



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA

RECINTO UNIVERSITARIO RUBÉN DARÍO

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN



MONOGRAFÍA PARA OPTAR AL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

TEMA:

DISEÑO DE UN CANAL DE 1KM DE LONGITUD, UBICADO EN EL KM 9.5 DE LA CARRETERA NORTE, CONTIGUO AL HOTEL CAMINO REAL, DEL DISTRITO VI DE LA CIUDAD DE MANAGUA.

AUTORES:

BR. BLANDÓN DUARTE JOSÉ ESTEBAN

BR. MONZÓN TALAVERA JOSÉ NELSON

TUTOR:

DR. VÍCTOR ROGELIO TIRADO PICADO.

ASESOR METODOLÓGICO:

ING. SERGIO RAMIREZ LANZAS

ASESOR TÉCNICO

ING. OSWALDO BALMACEDA

MANAGUA, NOVIEMBRE 2015



I. DEDICATORIA

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado la fortaleza para continuar adelante, para perseverar en este camino; por ello, con toda la humildad que de mi corazón puede emanar, dedico primeramente mi trabajo a Dios padre eterno.

De igual forma, dedico esta monografía a mis padres por ser el pilar más importante y por demostrarme su cariño y apoyo incondicional, lo cual me ayudo a salir adelante en los momentos más difíciles de mi vida:

José Félix Blandón Soza

Alicia del Carmen Duarte Tenorio

A mi hermana que siempre estuvo junto a mi brindándome su apoyo, muchas veces haciendo el papel de madre, por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuesta a escucharme y ayudarme en todo momento. **Iveth Auxiliadora Blandón Duarte.**

A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir buenos momento y malos.

A mis amigos cuando comencé la universidad que han sido buenas personas especiales que me ayudaron mucho en este caminar de mi carrera.

A los docentes del departamento de construcción de la **Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-MANAGUA)**, que han propiciado, la siembra de la ciencia, el cultivo del humanitarismo, gracias por su tiempo, su apoyo así como la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

BRS. JOSÉ ESTEBAN BLANDON DUARTE



DEDICATORIA

A nuestro padre celestial y Dios nuestro:

Por haberme dado la bendición de una familia, de un hogar y la sabiduría necesaria para llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis metas y expectativas, además de su infinita bondad y amor para mí y mi familia.

A mis Padres, José Félix Monzón Zamora y Juana María Talavera González:

Con mucho amor y cariño, primeramente por haberme dado la vida y estar conmigo en todo momento; por sus consejos, sus valores, su motivación constante y por cultivar e inculcar en mí los valores que han hecho de mí una persona de bien. Gracias mamá y papá por darme una carrera para mi futuro y por creer en mí; aunque hemos pasado momentos difíciles siempre han estado apoyándome y brindándome todo apoyo y su amor. Los quiero con todo mi corazón y este trabajo es para ustedes, por haber sido los principales pilares de mi formación académica, infinitamente gracias.

A mis familiares:

A todos mis hermanos y hermanas y de manera muy especial a la memoria de mi hermana mayor **Cándida Rosa Monzón Talavera**, quien durante todo el tiempo que estuvo con nosotros me demostró su apoyo incondicional y que se, le hubiese dado mucho gusto estar a mi lado en este momento tan importante de mi vida.

A la Universidad:

A la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-M) y en especial a la Facultad de Ciencias e Ingeniería por permitirme ser parte de una generación de triunfadores y de gran importancia para el desarrollo del país.

BRS. JOSÉ NELSON MONZÓN TALAVERA



II. AGRADECIMIENTO

Primordialmente queremos agradecer a Dios por darnos la fuerza necesaria en los momentos en que más lo necesitamos y bendecirnos con la gracia de caminar a nuestro lado durante toda nuestra vida y sobre todo por habernos dado la gracia de culminar nuestra preparación académica de manera exitosa.

Queremos dar las gracias a todos los docentes que nos ayudaron y apoyaron en nuestro crecimiento personal y profesional a lo largo de nuestra carrera, que hicieron de nosotros mejores personas y quienes con sus sabios consejos y dedicación contribuyeron en nuestra formación profesional.

De igual forma queremos agradecer a nuestro Asesor metodológico, Ing. Sergio Ramírez y nuestro asesor técnico Ing. Oswaldo Balmaceda, quienes con sus consejos, ayuda desinteresada, conocimiento y principalmente por el tiempo dedicado en la revisión de nuestro trabajo nos ayudaron en la culminación del mismo.

No podemos dejar de agradecer a todas aquellas personas e instituciones, que de una u otra manera nos ayudaron y apoyaron en la realización de nuestro trabajo monográfico.

*BRS. JOSÉ ESTEBAN BLANDON DUARTE
BRS. JOSÉ NELSON MONZÓN TALAVERA*



III. LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Vista isométrica de una transición en un canal
- Figura 2.** Vista en Planta de una Transición
- Figura.3** Diferentes tamaños de mallas
- Figura 4:** Elementos de una curva
- Figura 5:** Macro localización de área de estudio.
- Figura 6.** Departamento de Managua.
- Figura 7.** Micro localización del área del proyecto.
- Figura 8.** Recorrido de Cauces
- Figura 9:** Ubicación de la Cuenca en estudio.
- Figura 10:** Sección transversal del canal
- Figura 11.** Sección transversal del canal
- Figura 12:** Secciones Transversales generadas en HEC-RAS
- Figura 13:** Datos de Caudal Constante
- Figura 14:** Condiciones de Entorno del cauce natural en estudio.
- Figura15:** Análisis de Flujo Constante
- Figura 16:** Perfil de flujo en condiciones normales del cauce.
- Figura 17:** Sección transversal del cauce en condiciones normales.
- Figura 18:** Representación de la llanura de inundaciones cauce en condiciones
- Figura 19:** Representación de la sección transversal del canal.
- Figura 20:** Perfil de flujo del canal rectangular en estudio.
- Figura 21:** Fotos tomadas en el levantamiento topográfico del cauce natural en estudio.
- Figura 22:** Fotos tomadas en el levantamiento topográfico del cauce natural en estudio.
- Figura 23:** Fotos tomadas en el levantamiento topográfico del cauce natural en estudio.
- Figura 24:** Fotos tomadas en el levantamiento topográfico del cauce natural en estudio.
- Figura 25:** Fotos tomadas en el levantamiento topográfico del cauce natural en estudio.
- Figura 26:** Fotos tomadas en el levantamiento topográfico del cauce natural en estudio.
- Figura 27:** Fotos tomadas en el levantamiento topográfico del cauce natural en estudio.
- Figura 28:** Fotos tomadas en el levantamiento topográfico del cauce natural en estudio.
- Figura 29:** Curvas IDF estación Aeropuerto con TR=50 años
- Figura 30:** Sección transversal hidráulica del canal
- Figura 32:** Comportamiento de la velocidad del flujo en el cauce natural
- Figura 33:** Comportamiento del cauce natural para el periodo de 50 años.
- Figura 34:** Resultados de parámetros hidráulicos del canal.
- Figura 35:** Comportamiento de la velocidad del flujo en el cauce natural
- Figura 36:** Vista del canal en 3D
- Figura 37:** Resultados de parámetros hidráulicos del canal.



IV. LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Curva Granulométrica.

Tabla 2: Valores de rugosidad “n” de Manning.

Tabla 3: Pendientes laterales en canales según tipo de suelo.

Tabla 4: Velocidades máximas y mínimas permisibles en canales.

Tabla 5: Borde libre en función de la plantilla del canal.

Tabla 6: Radio mínimo en función al caudal.

Tabla 7: Radio mínimo en canales abiertos en función del espejo de agua.

Tabla 8: Relación plantilla vs tirante para, máxima eficiencia, mínima infiltración y el promedio de ambas.

Tabla 9: Relaciones Geométricas de las Secciones Transversales más frecuentes.

Tabla 10: Extensión Territorial y Población 2011 del Distrito VI.

Tabla 11: Operacionalización de las variables.

Tabla 12: Ubicación de los sondeos manuales.

Tabla 13: Pesos Retenidos Parciales de cada muestra de suelo húmedo.

Tabla 14: Pesos Retenidos Parciales de cada muestra de suelo seco lavado.

Tabla 15: Material Retenido Húmedo en el Tamiz No. 4.

Tabla 16: Material Seco lavado que Pasa por el Tamiz No. 4.

Tabla 17: Curva granulométrica de Muestra No.1.

Tabla 18: Porcentajes que pasan por el Tamiz de cada muestra de suelo seco lavado.

Tabla 19: Parámetros obtenidos de la curva granulométrica de cada muestra,

Tabla 20: Resultado de la clasificación del suelo.

Tabla 21: Datos de intensidades de precipitación en orden decreciente, periodo 1971-2011 para la estación Aeropuerto Augusto C. Sandino, Managua.

Tabla 22: Datos de los cálculos de la media aritmética y desviación estándar.

Tabla 23: Datos de cálculo de periodo de retorno y la probabilidad empírica periodo 1971-2011.

Tabla 24: Delta crítico.

Tabla 25: Comparación entre Máx. y crítico.

Tabla 26: Datos para graficar las Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia. Managua.

Tabla 27: Parámetros utilizados para el cálculo del caudal de diseño aplicando el Método Racional.

Tabla 28: Diseño Hidráulico del canal por Máxima Eficiencia. **Tabla**

29: Elementos geométricos de curvas horizontales del canal. **Tabla 30:**

Parámetros de entrada para simulación del cauce en estudio.

Tabla 31: Resultados de la simulación del cauce en condiciones normales de la estación 0+0160m.

Tabla 32: Resultados de elementos hidráulicos del canal diseñado.



Tabla 33: Resultados de la modelación hidráulica del canal.

Tabla 34: Resultados del análisis granulométrico de muestra No.2 Línea Central sondeo No.1.

Tabla 35: Resultados del análisis granulométrico de la muestra No.3 BD. Sondeo No.1.

Tabla 36: Resultados del análisis granulométrico de la muestra No.4 BD. Sondeo No.2

Tabla 37: Resultados del análisis granulométrico de la muestra No.5 Línea central Sondeo No.2

Tabla 38: Resultados del análisis granulométrico de la muestra No.6 BI Sondeo No.2

Tabla 39: Resultados del análisis granulométrico de la muestra No.7 BD Sondeo No.3

Tabla 40: Resultados del análisis granulométrico de la muestra No.8 Lc Sondeo No.3

Tabla 41: Resultados del análisis granulométrico de la muestra No.9 BI Sondeo No.3

Tabla 42: Resultados del análisis granulométrico de la muestra No.10 BI Sondeo No.4

Tabla 43: Resultados del análisis granulométrico de la muestra No.11 Lc Sondeo No.4

Tabla 44: Resultados del análisis granulométrico de la muestra No.12 BD Sondeo No.4

Tabla 45: Intensidades máximas anuales de precipitación, periodo 1971-2011. Estación: Aeropuerto Internacional, Managua.

