYECTO:
 REDISEÑO DE RED DE DRENAJE PLUVIAL DE LOS BARRIOS
 VILLA LIBERTAD Y ESTELÍ DEL MUNICIPIO SAN ISIDRO

UBICACIÓN:
 ZONA NORESTE DEL MUNICIPIO
 DE SAN ISIDRO, MATAGALPA

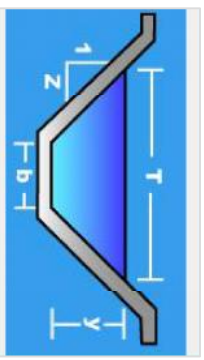
CONTENIDO:
 PLANTA PERFIL DE CALLE 5 Y CANAL DE DESVIACION 3

FECHA: Enero 2016

ESCALA: Indicada

PLANO No. 7

DE 7



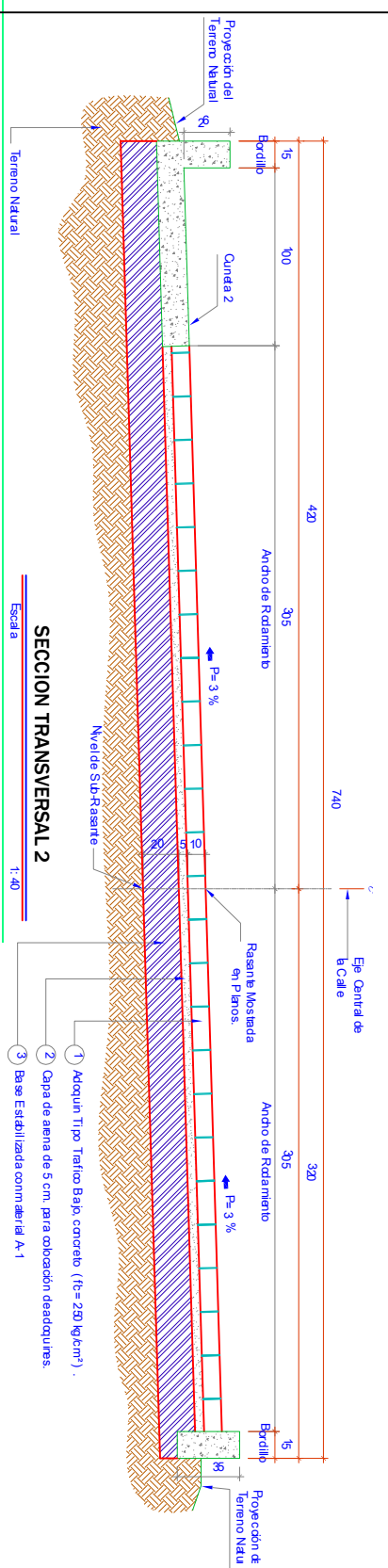
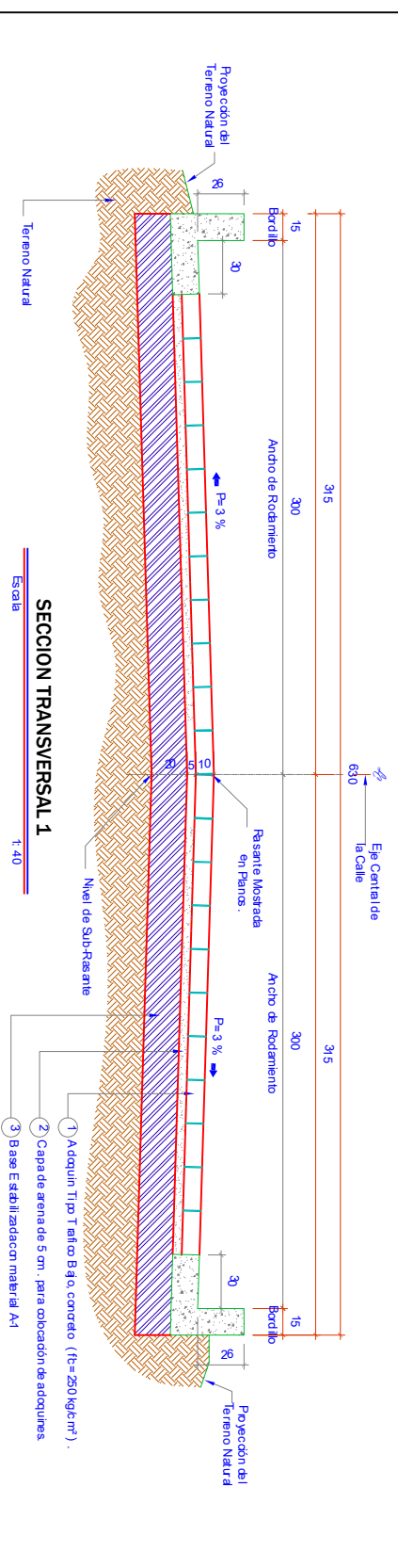
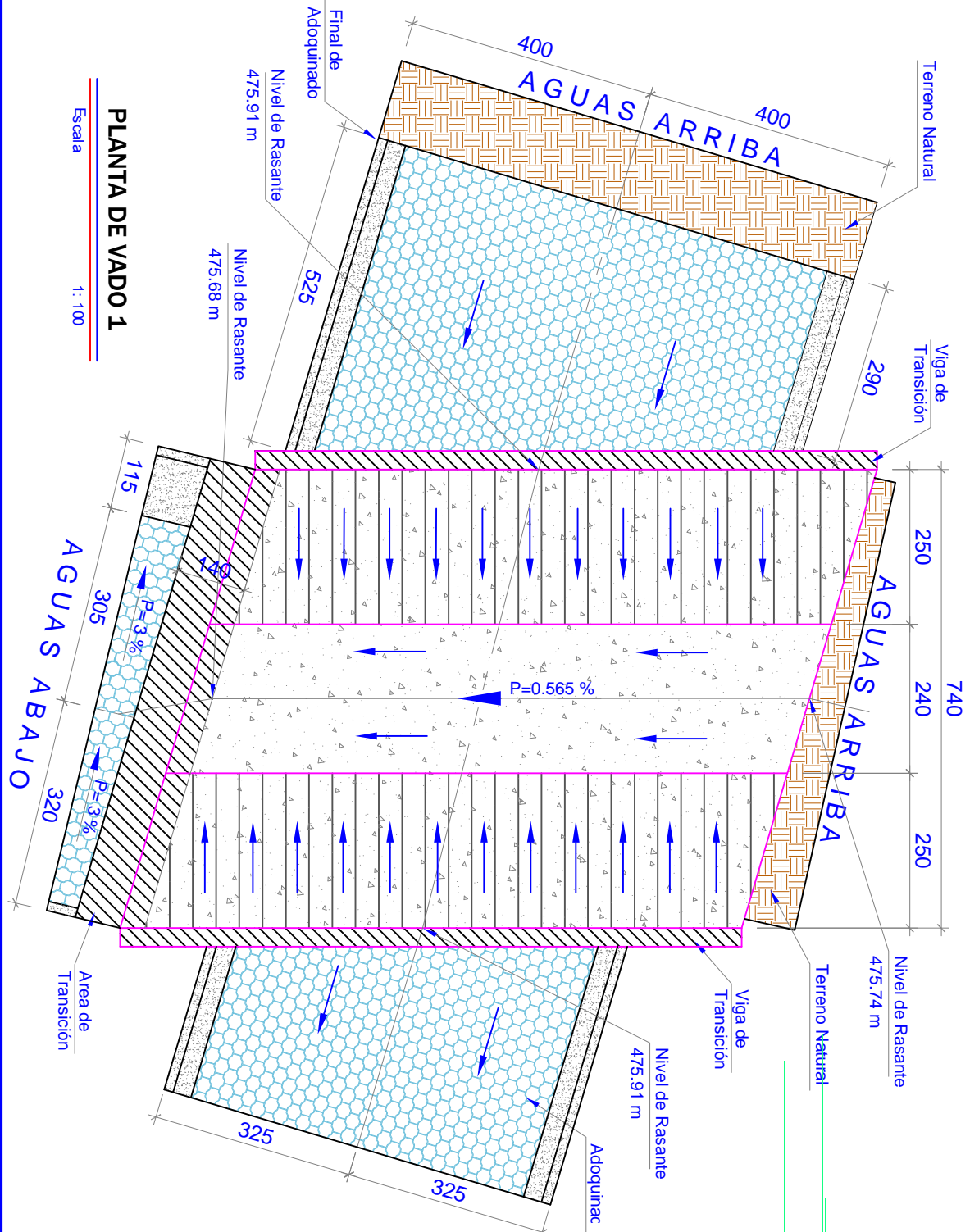
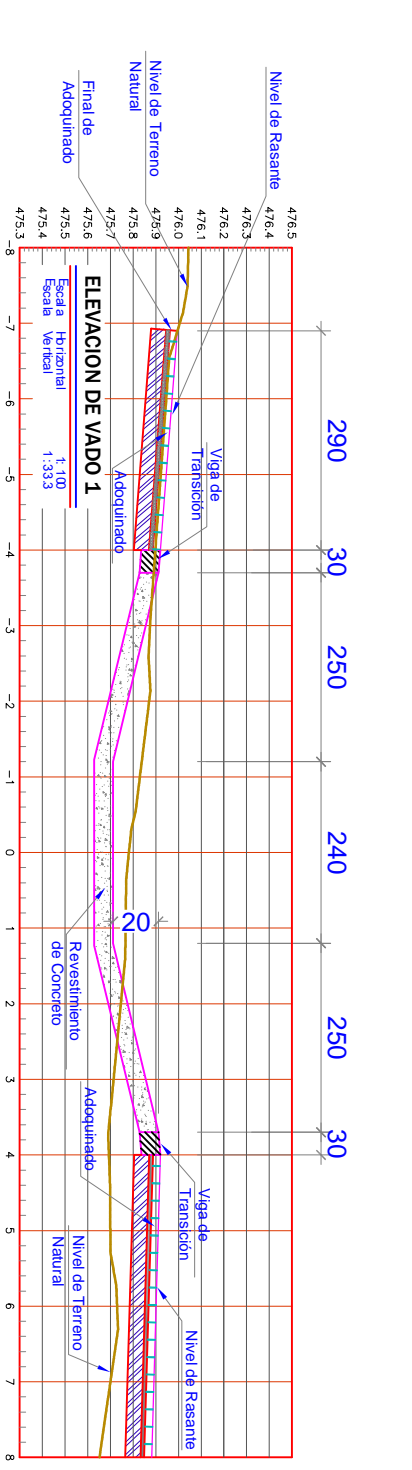
Datos:

Caudal (Q):	1.457	m ³ /s
Tranque (V):	0.2	m
Talud (Z):	12.5	
Rugosidad (n):	0.013	
Pendiente (S):	0.00565	m/m

Resultados:

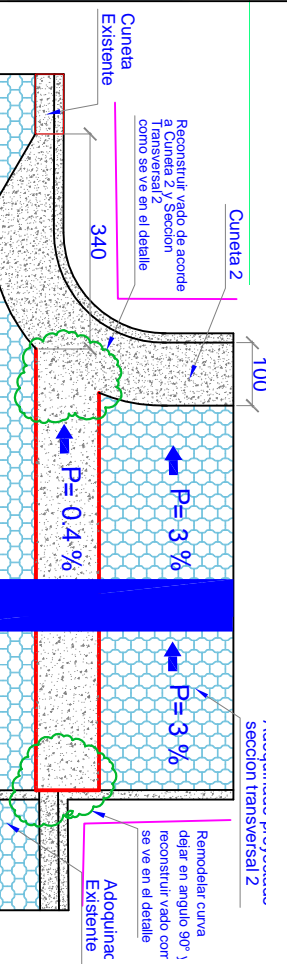
Ancho de solera (b):	2.3644	m
Area hidraulica (A):	0.9729	m ²
Espajo de agua (T):	7.3644	m
Numero de Froude (F):	1.3155	
Tipo de flujo:	Supercritico	

Perimetro (p):	7.3804	m
Radio hidraulico (R):	0.1318	m
Velocidad (V):	1.4976	m/s
Energia especifica (E):	0.3143	m-Kg/Kg