Tabla 46: Datos para una lluvia de 5 min de duración, con una distribución teórica $d=5\text{min}$; $\sigma=0.0854$ y $\mu=117.924$. Desviación máxima.

Tabla 47: Datos para una lluvia de 10min de duración, con una distribución teórica $d=10\text{min}$; $\sigma=0.1225$ y $\mu=105.0088$. Desviación máxima.

Tabla 48: Datos para una lluvia de 15min de duración, con una distribución teórica $d=15\text{min}$; $\sigma=$ y $\mu=$. Desviación máxima.

Tabla 49: Datos para una lluvia de 30min de duración, con una distribución teórica $d=30\text{min}$; $\sigma=$ y $\mu=$. Desviación máxima.

Tabla 50: Datos para una lluvia de 60min de duración, con una distribución teórica $d=60\text{min}$; $\sigma=$ y $\mu=$. Desviación máxima.

Tabla 51: Datos para una lluvia de 120min de duración, con una distribución teórica $d=120\text{min}$; $\sigma=$ y $\mu=$. Desviación máxima.

Tabla 52: Parámetros para determinar coeficiente de escorrentía.

Tabla 53: Resultados del Diseño Hidráulico del canal por Máxima Eficiencia.

Tabla 54: Elementos reales del Diseño Hidráulico del canal por Máxima Eficiencia

Tabla 55: Resultados de parámetros hidráulicos del canal.

Tabla 56: Resultados de parámetros hidráulicos del canal.

Tabla 57: Costos de algunos materiales utilizados en el revestimiento del canal



V. RESUMEN

El presente trabajo consiste en la realización del diseño de un canal rectangular en el distrito seis de la ciudad de Managua, basados en las normativas y criterios estipulados para el diseño de canales pluviales. Con el diseño de este canal se pretende minimizar las diversas enfermedades ocasionadas por el estancamiento de las aguas en el cauce existente.

El desarrollo del presente trabajo se realizó siguiendo primeramente los parámetros planteados en el diseño metodológico, luego se realizó el levantamiento Topográfico, con el cual se elaboraron los planos; topográfico, curvas de nivel, perfil longitudinal, entre otros. Seguidamente se efectuó un estudio de suelo en el cual se realizaron sondeos manuales tomándose un total de doce muestras, las cuales se analizaron en el laboratorio a través del análisis granulométrico, del cual se encontró que el 42% resultó ser arena mal graduada, 33% como arena bien graduada y el 25% corresponde a gravas bien graduadas.

Se realizó un estudio hidrológico para determinar los caudales máximos asociados a diferentes períodos de retorno, para ello se determinó primeramente las intensidades máximas en mm/min, con estas intensidades y las duraciones en minutos se construyeron las Curvas de Intensidad De Frecuencias (IDF), del gráfico se obtuvo una intensidad máxima (Imax.) para un tiempo de concentración (Tc). Con esta intensidad (Imax.), el coeficiente de rugosidad (C) y el área (A), se calculó el caudal de diseño utilizando para ello la ecuación definida por el Método Racional. Con el caudal (Q), la pendiente (S) y la n de maning del concreto, se realizó la determinación de la sección óptima del canal. Con los datos geométricos e hidráulicos de la sección del canal diseñado se realizó la implementación de un modelo hidráulico unidimensional conocido como HEC-RAS (Hydraulic Engineering Center River Analys System) por sus siglas en ingles el cual ocupa la versión 4.1 para determinar la variación de los niveles de agua y las velocidades del flujo a lo largo del canal y principalmente los riesgos de inundación. Finalmente se estimaron los costos de los diferentes materiales a utilizar en el revestimiento del canal y el tiempo duración del proyecto.



VI. INDICE

I. DEDICATORIA.....	1
DEDICATORIA.....	2
II. AGRADECIMIENTO	3
III. LISTA DE FIGURAS	4
IV. LISTA DE TABLAS	5
V. RESUMEN.....	7
VI. INDICE	8
1 CAPITULO 1. ASPECTOS GENERALES	14
1.1 INTRODUCCIÓN	14
1.2 ANTECEDENTES	15
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.4 JUSTIFICACIÓN	17
1.5 OBJETIVOS	18
1.5.1 Objetivo General	18
1.5.2 Objetivos Específicos	18
1.6 MARCO REFERENCIAL.....	19
1.6.1 Ubicación del área del proyecto	19
1.6.2 Macrolocalización del área de estudio	19
1.6.3 Microlocalización del área de trabajo.. ..	20
1.6.4 Definición de canal:	21
1.6.5 Elementos geométricos de la sección del canal	21
1.6.6 Características geométricas e hidráulicas de un canal	22
1.6.7 Tipos de flujo en canales	22
1.7 Definición de transición	23
1.7.1 Diseño simplificado de transiciones (transición recta)	24
1.7.2 Cálculo de la longitud de la transición	24
1.8 Aspectos Topográficos.....	25
1.8.1 Metodología utilizada.....	25
1.9 Aspectos de Suelo	25



1.9.1	Métodos de reconocimiento del subsuelo	25
1.9.2	Sondeos:	26
1.9.3	Ensayos de laboratorio:	26
1.9.5	Clasificación de los suelos:	26
1.9.6	Métodos de análisis granulométrico.....	27
1.9.7	Granulometría por tamizado.....	27
1.9.8	Equipo:	28
1.9.9	Procedimiento:	28
1.10	Aspectos hidrológicos.....	29
1.10.1	Evaluación del caudal de diseño.	29
1.10.2	El método racional.	30
1.10.3	Coefficiente de escorrentía	30
1.11	Curvas IDF para la obtención del caudal de diseño.....	31
1.11.1	El periodo de retorno (TR).....	31
1.12	Procedimiento para el cálculo de las curvas IDF.....	32
1.13	Características de la cuenca	34
1.13.1	Área (a):.....	34
1.13.2	Longitud total del cauce (l):	34
1.13.3	Altura máxima (hmax):	34
1.13.4	Altura mínima (hmin):	34
	Pendiente del fondo del cauce (sc).....	34
1.13.5	Tiempo de concentración (tc).....	34
1.14	Aspectos hidráulicos.	35
1.14.1	Diseño de canales	35
1.14.2	Calcular las dimensiones del canal por medio de una fórmula de flujo uniforme. ...	35
1.14.3	Pendiente del canal:.....	35
1.14.4	Borde libre:.....	35
1.14.5	Criterios de diseño.....	36
1.14.6	Rugosidad.....	36
1.14.7	Velocidades máximas y mínimas permisibles.	37
1.14.8	Borde libre.....	38
1.14.9	Radios mínimos en canales	39
1.14.10	Elementos de una curva.....	40



1.15	Sección hidráulica óptima.....	41
1.16	Aspectos de HEC-RAS	43
1.16.1	Resultados de la modelación hidráulica	43
1.17	Costo y presupuesto	43
1.17.1	Costos indirectos	43
1.17.2	Costos directos	44
1.17.3	Planos y especificaciones.....	44
1.17.4	Lista de materiales.....	44
1.18	Diseño metodológico	44
1.18.1	Tipo de enfoque:.....	44
1.18.2	Tipo de estudio:	44
1.18.3	Población o universo:	45
1.18.4	Muestra:.....	45
1.18.5	Técnicas de recopilación de datos	45
1.18.6	Técnicas de análisis de datos.....	46
	Tabla10: Operacionalización de las variables.....	47
2	CAPITULO 2: JUEGO PLANOS CONSTRUCTIVOS DEL CANAL	49
2.1	Levantamiento planimétrico y levantamiento altimétrico:	49
3	CAPITULO 3: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO, PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CIMENTACIÓN DEL CANAL.	50
3.1.1	Tabla 11. Ubicación de los sondeos manuales,	
3.1.2	Tabla 12. Pesos retenidos parciales de cada muestra de suelo húmedo,	51
3.1.3	Tabla 13. Pesos retenidos parciales de cada muestra de suelo seco lavado,	52
3.1.4	Tabla 14. Material retenido húmedo en el tamiz no. 4.....	53
3.1.5	Tabla 15. Material seco lavado que pasa por el tamiz no. 4	53
3.1.6	Tabla 16. Curva granulométrica de muestra no.1,	
3.1.7	Tabla 17. Porcentajes que pasan por el tamiz de cada muestra de suelo seco lavado. 55	
3.1.8	Tabla 18. Parámetros obtenidos de la curva granulométrica de cada muestra, 56	
3.1.9	Tabla 19. Resultado de la clasificación del suelo.....	57
4	CAPITULO 4: ESTUDIO HIDROLÓGICO Y DISEÑO HIDRÁULICO DEL CANAL. 58	
4.1	Ubicación del punto de Interés.	58
4.1.1	Delimitación de la cuenca.	59



4.1.2	División de la cuenca en sub-cuencas.	59
	Pendiente del fondo del cauce (sc).	60
	Tiempo de concentración (tc).....	60
4.2	Curva intensidad duración frecuencia (IDF).....	61
4.2.1	Determinación de las intensidades máximas.....	61
4.2.2	Tabla 20: datos de intensidades de precipitación en orden decreciente, periodo 1971-2011 para la estación Aeropuerto Augusto C. Sandino, Managua.	62
4.2.3	Ajuste de los datos a la función de distribución de probabilidad de gumbell.	63
4.2.4	Tabla 21: datos de los cálculos de la media aritmética y desviación estándar. Fue.	63
4.2.5	Tabla 22. Datos del cálculo del periodo de retorno y la probabilidad empírica periodo 1971-2011.	65
4.2.6	Tabla 23. Delta crítico de smirnov kolmodorov. Fuente: blanco Chávez. M.	66
4.2.7	Tabla 24: comparación entre máx y crítico.	
4.3	Obtención de las intensidades	67
4.3.1	Tabla 25. Datos para graficar las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia. Managua, Nicaragua.	67
4.4	Obtención de la intensidad máxima para la Estación Meteorológica del Aeropuerto Augusto Cesar Sandino, Managua.	68
4.4.1	Determinación del caudal de diseño.....	68
4.4.2	Tabla 26: parámetros utilizados para el cálculo del caudal de diseño aplicando el Método Racional..	69
4.5	Diseño hidráulico del canal.....	69
4.5.1	Parámetros de diseño.....	70
4.5.2	Diseño por sección optima	70
4.5.1	Tabla 28: diseño hidráulico del canal por máxima eficiencia	73
4.5.2	Sección del canal rectangular definitivo.	73
4.5.3	Diseño geométrico.....	74
4.5.4	Tabla 28. Elementos geométricos de curvas horizontales del canal.	76
5	CAPÍTULO 5. MODELACIÓN DEL DISEÑO HIDRÁULICO DEL CANAL RECTÁNGULAR EN EL SOFTWARE HEC-RAS.....	77
5.1.1	Figura 12: secciones transversales generadas en HEC-RAS	77
5.1.1	Tabla 29: de parámetros de entrada para simulación del cauce en estudio.....	78
5.1.2	Figura 13: datos de caudal constante.....	78
5.1.3	Figura 14: condiciones de entorno del cauce natural en estudio.....	79
5.1.1	figura15: analisis de flujo constante.....	80



5.1.2	Figura 19: representación de la sección transversal del canal.....	81
5.1.3	Figura 20: perfil de flujo del canal rectangular en estudio.....	82
6	CAPITULO 6: ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DE DE LOS MATERIALES A UTILIZAR EN EL REVESTIMIENTO DEL CANAL.	84
6.1	Costos Directos	84
6.1.1	Costos indirectos	84
6.1.2	Costos indirectos de operación.....	84
6.1.3	Procedimiento metodológico para la determinación de los costos	85
6.1.4	Tabla 33: Costos de los materiales a utilizar en el revestimiento del canal.	86
6.1.5	Tabla 34: Costo total de la mano de obra del revestimiento del canal.....	87
7	CAPITULO 7: ANALISIS DE LOS RESULTADOS.....	88
7.1	RESULTADOS.....	88
8	CAPITULO 8: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	89
8.1	CONCLUSIONES	89
8.2	RECOMENDACIONES	91
8.3	BIBLIOGRAFÍA	92
ANEXOS	93
9.1	JUEGOS DE PLANOS CONSTRUCTIVOS.....	94
9.2	HOJA 1: CARATULA, MACROLOCALIZACIÓN, LOCALIZACIÓN, INDICE...95	95
9.3	HOJA 2: PLANO TOPOGRÁFICO	96
9.4	HOJA 3: CURVAS DE NIVEL.....	97
9.5	PERFIL LONGITUDINAL	97
9.6	HOJA 4: PLANTA-PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EST-0+000M A LA EST-1+000M, DETALLE DE TRANSICIÓN.	98
9.7	HOJA 5: SECCIONES TRANSVERSALES DEL CANAL.....	99
9.8	HOJA 6: SECCIÓN DEL CANAL, CABEZAL Y ALETÓN	100
9.9	ANEXO.....	101
	FOTOS CAPTURADAS DE LA TOPOGRAFÍA.....	101
	Figura 21: Fotos tomadas en el levantamiento topográfico del cauce natural en estudio...102	102
	Figura 22: Fotos tomadas en el levantamiento topográfico del cauce natural en estudio...102	102
	Figura 23: Fotos tomadas en el levantamiento topográfico del cauce natural en estudio...103	103
	Figura 24: Fotos tomadas en el levantamiento topográfico del cauce natural en estudio...103	103
	Figura 25: Fotos tomadas en el levantamiento topográfico del cauce natural en estudio...104	104
	Figura 26: Fotos tomadas en el levantamiento topográfico del cauce natural en estudio...104	104



Figura 27: Fotos tomadas en el levantamiento topográfico del cauce natural en estudio...105

9.10	ANEXO.....	106
	TABLAS DE ENSAYO DEL LABORATORIO Y TABLAS DEL ANALISIS GRANULOMÉTRICO EFECTUADO A LA MUESTRAS DE LOS SONDEOS MANUALES, TABLA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS SUCS.	106
9.10.1	Tabla 46 de clasificación de los suelos (s.u.c.s).....	118
9.11	ANEXO.....	119
	INTENSIDADES MÁXIMAS ANUALES DE PRECIPITACIÓN PARA DIFERENTES TIEMPOS DE DURACIÓN, PERIODO 1971-2011. TABLAS DE RESULTADOS DEL ESTUDIO HIDROLÓGICO. TABLA DE COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA EN FUNCIÓN DEL SUELO. GRÁFICO DE CURVAS IDF.	119
9.11.1	Tabla de coeficiente de escorrentía	132
9.12	Curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) de la estación meteorológica Aeropuerto Internacional Managua.....	133
9.13	ANEXO.....	134
	MEMORIA DE CÁLCULO DEL DISEÑO GEOMETRICO DEL CANAL, TABLAS DE RESULTADOS DEL DISEÑO, FIGURAS DE LA SECCIÓN DEFINITIVA DEL CANAL, MEMORIA DE CÁLCULO DEL DISEÑO HIDRAULICO DEL CANAL.	134
9.14	Memoria de cálculo del diseño del canal	135
9.14.1	Diseño geométrico.....	135
9.15	ANEXO.....	144
	FIGURAS EXTRAIDAS DE LA SIMULACIÓN DEL CANAL EN EL SOFTWARE HECRASS.....	144
9.16	ANEXO.....	147
	MEMORIA DE CÁLCULO DE CANTIDADES DE LOS DIFERENTES MATERIALES A UTILIZAR EN EL REVESTIMIENTO DEL CANAL.....	147
9.16.1	Cálculo de acero de sección estructural	148
9.16.2	Plantilla de canal	148
9.16.3	Bastones de plantilla.....	149



1 CAPITULO 1. ASPECTOS GENERALES

1.1 INTRODUCCIÓN

El presente trabajo trata sobre la realización del diseño de un canal rectangular de drenaje pluvial en el distrito seis de la ciudad de Managua. Este surge de la necesidad de los pobladores aledaños al cauce en estudio, debido a que en las temporadas de lluvias las aguas que son transportadas por el cauce se quedan estancadas en diversos puntos del mismo generando una serie de problemas. Dentro de estos problemas tenemos el estancamiento de las aguas que son transportadas por el cauce, generando mal olor, aspecto y una gran proliferación de mosquitos transmisores del dengue, entre otros problemas que afectan de forma directa a la población aledaña al cauce.

Para dicho diseño es indispensable una serie de parámetros y elementos los cuales se obtendrán a través de la información recopilada de diversos estudios realizados, (levantamiento topográfico, ensayos de laboratorio, cálculos etc.) con estos datos se procedió al análisis de los mismos para obtener los elementos necesarios para el diseño del canal.

Las obras a ejecutar forman parte del plan de manejo y control de los principales drenajes de aguas de lluvias que caen en el distrito seis del municipio de Managua. En general se pretende que el diseño del canal cumpla con las especificaciones y requerimientos, de tal forma que se minimicen y eviten los problemas que en la actualidad se están presentando en diversos sectores del distrito.

Ante la problemática en la deficiencia del drenaje pluvial, surge la necesidad de un sistema eficiente que garantice la evacuación de las aguas pluviales hacia una zona segura de desagüe. Como alternativa de solución a dicha problemática, en este documento se presenta el **“Diseño de un canal rectangular de drenaje pluvial para el distrito VI del municipio de Managua”**.



1.2 ANTECEDENTES

Los sistema de drenaje de Managua fueron construido hace más de 50 años, la población los llena de basura y no tienen un mantenimiento adecuado, a las calles inundadas se suma la gran cantidad de basura y el despale en la cuenca sur. La vulnerabilidad de Managua aumentará cada año, debido al crecimiento desordenado y a la falta de mantenimiento de la infraestructura pluvial, entre otros factores.

La localidad de Sabana Grande, además de estar incluida en la zona con las características antes mencionadas, intercepta la dirección del flujo, lo que aunado con las modificaciones del terreno, por la urbanización y el uso de las áreas adyacentes, la hace susceptible de efectos de inundación, con bastante frecuencia. Esta situación se agrava por la presencia, casi general, de basura en todos los elementos del sistema de drenaje pluvial; en algunos casos de cauces, la basura obstaculiza el paso del agua, provocando el desbordamiento/rebosamiento de la conducción normal y daños en estructuras.

Otra constante en las áreas que circundan los cauces es la presencia de población y viviendas en las márgenes y a veces en el propio curso de los cauces.

En las intersecciones entre las calles y los cauces u obras de ingreso a éstos se aprecian efectos de erosión – socavación; en algunos casos se aprecian daños a obras y destrucción de las mismas, como es el caso de los puentes del Arroyo, el Limón y Fuerza Aérea, entre otros.

De las zonas críticas, se priorizó un tramo del cauce 31 de Diciembre que está fuertemente erosionado y se está deteriorando aceleradamente, para conducir estudios más detallados. Como parte de las investigaciones se hicieron estudios de topografía, suelos y geotecnia que sirvieron de base para el diseño de un conjunto de obras.

El cauce natural pasa cerca del Aeropuerto Internacional y desemboca en el lago de Managua, pero será desviado más hacia el oeste una vez revestido. El sistema sería novedoso en la capital, donde hay unos 169 kilómetros de cauce en estado natural que se ensanchan en cada invierno, afectando a quienes habitan en sus bordes.

En el año 2003 se realizaron los primeros estudios por parte de Interconsult y empresas asociadas presentaron a la Alcaldía de Managua los resultados del estudio de “Agroecología y Drenaje Pluvial de la Subcuenca III de la Cuenca Sur del Lago de Managua”. Este proyecto financiado por el Gobierno de Noruega, brindó las bases técnicas para el desarrollo de un sistema de drenaje pluvial y ordenamiento del uso de la tierra en la subcuenca, con el propósito de mejorar la sostenibilidad ecológica y productiva y reducir los riesgos y daños causados por las inundaciones y sedimentación aguas abajo.



1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los pobladores aledaños al cauce existente se ven afectados por las aguas de uso doméstico que son liberadas por los mismos habitantes y a las aguas pluviales, ya que estas se estancan debido a que el cauce no tiene una pendiente adecuada para evacuar las aguas y sedimentos, lo que genera mal aspecto a la zona y malos olores, a esto se le suma los riesgos de una posible inundación y deslizamiento de los taludes naturales del cauce provocado por la erosión de las mismas, a causa de lluvias torrenciales o de huracanes.

La problemática de drenaje en la subcuenca, durante este estudio, fue posible estudiar con mayor detalle estos problemas, especialmente en el tramo del cauce del aeropuerto hacia el lago de Managua. En general, ha sido posible constatar que hay afectaciones por inundaciones, también se han identificado efectos indeseables por erosión/socavación en cauces y estructuras en los mismos. Esto implica que hay amenazas a vidas y propiedades por efecto de las aguas pluviales.

La solución a los problemas requiere de inversiones para revestir el cauce natural mejorar su funcionalidad del drenaje principal y secundario, pero también requiere de una mayor regulación del uso de suelo, cumplimiento de normativas urbanísticas, educación a la población y mantenimiento y limpieza de los cauces por parte de las autoridades municipales. A como muchos de los problemas se originan por intervenciones y alteraciones en la red de drenaje por parte de la población, inversionistas y dueños de tierra.