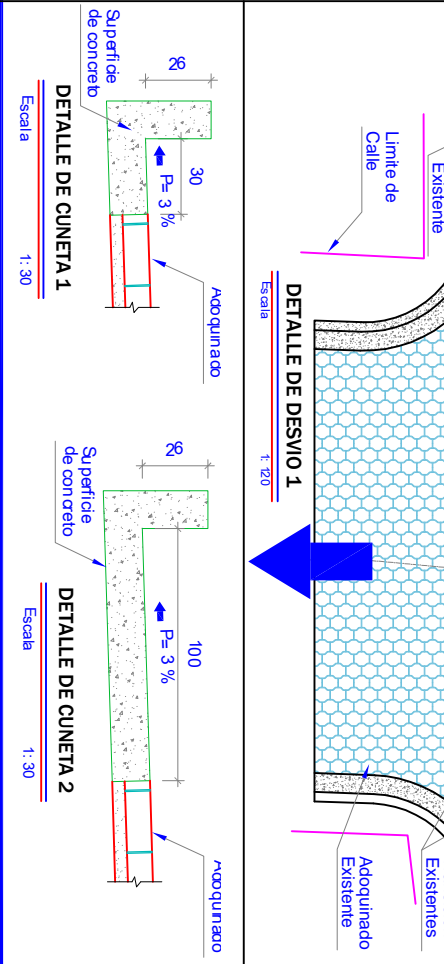
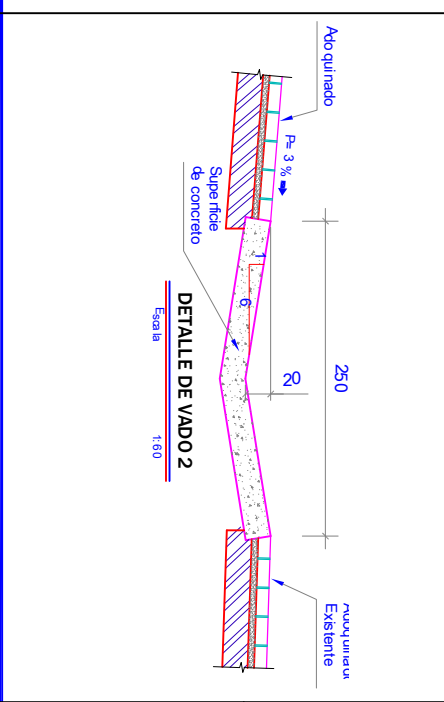
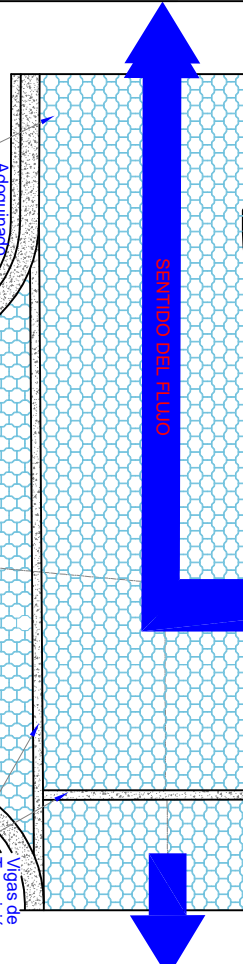
Datos:

Caudal (Q):	0.3385	m ³ /s
Ancho de solera (b):	0	m
Talud (Z):	6	
Rugosidad (n):	0.013	
Pendiente (S):	0.006	m/m



Resultados:

Tranque normal (V):	0.2079	m
Area hidraulica (A):	0.2593	m ²
Espajo de agua (T):	2.4948	m
Numero de Froude (F):	1.2926	
Tipo de flujo:	Supercritico	



PRESENTADO POR:
- SAUL ANTONIO CARDOZA URRUTIA
- LUIS MIGUEL GARCIA SUAZO

PROYECTO:
REDISEÑO DE RED DE DRENAJE PLUVIAL DE LOS BARRIOS
VILLA LIBERTAD Y ESTELÍ DEL MUNICIPIO SAN ISIDRO

UBICACIÓN:
ZONA NORESTE DEL MUNICIPIO
DE SAN ISIDRO, MATAGALPA

CONTENIDO:
PLANO DE DETALLES HIDRAULICOS

PLANO No.	6
DE	7

FECHA: Enero del 2016
ESCALA: Indicada