1.4 JUSTIFICACIÓN

Debido a los impactos negativos causados al medio ambiente por la falta de un sistema de drenaje, se hace necesaria y urgente la implementación de este proyecto, con la cual se lograría la disminución de uno de su principal problema que presenta la zona urbana del municipio de Managua.

Con el revestimiento de este canal se evitara el estancamiento de las aguas residuales, lo cual produce malos olores y mal aspecto, se dejaría de contaminar el suelo y los mantos acuíferos, se reducirían los criaderos de insectos, lo que a su vez disminuiría el índice de enfermedades y reduciría los riesgos a una posible inundación provocada por las lluvias torrenciales o huracanes que son transportados a lo largo de la cuenca en estudio.



1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General

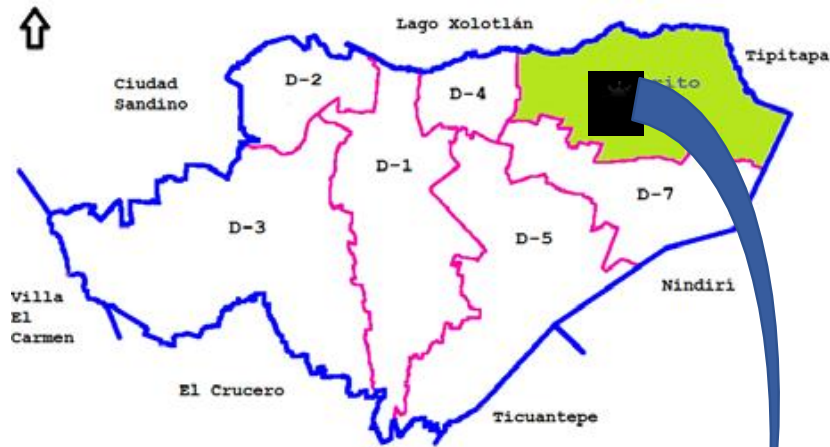
- Diseñar un canal de 1km de longitud, ubicado en el km 9.5 de la Carretera Norte, contiguo al Hotel Camino Real, del distrito VI de la Ciudad de Managua.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Elaborar los planos, a partir de los resultados obtenidos del levantamiento topográfico en el área de trabajo.
- Determinar las características del terreno donde se diseñará el canal, para la valoración de la cimentación apropiada, por medio de un Estudio de Suelo aplicando el método S.U.C.S. (**Sistema Unificado de Clasificación de Suelos**).
- Obtener el caudal de diseño por medio de un estudio hidrológico, aplicando el método racional.
- Definir un modelo que represente una buena aproximación de la pendiente hidráulica y el pre-dimensionamiento de la estructura del canal que permita incrementar la magnitud de los desniveles natural del flujo a través de un análisis hidráulico del canal.
- Utilizar el programa HEC-RAS, para la estimación de los niveles y parámetros hidráulicos de una corriente, basado en las características geométricas de las secciones transversales del canal.
- Realizar el costo y presupuesto de los materiales a utilizar en el revestimiento del canal.



1.6.3 Microlocalización del área de trabajo..



Fuente extraída de documento de caracterización de los distritos de managua, noviembre el 2011

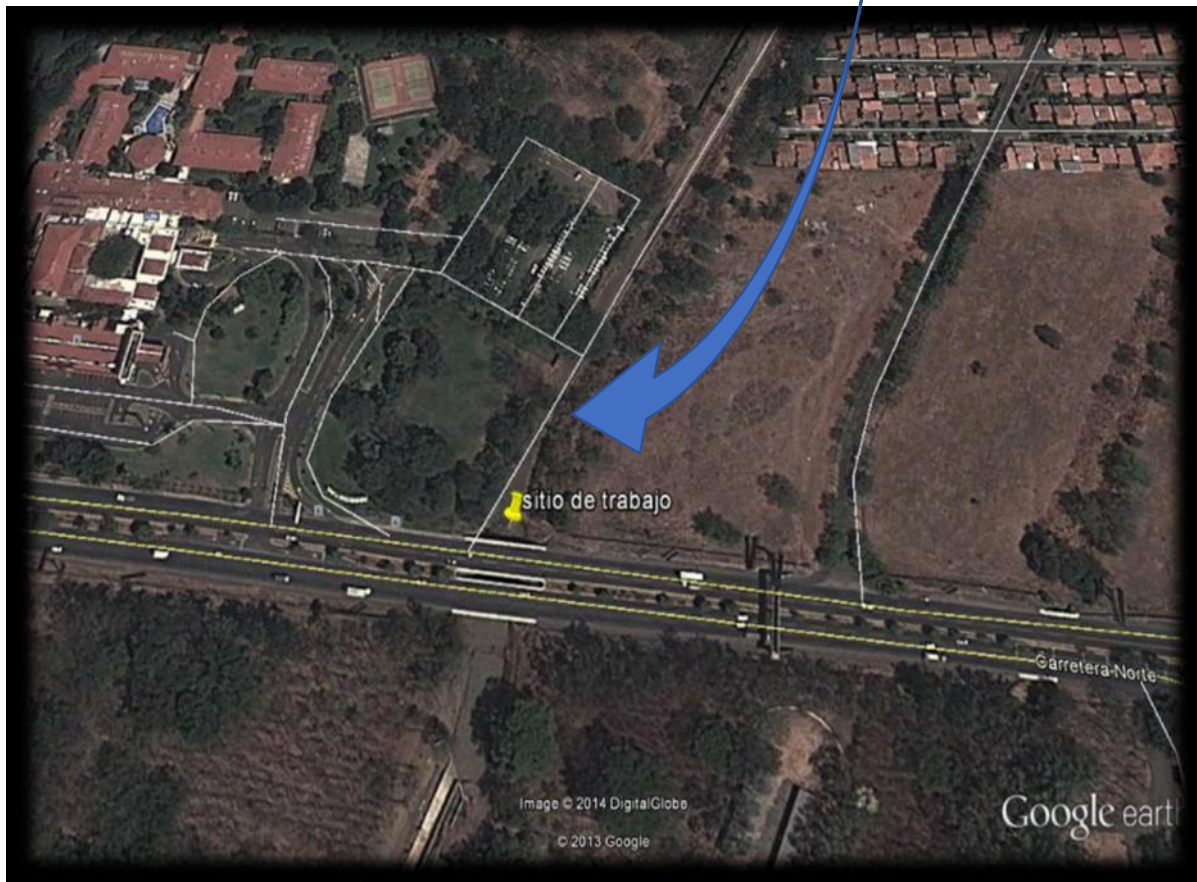


Figura 7. Micro localización del área del proyecto, fuente: extraída de Google earth, Julio 2014.



1.6.4 Definición de canal:

En ingeniería se denomina **canal** a una construcción destinada al transporte de fluidos generalmente utilizada para agua y que, a diferencia de las tuberías, es abierta a la atmósfera. También se utilizan como vías artificiales de navegación. La descripción del comportamiento hidráulico de los canales es una parte fundamental de la hidráulica y su diseño pertenece al campo de la ingeniería hidráulica, una de las especialidades de la ingeniería civil.

1.6.5 Elementos geométricos de la sección del canal

Los elementos geométricos son propiedades de una sección del canal que puede ser definida enteramente por la geometría de la sección y la profundidad del flujo. Estos elementos son muy importantes para los cálculos del escurrimiento.

Profundidad del flujo o tirante (h): es la distancia vertical del punto más bajo de la sección del canal a la superficie libre.

Ancho superior (T): es el ancho de la sección del canal en la superficie libre.

Área mojada (A): es el área de la sección transversal del flujo normal a la dirección del flujo.

Perímetro mojado (P): es la longitud de la línea de la intersección de la superficie mojada del canal con la sección transversal normal a la dirección del flujo.

Radio hidráulico (R): es la relación entre el área mojada y el perímetro mojado, se expresa como:

$$R = A / P$$

Profundidad hidráulica (D): es la relación del área mojada con el ancho superior, se expresa como:

$$D = A / T$$

Factor de la sección (Z): para cálculos de escurrimiento o flujo crítico es el producto del área mojada con la raíz cuadrada de la profundidad hidráulica, se expresa como:

$$Z = ASQRT (D)$$

El factor de la sección, para cálculos de escurrimiento uniforme es el producto del área mojada con la potencia 2/3 del radio hidráulico, se expresa como:

$$AR^{2/3}$$



1.6.6 Características geométricas e hidráulicas de un canal

Las características geométricas son la forma de la sección transversal, sus dimensiones y la pendiente longitudinal del fondo del canal. Las características hidráulicas son la profundidad del agua (h, en m), el perímetro mojado (P, en m), el área mojada (A, en m²) y el radio hidráulico (R, en m), toda función de la forma del canal. También son relevantes la rugosidad de las paredes del canal, que es función del material en que ha sido construido, del uso que se le ha dado y del mantenimiento, y la pendiente de la línea de agua, que puede o no ser paralela a la pendiente del fondo del canal.

El radio hidráulico se define como:

$R = A/P$ Donde A y P son el área y el perímetro mojado.

1.6.7 Tipos de flujo en canales

Flujo permanente: es aquel en el que las propiedades fluidas permanecen constantes en el tiempo, aunque pueden no ser constantes en el espacio.

Las características del flujo, como son: Velocidad (V), Caudal (Q), y Calado (h), son independientes del tiempo, si bien pueden variar a lo largo del canal, siendo x la abscisa de una sección genérica, se tiene que:

Flujo transitorio o No permanente: Un flujo transitorio presenta cambios en sus características a lo largo del tiempo para el cual se analiza el comportamiento del canal. Las características del flujo son función del tiempo; en este caso se tiene que:

Las situaciones de transitoriedad se pueden dar tanto en el flujo subcrítico como en el supercrítico.

Flujo uniforme: se da en un canal recto, con sección y pendiente constante, a una distancia considerable (20 a 30 veces la profundidad del agua en el canal) de un punto singular, es decir un punto donde hay una mudanza de sección transversal ya sea de forma o de rugosidad, un cambio de pendiente o una variación en el caudal. En el tramo considerado, se las funciones arriba mencionadas asumen la forma:

El flujo es variado: si la profundidad de flujo cambia a lo largo del canal. El flujo variado puede ser permanente o no permanente. Debido a que el flujo uniforme no permanente es poco frecuente, el término “flujo no permanente” se utilizará de aquí para adelante para designar exclusivamente el flujo variado no permanente.

El flujo variado puede clasificarse además como rápidamente variado o gradualmente variado. El flujo es rápidamente variado si la profundidad del agua cambia de manera abrupta en distancias



comparativamente cortas; de otro modo es gradualmente variado. Un flujo rápidamente variado también se conoce como fenómeno local; algunos ejemplos son el resalto hidráulico y la caída hidráulica.

Flujo Crítico: Cuando Froude vale uno o cuando la velocidad es igual que la raíz cuadrada de la gravedad por la profundidad.

Flujo subcrítico: también denominado flujo lento, el nivel efectivo del agua en una sección determinada está condicionado al nivel de la sección aguas abajo.

Flujo supercrítico: también denominado flujo veloz, el nivel del agua efectivo en una sección determinada está condicionado a la condición de contorno situada aguas arriba

1.7 Definición de transición

Como una aplicación del concepto de energía específica en el perfil de la superficie libre de un canal en el que hay cambios en la sección transversal. Este cambio puede originarse en una pequeña grada de fondo, positiva o negativa, según que el fondo ascienda o descienda. (Felices, 2002)

La transición es una estructura que se usa para ir modificando en forma gradual la sección transversal de un canal, cuando se tiene que unir dos tramos con diferente forma de sección transversal, pendiente o dirección.

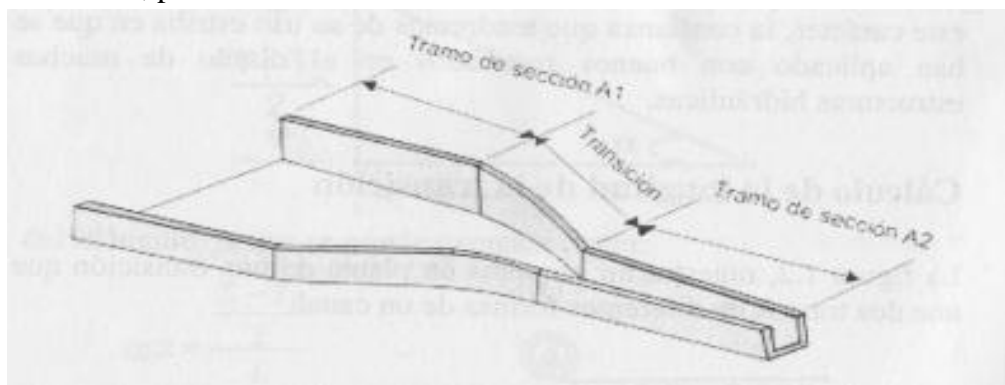


Figura 1. Vista isométrica de una transición en un canal (Felices, 2002)

La finalidad de la transición es evitar que el paso de una sección a la siguiente, de dimensiones y características diferentes, se realice de un modo brusco, reduciendo de ese modo, las pérdidas de carga en el canal.

Las transiciones se diseñan a la entrada y/o salida de diferentes estructuras tales como: tomas, rápidas, caídas, desarenadores, puentes canales, alcantarillas, sifones invertidos, etc.



1.7.1 Diseño simplificado de transiciones (transición recta)

Para el diseño de una transición recta, se debe definir la longitud de la transición de modo que las pérdidas en el paso entre dos tramos de características diferentes sean las mínimas posibles.

En hidráulica y en el diseño de estructuras hidráulicas la mayoría de las fórmulas que se han obtenido son de resultados experimentales, las fórmulas que se presentan en esta sección y las que siguen tienen este carácter, la confianza que tendremos de su uso estriba en que se han aplicado con buenos resultados en el diseño de muchas estructuras hidráulicas.

1.7.2 Cálculo de la longitud de la transición

La figura muestra un esquema en planta de una transición que une dos tramos de diferentes formas de un canal.

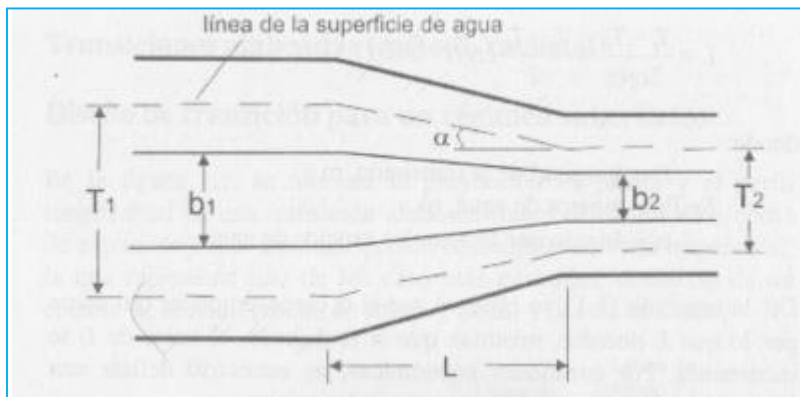


Figura 2. Vista en planta de una transición (Felices, 2002)

T representa los espejos de agua, b los anchos de solera y α el ángulo que forman los espejos de agua.



1.8 Aspectos Topográficos

1.8.1 Metodología utilizada

Antes de iniciar propiamente los estudios topográficos se requiere de un reconocimiento preliminar en el cual, primero se debe realizar entrevistas o reunión con los beneficiarios para recoger datos de gran utilidad en el proyecto como lo relativo a afectaciones, nombre de lugares intermedios, localización de zonas bajas o inundables, niveles de agua en crecientes y si es posible alguna de esas personas auxiliara como guía en el reconocimiento técnico del camino.

Así se vera el tipo de suelo en el que se construirá el cauce, su composición y características generales, ubicación de bancos para revestimientos y agregados para las obras de drenaje, tipo de vegetación y densidad, así como pendientes aproximadas y ruta a seguir en el terreno.

Este reconocimiento requiere del tiempo que sea necesario para conocer las características del terreno donde se construirá el cauce, y para llevarlo a cabo se utilizan instrumentos sencillos de medición, los cuales se enumeran más adelante. A través del reconocimiento se determinan puertos topográficos que son puntos obligados de acuerdo a la topografía y puertos determinados por lugares obligados de paso, ya sea por beneficio social, político o de producción de bienes y Servicios. Con todos los datos recabados, resaltando los más importantes, se establecerá una ruta tentativa para nuestro diseño.

1.9 Aspectos de Suelo

Para aplicar los métodos de la mecánica del suelo, necesitamos conocer en la forma más perfecta posible, y con los mínimos detalles, el medio sobre el que se trabajó, y para ello se hizo un reconocimiento de suelo. esta idea de reconocimiento del suelo implico, ante todo, una idea de descripción física de la materia propiamente dicha, con todas las sutilezas que ello comporta; aspecto visual, color, consistencia, estructura, espesor de las capas, inclinación, estratificación, nivel freático, etc. toda esta información debe ir completada con ensayos de laboratorio identificación y/o resistentes, a efectos del posterior calculo.

1.9.1 Métodos de reconocimiento del subsuelo

Antes de hablar del diseño de un estudio geotécnico vamos hablar de los distintos métodos de reconocimiento del subsuelo. Los métodos o sistemas que podemos utilizar en el reconocimiento del suelo podemos dividirlos en dos grandes grupos: los métodos indirectos o geofísicos y los métodos directos.



1.9.2 Sondeos: son los reconocimientos del terreno más complejos y mejores, al poder recuperar las muestras del terreno a unas profundidades relativamente elevadas y sin alteración. Los sondeos te permiten obtener una testificación directa del terreno, la capacidad portante del mismo a partir de los ensayos SPT, así como la obtención de muestras continuas a lo largo de todo sondeo.

Estas muestras pueden ser llevadas al laboratorio para su posterior análisis, roturas a comprensión, triaxiales, edómetros, corte, etc. que no se podrían realizar de otro modo.

El principal inconveniente de los sondeos es su elevado costo, al ser una maquinaria y mano de obra especializada.

1.9.3 Ensayos de laboratorio: el fin principal de los ensayos de laboratorio en geotécnica, es la determinación de las características físico-resistentes de los materiales que serán afectados por una actuación en la que hay una serie de sollicitaciones y esfuerzos.

1.9.4 Identificación de los suelos la identificación de un suelo se realiza en campo mediante observación directa de la textura, color, y mediante manipuleo para determinar la plasticidad.

1.9.5 Clasificación de los suelos: se realiza mediante ensayos de granulometría y ensayos de límites de atemberg y con los datos mediante tablas de clasificación se determina la clase de suelo.

Suelos gruesos: la granulometría es la propiedad índice con la que se define la distribución de las partículas del suelo.

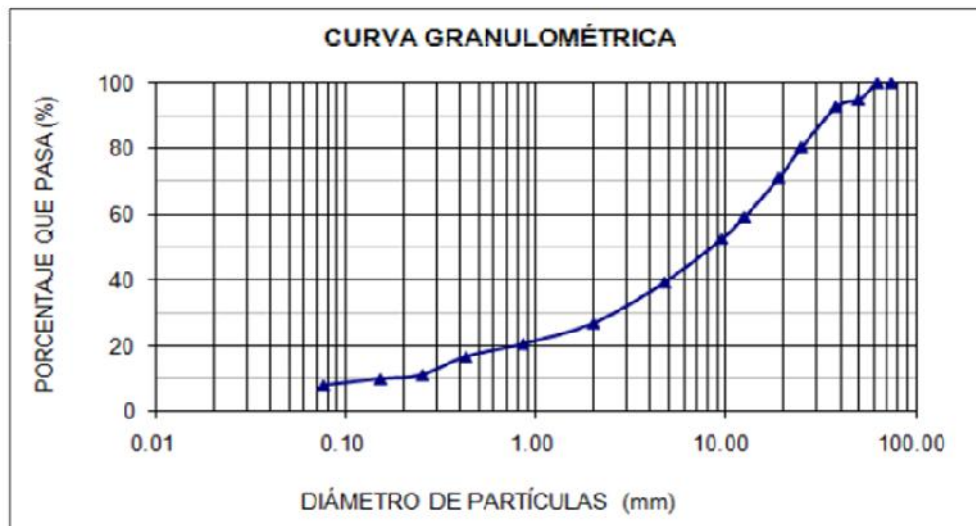


Tabla1: curva granulométrica. Fuente: (Universidad Privada del Norte, Mayo 2011)



Los límites de atterberg son propiedades índices, con los que se definen la plasticidad

Contracción		plástico	líquido
Solido	semi- solido	plástico	semi- liquido
0w%			100w%

Las propiedades índices se utilizan en la identificación y clasificación de un suelo.

1.9.6 Métodos de análisis granulométrico

Comprende dos clases de ensayos: el de tamizado para las partículas granulares (gravas, arenas) y el de sedimentación por la fracción fina del suelo (limos, arcillas), pues no son discriminables por el tamizado. El cribado por mallas se usa para obtener las fracciones correspondientes a los tamaños mayores del suelo, generalmente se llega al tamaño de 0.074mm. (Malla n° 200). Dentro de este método existen dos procedimientos: el tamizado en seco y por lavado. (Universidad Privada del Norte, Mayo 2011)



figura.3 diferentes tamaños de mallas

1.9.7 Granulometría por tamizado

Es un proceso mecánico mediante el cual se separan las partículas de un suelo en sus diferentes tamaños, denominado a la fracción menor (tamiz no 200) como limo, arcilla y coloide. se lleva a cabo utilizando tamices en orden decreciente. La cantidad de suelo retenido indica el tamaño de la muestra, esto solo separa una porción de suelo entre dos tamaños.



1.9.8 Equipo:

- juego de tamices 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/4" 3/8", no. 4, no. 10, no. 40, no. 200, tapa y fondo.
- balanza de 0.1 gr. de sensibilidad.
- mortero con su pisón.
- horno con temperatura constante de 100- 110°C.
- taras.
- marcador
- libreta de apuntes

1.9.9 Procedimiento:

a) material mayor que el tamiz no. 4

1. el material retenido en el tamiz no. 4, se pasa a través de los tamices 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", no. 4 y fondo. realizando movimientos horizontales y verticales.
2. pese las fracciones retenidas en cada tamiz y anótela en el registro correspondiente.

b) material menor que el tamiz no. 4

1. ponga a secar la muestra en el horno a una temperatura de 105 a 110°C por un periodo de tiempo de 12 a 24 horas.
2. deje enfriar la muestra a temperatura ambiente y pese la cantidad requerida para realizar el ensaye.
Si el suelo es arenoso se utiliza aproximadamente 200grs.
Si el suelo es arcilloso se utiliza aproximadamente 150grs.
3. disgregue los grumos (terrones), del material con un pisón de madera para evitar el rompimiento de los gramos.
4. coloque las muestras en una tara, agréguele agua y déjela remojar hasta que se puedan deshacer completamente los grumos.
5. se vacía el contenido de la tara sobre el tamiz no. 200, con cuidado y con la ayuda de agua, lave lo mejor posible el suelo para que todos los finos pasen por el tamiz. El material que pasa a través del tamiz no. 200, se analizara por otros métodos en caso sea necesario.



6. el material retenido en el tamiz no. 200 después de lavado, se colocó en una tara, lavando el tamiz con agua.
7. se coloca el contenido de la tara en el horno a una temperatura 100- 110°c por 24 horas.
8. con el material seco en el paso anterior, se coloca el juego de tamices en orden progresivo no. 4, no. 10, no. 40, no. 200 y al final el fondo, vaciando el material previamente.
9. se agita el juego de tamices horizontalmente con movimientos de rotación y verticalmente con golpes secos de vez en cuando. el tiempo de agitación depende de la cantidad de finos de la muestra, pero por lo general no debe ser menor de 15 minutos.
10. inmediatamente realizado el paso anterior pese las fracciones retenidas en cada tamiz, y anótela en el registro correspondiente.

1.10 Aspectos hidrológicos.

De acuerdo al (PAS-DANIDA, (2004)). Los estudios hidrológicos permiten determinar el caudal de diseño de la estructura, el cual está en correspondencia con el tamaño y características de la cuenca, su cubierta de suelo y la tormenta de diseño.

El trazado del parteaguas inicia a partir de la estructura propuesta, el procedimiento del dibujo es opuesto al de la red hídrica, la línea de parte agua se traza siguiendo el medio de la forma convexa de las curvas de nivel cuando se aumenta de elevación y en el medio de las formas cóncavas de las curvas, cuando se baja de altura.

1.10.1 Evaluación del caudal de diseño.

En general puede ser empleado cualquier modelo de lluvia-escorrentía. Para superficies menores de 1,300 ha se recomienda utilizar el método racional, dada su simplicidad. Sin embargo, para áreas mayores de 1,300 ha se deberá utilizar un modelo del hidrograma unitario u otro método similar.



1.10.2 El método racional.

Este método fue presentado por Emil kuichling en 1889 y mejorado posteriormente por otros, debido a su sencillez es uno de los más utilizados, este se basa en considerar que sobre el área estudiada se tiene una lluvia uniforme durante un cierto tiempo, de manera que el escurrimiento en la cuenca se establezca y se tenga un gasto constante en la descarga. Este método permite determinar el gasto máximo provocado por una tormenta, suponiendo que esto se alcanza cuando la intensidad de lluvia es aproximadamente constante durante una cierta duración, que se considera es igual al tiempo de concentración de la cuenca.

El caudal pico Q en el punto de cierre del estudio de cada cuenca o superficie se obtendrá mediante la siguiente fórmula:

$$Q = C.I.A/K$$

Donde:

C: el coeficiente medio de escorrentía de la cuenca o superficie drenada, es a dimensional.

I: la intensidad media de precipitación en mm/hora, correspondiente al período de retorno considerado y a un intervalo igual al tiempo de concentración.

A: área de drenaje de la cuenca en hectáreas o km².

K: un coeficiente que depende de las unidades en que se expresen Q y A, y que incluye un aumento del 20 % en Q para tener en cuenta el efecto de las picos de precipitación. Se utilizará k= 360 para obtener un valor de caudal en metros cúbicos por segundo (m³/s) y K=3.6 cuando el área introducida sea en km² para obtener el valor d Q en m³/seg. (Infraestructura, Manual de Drena Mayor del MTI, 2011)

1.10.3 Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía "c" en la formula racional es también dependiente de la característica del suelo. El tipo y condición de suelo determina su habilidad para absorber la precipitación. La tasa a la cual un suelo absorbe la lluvia continua por un extendido periodo de tiempo. La tasa de infiltración de suelo es influenciada por la presencia de humedad (precipitación antecedente), la intensidad de lluvia, la proximidad del nivel freático del agua subterránea, el grado de compactación del suelo, la porosidad del subsuelo, y pendientes del suelo. Ver tabla 10.3.1 (Infraestructura, Manual para la revision de estudios hidrotecnicos de Drenaje Mayor, Octubre del 2008).



1.11 Curvas IDF para la obtención del caudal de diseño.

Según, (Temez, 2002) las curvas IDF son la representación gráfica de la relación existente entre la intensidad, la duración y la frecuencia o período de retorno de la precipitación.

En estudios para relacionar datos de lluvias con caudales, se requiere desarrollar relaciones entre intensidades de lluvias, la duración de la misma con la frecuencia de ocurrencia. Normalmente se desarrollan ecuaciones de intensidad – duración – frecuencia, (IDF).

Dónde: I – es la intensidad de lluvias en mm/hora, tc – tiempo de concentración de la cuenca hidrográficas y a, d, n son coeficientes que se determinan con los datos intensidades de lluvias, proporcionados por Ineter.

Para elaborar estas ecuaciones se deben revisar todos los datos de intensidad de lluvia del pluviógrafo de la estación a estudiar. Se identifican las máximas intensidades para duraciones de interés. Si están registrados los caudales aforados, la precisión de su análisis resultara mayor que la del estudio de las precipitaciones. Sin embargo, es necesario disponer de un número suficiente de registros y, aun en estos casos, es necesario asegurar que se han medido los caudales máximos probables.

1.11.1 El periodo de retorno (TR). Se define como periodo de retorno TR de eventos hidrológicos máximos en obras de drenaje vial, el tiempo promedio expresado en años, en que el valor del caudal pico de una creciente determinada es igualado o superado una vez.

Cuando se analizan registros históricos de un fenómeno, se les asigna un periodo de retorno de acuerdo a la frecuencia de cada evento. Para calcularlo, es común suponer que la frecuencia o intervalo de recurrencia de cada evento del grupo es similar a la observada. La ecuación más usual para determinar el periodo de retorno es la fórmula de weibull, la cual se define como:

$$T_R = \frac{1+n}{m} \text{ Ecuación.1}$$

Donde:

TR: período de retorno

m: número de orden en una lista

n: número de datos de la muestra



1.12 Procedimiento para el cálculo de las curvas IDF

Las series de intensidades máximas pluviográficas observadas se forman con los valores más altos observados cada año (series anuales) para obtenerlas se deben determinar a partir de las cintas pluviográficas, para los periodos más lluviosos del año, cuales son las máximas intensidades para diferentes duraciones de lluvia. Así cada año tendrá una intensidad máxima I_{max} (mm/hr). para una duración dada “d”.

Así se forman series anuales de I_{max} que se tabulan como sigue:

Año	duración de la lluvia				
	5 min	10min	30min	60min	2hr
1970	i_1	i_1	i_1	i_1	i_1
1980	i_2	i_2	i_2	i_2	i_2
.
.
.
2000	i_n	i_n	i_n	i_n	i_n

Estas series anuales se ajustan a una ecuación de probabilidad, y la que más satisfactoriamente se ajustan es a la función de distribución Gumbell, que da la probabilidad de que un valor sea menor o igual a otro valor dado.

$$P(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x}{i}\right)^k}$$

$$i = \frac{x}{\left(-\ln(1 - P(x))\right)^{1/k}}$$

Donde k y i son parámetros de la distribución de gumbell e i es la intensidad de la lluvia en mm/hr, (x) .

Para poder obtener las curvas IDF se sigue el procedimiento descrito:

1. ordenar los datos de i en orden decreciente.
2. calcular el periodo de retorno con

$$T = \frac{1}{\left(\frac{m}{n} - \frac{m-1}{n}\right)^{1/k}} \quad \text{ó} \quad .3$$

Diseño de un Canal de 1Km de longitud, ubicado en el km 9.5 de la Carretera Norte, contiguo al Hotel Camino Real, del Distrito VI de la Ciudad de Managua, Año 2015.

Ingeniería Civil



n=número total de datos



3. calcular la probabilidad empírica con la ecuación

$$P(x > T) = \frac{1}{T} = \frac{1}{1.4} \quad \text{ó} \quad P(x \leq T) = 1 - P(x > T) = 1 - \frac{1}{1.4} \quad \text{ó} \quad 0.5$$

4. calcular la media aritmética \bar{x} y la desviación estándar s_x de los datos de intensidades.

5. calcular los parámetros de α de la distribución de gumbell con

$$\alpha = \frac{1.28}{0.6} = \bar{x} - 0.4506 \quad \text{ó} \quad 0.7$$

Estos se calculan para la serie de i de cada duración de lluvia “d”

6. plantar las ecuaciones de la distribución Gumbell de cada duración o sea sustituir los parámetros α : para $d=5 \text{ min}$ $P(x) =$

$$d=10 \text{ min} \quad P(x) =$$

7. con las ecuaciones anteriores calcular para cada duración de lluvia “d” y de valor, observando de lluvia i , la probabilidad teórica correspondiente $P(x \leq T)$.

8. calcular la desviación máxima Δ entre de la probabilidad empírica y teórica con

$$\Delta = T - \quad \text{ó} \quad 0.8$$

9. para cada duración de lluvia “d”, solo hay una Δ , la cual se compara con Δ crítico de smirnov- kolmogoro. si $\Delta_{\max} \leq \Delta$ crítico se acepta el ajuste, de lo contrario se rechaza el ajuste y hay que buscar otra función teórica de probabilidad.

10. proponer los periodos de retorno TR que nos interesan en el estudio de las IDF.

11. conocido el TR se puede calcular la $P(x > T)$ y con esta, a partir de la ecuación de Gumbell obtener el valor de la lluvia correspondiente que es la intensidad buscada I.

$$12. I = \quad = \quad - \frac{[- \ln(1 - P)]}{\alpha} \quad \text{ó} \quad 0.9$$

$$\text{Donde: } \alpha = \frac{1}{T_R} \quad \text{ó} \quad 0.10$$

Esto se hace para cada duración de lluvia “d”, o sea, con la ecuación anterior de una duración dada, se sustituyen los diferentes tipos de T para obtener sus intensidades correspondientes.



1.13 Características de la cuenca

1.13.1 Área (a):

El área de aportación se obtiene por lecturas directas con el planímetro en el mapa geodésico o con menor precisión dividiendo la subcuenca en figuras geométricas conocidas para su facilidad de cálculo como fórmulas matemáticas (rectángulos, trapecio, triángulos, etc.).

1.13.2 Longitud total del cauce (l): la longitud se mide tomando en cuenta el cauce principal, que generalmente es el de mayor recorrido partiendo del punto más remoto hasta el punto de control.

1.13.3 Altura máxima (h_{max}): es la elevación máxima del punto más remoto del cauce principal donde se inicia el escurrimiento de agua.

1.13.4 Altura mínima (h_{min}): es la elevación del punto de control de la subcuenca

Pendiente del fondo del cauce (sc) es la pendiente del fondo del cauce principal

$$S_c = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{L} \quad \text{ó .11}$$

1.13.5 Tiempo de concentración (tc) se visualiza este como el tiempo de viaje de una partícula de agua desde el punto más remoto a la salida de la cuenca hidrográfica, si una intensidad de lluvia uniforme y duración ilimitada.

Se calcula aplicando el método del proyecto Hidrometeorológico Centroamericano.

$$t_c = 0.0041 \left[\frac{3.28L}{\sqrt{S_c}} \right]^{0.77} \quad \text{ó .12}$$

Tc: Tiempo de concentración en minutos el tiempo de concentración puede ser un valor estipulado de antemano sin calcular.

L: longitud del cauce principal en metros

Sc: pendiente del cauce en m/m



1.14 Aspectos hidráulicos.

1.14.1 Diseño de canales

Es conveniente recordar los principios básicos para realizar el diseño de canales. En general los principios del flujo uniforme son adecuados para el diseño de canales no erodables. Se denominan canales no erodables a los conductos abiertos que pueden soportar satisfactoriamente la erosión producida por el paso del agua. Su diseño se plantea cuando se desea controlar la infiltración, cuando se requiere minimizar la erosión en el cuerpo del canal o cuando se requiere optimizar la sección hidráulica para aumentar la capacidad de transporte. Los canales no erodables son los revestidos (concreto, mampostería, suelo - cemento, etc.). Un resumen de los criterios utilizados en el diseño de canales no erodables es el siguiente:

1.14.2 Calcular las dimensiones del canal por medio de una fórmula de flujo uniforme.

Ajustar las dimensiones finales con base en el concepto de la eficiencia hidráulica o mediante reglas empíricas de mejor sección desde el punto de vista práctico y económico.

Los factores a tener en cuenta son: Uso de material no erodable y revestimiento, se supone que el agua no lleva sedimentos que golpeen fuertemente el cuerpo del canal. (Agua, 2010)

1.14.3 Pendiente del canal:

Se selecciona según topografía y carga de energía: se busca niveles bajos en los canales de drenaje.

1.14.4 Borde libre:

El revestimiento de los canales y las márgenes del canal se extienden por encima del nivel normal de agua, como una medida de seguridad frente al rebalse. El borde libre de un canal es la distancia vertical desde la parte superior del canal hasta la superficie del agua en la condición de diseño. Esta distancia debe ser lo suficientemente grande para prevenir que ondas o fluctuaciones en la superficie del agua causen desbordes por encima de los lados. Este factor se vuelve muy importante en especial en el diseño de canaletas elevadas, debido a que la subestructura de éstos puede ponerse en peligro por cualquier desborde.



Los cálculos para el flujo uniforme se realizan fundamentalmente con las ecuaciones de Manning y de continuidad:

$$V = \frac{1}{n} S^{1/2} R^{2/3} \quad \text{ó} \quad .13$$

$$Q = V \times A \quad \text{Ecuación. 14}$$

Donde:

V = Velocidad media en m/s

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

S = Pendiente hidráulica o del fondo del canal, m/m

R = Radio hidráulico en m.

Q = Caudal en m³ /s

A = Área de la sección en m²

1.14.5 Criterios de diseño

Se tienen diferentes factores que se consideran en el diseño de canales, los cuales tendrán en cuenta: el caudal a conducir, factores geométricos e hidráulicos de la sección, materiales de revestimiento, la topografía existente, la geología y geotécnica de la zona, los materiales disponibles en la zona o en el mercado más cercano, costos de materiales, disponibilidad de mano de obra calificada, tecnología actual, optimización económica, socio-economía de los beneficiarios, climatología, altitud, etc. Si se tiene en cuenta todos estos factores, se llegará a una solución técnica y económica más conveniente.

1.14.6 Rugosidad

En canales proyectados con revestimiento, la rugosidad es función del material usado, que puede ser de concreto, geomanta, tubería PVC ó HDP ó metálica, o si van a trabajar a presión atmosférica o presurizados. La siguiente tabla nos da valores de “n” estimados, estos valores pueden ser refutados con investigaciones y manuales, sin embargo no dejan de ser una referencia para el diseño:



Tabla 2 - Valores de rugosidad “n” de Manning

N	Superficie
0.010	Muy lisa, vidrio, plástico, cobre.
0.011	Concreto muy liso.
0.013	Madera suave, metal, concreto frotachado.
0.017	Canales de tierra en buenas condiciones.
0.020	Canales naturales de tierra, libres de vegetación.
0.025	Canales naturales con alguna vegetación y piedras esparcidas en el fondo
0.35	Canales naturales con abundante vegetación.

Tabla 2: Valores de rugosidad “n” de Manning

Fuente: (Perez, 1974) Aguirre Pérez, Julián, “Hidráulica de canales”, Dentro Interamericano de Desarrollo de Aguas y Tierras – CIDIAT, Mérida, Venezuela, 1974.

1.14.7 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 las plantas, en canales de tierra. El valor de 0.75 m/seg se considera como la velocidad apropiada que no permite sedimentación y además impide el crecimiento de plantas en el canal. (Chow V. t., 2004 p.155)



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 4: velocidades máximas y mínimas permisibles en canales.

Fuente: Krochin Sviatoslav. Diseño Hidráulico, Ed. MIR, Moscú 1978. (Sviatoslav, 1978)

1.14.8 Borde libre

La secretaría de Recursos Hidráulicos de México, recomienda los siguientes valores en función del caudal:

Ancho de la plantilla (m)	Borde libre (m)
Hasta 0.8	0.4
0.8 – 1.5	0.5
1.5 – 3.0	0.6
3.0 – 20.0	1.0

Tabla 5. Borde libre en función de la plantilla del canal Fuente: Máximo V. Billón Béjar, sugiere valores en función de la plantilla del canal. (Villon Bejar, 1981)



1.14.9 Radios mínimos en canales

En el diseño de canales, el cambio brusco de dirección se sustituye por una curva cuyo radio no debe ser muy grande, y debe escogerse un radio mínimo, dado que al trazar curvas con radios mayores al mínimo no significa ningún ahorro de energía, es decir la curva no será hidráulicamente más eficiente, en cambio sí será más costoso al darle una mayor longitud o mayor desarrollo. Las siguientes tablas indican radios mínimos según el autor o la fuente:

Capacidad del canal	Radio mínimo
Hasta 10 m ³ /s	3 * ancho de la base
De 10 a 14 m ³ /s	4 * ancho de la base
De 14 a 17 m ³ /s	5 * ancho de la base
De 17 a 20 m ³ /s	6 * ancho de la base
De 20 m ³ /s a mayor	7 * ancho de la base

Tabla 6. Radio mínimo en función al caudal Fuente: "International Institute For Land Reclamation And Improvement" ILRI, Principios y Aplicaciones del Drenaje, Tomo IV, Wageningen The Netherlands 1978. (Wageningen, 1974)

Tabla 7. Radio mínimo en canales abiertos en función del espejo de agua.

Canal de riego		Canal de drenaje	
Tipo	Radio	Tipo	Radio
Sub – canal	4T	Colector principal	5T
Lateral	3T	Colector	5T
Sub – lateral	3T	Sub – colector	5T

Siendo T el ancho superior del espejo de agua

Fuente: Salzgitter Consult GMBH "Planificación de Canales, Zona Piloto Ferreñafe" Tomo II/ 1- Proyecto Tinajones –Chiclayo 1984. (GMBH, 1984)



1.14.10 Elementos de una curva

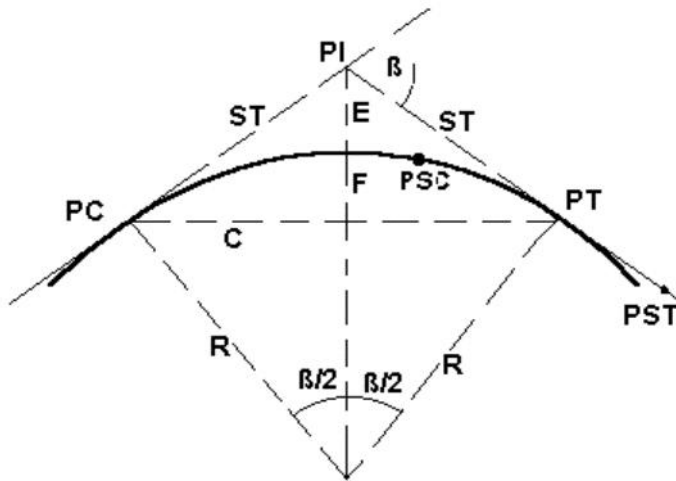


Figura 4: Elementos de una curva

Donde:

- A = Arco, es la longitud de curva medida en cuerdas de 20 m
- C = Cuerda larga, es la cuerda que sub – tiende la curva desde PC hasta PT.
- β = ángulo de deflexión, formado en el PI.
- E = Externa, es la distancia de PI a la curva medida en la bisectriz.
- F = Flecha, es la longitud de la perpendicular bajada del punto medio de la curva a la cuerda larga.
-
- G = Grado, es el ángulo central.
- LC = Longitud de curva que une PC con PT.
- PC = Principio de una curva.
- PI = Punto de inflexión.
- PT = Punto de tangente.
- PSC = Punto sobre curva.
- PST = Punto sobre tangente.
- R = Radio de la curva.



1.15 Sección hidráulica óptima

La siguiente tabla presenta estas condiciones, además del promedio el cual se recomienda.

Talud	Angulo	Máxima Eficiencia	Mínima Infiltración	Promedio
Vertical	90°00´	2.0000	4.0000	3.0000
1 / 4 : 1	75°58´	1.5616	3.1231	2.3423
1 / 2 : 1	63°26´	1.2361	2.4721	1.8541
4 / 7 : 1	60°15´	1.1606	2.3213	1.7410
3 / 4 : 1	53°08´	1.0000	2.0000	1.5000
1:1	45°00´	0.8284	1.6569	1.2426
1 ¼ : 1	38°40´	0.7016	1.4031	1.0523
1 ½ : 1	33°41´	0.6056	1.2111	0.9083
2 : 1	26°34´	0.4721	0.9443	0.7082
3 : 1	18°26´	0.3246	0.6491	0.4868

Tabla 8. Relación plantilla vs tirante para, máxima eficiencia, mínima infiltración y el promedio de ambas. Fuente: (Villon Bejar, 1981)

De todas las secciones trapezoidales, la más eficiente es aquella donde el ángulo a que forma el talud con la horizontal es 60°, además para cualquier sección de máxima eficiencia debe cumplirse: $R = y/2$ Donde: 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. (Billón Vejar, 1981)



Tabla 9. Relaciones Geométricas de las Secciones Transversales más frecuentes.

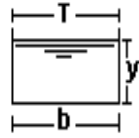
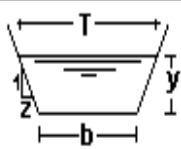
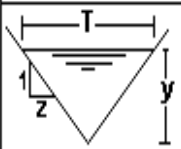
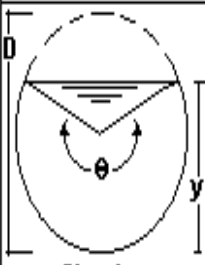
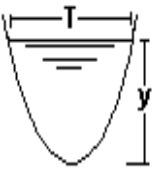
Sección	Area hidráulica A	Perímetro mojado P	Radio hidráulico R	Espejo de agua T
 Rectangular	by	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	b
 Trapezoidal	$(b+zy)y$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b+2zy$
 Triangular	zy^2	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$
 Circular	$\frac{(\theta - \text{sen}\theta)D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta})\frac{D}{4}$	$(\frac{\text{sen}\theta}{2})D$ 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 9. Relaciones Geométricas de las Secciones Transversales más frecuentes.

Fuente (Villon Bejar, 1981)



1.16 Aspectos de HEC-RAS

La modelación hidráulica de una determinada área de estudio se realiza para el análisis del tránsito de las diferentes crecientes, para ello se cuenta con el uso de diferente software y uno de los más usados es el Software HEC-RAS versión 4.1.0 del cuerpo de la armada de Ingenieros de los Estados Unidos. Los resultados de la modelación hidráulica nos permiten obtener los niveles de agua en la sección de cruce del viaducto y por tanto el parámetro fundamental para el diseño del mismo.

1.16.1 Resultados de la modelación hidráulica

Los resultados que arroja la simulación hidráulica permiten conocer varios parámetros hidráulicos necesarios para el diseño de cualquier estructura en el cauce. Entre los resultados obtenidos más importantes para diferentes periodos retorno son: el perfil del flujo, altura de la lámina de agua, velocidad del flujo, número de Froude, radio hidráulico, área mojada, perímetro mojado y la pendiente entre secciones. (Hernandez, 2010)

1.17 Costo y presupuesto

La construcción de una obra civil es una tarea que puede parecer abrumadora en un principio. Hay mucho que hacer y mucho que planificar. Sin embargo, con la ayuda de un profesional experimentado, la tarea se puede lograr. Cuando se está preparado para construir un nuevo edificio, casa habitación, etc.

1.17.1 Costos indirectos

Se denominan costos indirectos a toda erogación necesaria para la ejecución de un proceso constructivo del cual se derive un producto; pero en el cual no se incluya mano de obra, materiales ni maquinaria.

Todo gasto no utilizable en la elaboración del producto es un costo indirecto, generalmente está representado por los gastos para dirección técnica, administración, organización, vigilancia, supervisión, fletes, acarreos y prestaciones sociales correspondientes al personal técnico, directivo y administrativo. Cuando el costo indirecto se refiere a la administración de campo, cualquier error y omisión afectará únicamente a la obra en particular.



1.17.2 Costos directos

El costo directo se define como: "la suma de los costos de materiales, mano de obra y equipo necesario para la realización de un proceso productivo".

1.17.3 Planos y especificaciones.

Es el punto de partida para la elaboración del costo directo, para llegar al Precio Unitario y finalmente al presupuesto, se deben estudiar perfectamente todos los planos de cortes, isométricos, equipos, estructurales, instalaciones y de fachadas, así como las especificaciones que en ellos se proponen.

1.17.4 Lista de materiales.

Del estudio de los planos se obtiene la lista de materiales fijos, es decir, aquellos materiales que serán instalados y quedaran permanentes en la obra; del estudio de las especificaciones se obtiene la clase de material requerido; también este estudio permite determinar el volumen de materiales de consumo necesario para realizar la instalación de los materiales permanentes

1.18 Diseño metodológico

1.18.1 Tipo de enfoque:

Es cuantitativo debido a que es el que se ajusta de manera precisa a nuestro trabajo tomando en cuenta los métodos matemáticos que se utilizan en los estudios técnicos correspondientes al diseño del canal, para lo cual se realizara un levantamiento topográfico para obtener los primeros datos que nos encaminen a encontrar el caudal de diseño que transportara el canal aplicando el método racional para su obtención.

1.18.2 Tipo de estudio:

Nuestro estudio es de carácter descriptivo-analítico dado a que se realizara una descripción del área de estudio para conocer las características del relieve de la zona, y es analítico debido a la aplicación de métodos matemáticos para obtención de los datos en la cual se pretende diseñar un canal rectangular cuyas dimensiones serán obtenidas mediante un análisis hidráulico, este canal se pretende revestir con concreto reforzado con resistencia a la compresión de 4000 PSI (libras sobre pulgadas cuadradas). Y a la vez es de corte transversal porque se está realizando en un corto periodo de tiempo que comprende desde Abril –Agosto.



1.18.3 Población o universo:

Definición: una población o universo es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones (Selltiz et al., 1980).

Nuestra población o universo corresponde al distrito VI de la ciudad de Managua el cual tiene una distribución poblacional en el cual se contabilizan 2 residenciales, 37 barrios, 29 asentamientos espontáneos, 12 zonas sin definir, 35 sectores y 1 comarca y tiene una superficie de 40 Km².

1.18.4 Muestra:

Definición: La muestra es, en esencia, un subgrupo de la población. Digamos que es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población.

Para el proceso cuantitativo la muestra es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectaran datos, y que tiene que definirse o delimitarse de antemano con precisión, este deberá ser representativo de dicha población.

Nuestra muestra fue tomada de los sectores que conforman el distrito seis del municipio de Managua. Estos sectores fueron seleccionados después de realizar un recorrido sobre el canal natural existente y sobre todo tomando en cuenta la distancia de nuestro diseño correspondiente a 1 Km de la longitud total del canal sin revestir, de los sectores seleccionados para nuestra muestra tenemos; La Colonia Unidad de Propósito, El Residencial Casa Real Tercera Etapa, El Pharaohs Casino y El Hotel Camino Real. Cabe mencionar que esta muestra es una muestra no probabilística, dado que la elección de estos sectores no se hizo por medio de datos estadísticos sino más bien fueron elegidos automáticamente por encontrarse en el área de análisis de nuestro trabajo.

1.18.5 Técnicas de recopilación de datos

Análisis de la cantidad de información existente recopilada, selección y creación de nueva información. Los datos obtenidos en el levantamiento topográfico serán procesados mediante cálculos para luego con la ayuda del software AutoCAD y civil 3D proceder a la elaboración de los planos correspondientes al canal.

Los resultados de las investigaciones y observaciones realizadas en el sector en estudio serán procesados con el uso de técnicas de resumen, que permiten priorizar la información básica de interés para la redacción de este documento.



1.18.6 Técnicas de análisis de datos

Se realizará un análisis de la estructura hidráulica del canal con la ayuda del software HEC-RAS los resultados que nos proporcione este análisis nos servirán para verificar que la estructura hidráulica obtenida por métodos manuales es la óptima para este canal.

Análisis económico: evaluación económica de los diferentes materiales que se utilizaran el revestimiento del canal se llevarán a cabo con la ayuda de guías de costos actualizadas que nos ayudaran a establecer los costos de los mismos en la ejecución de este proyecto.



Tabla10: Operacionalización de las variables.

Variable	Indicador	Fuente	Técnicas	Herramientas
Levantamiento Planos	Características del terreno, curvas de nivel, perfiles longitudinales y transversales.	Manuales de topografía, informes de prácticas de campo, apuntes,	Visita de campo Entrevista Manuales	Estación total, libreta de apuntes, lápiz, cinta métrica, plomadas, martillo, machete, software AutoCAD 2d y civil 3d.
Tipo de suelo	Características de suelo, propiedades del suelo, cimentación apropiada para el diseño del canal.	Guía de clasificación de los suelos unificados (SUCS), manuales de ensayos de laboratorio para clasificar el suelo, videos ensayos de suelos.	Sacar muestras de suelo cada 50m de la longitud en estudio, recolectar las muestras en bolsas plásticas para trasladarlas al laboratorio.	Horno, taras, tamices, bolsas para recolectar las muestras, coba, pala, cinta, cámara fotográfica, computadora.
El caudal de diseño para el canal	Datos de intensidades de lluvia, área de la cuenca	Datos de INETER de intensidades de lluvia, manuales de hidrología, apuntes, libros, informe, etc.	Obtener las intensidades de lluvias de los últimos años ósea datos actualizados	Mapa geodésico, registro de intensidades de lluvia de INETER, computadora
El caudal, la base y la altura	Dimensiones del canal, la pendiente del canal	Libros, manuales de diseño de canales, apuntes	Realizar los cálculos pertinentes para encontrar las dimensiones del canal que nos aproximen a las requeridas para nuestro caudal de diseño.	Datos de caudal de diseño, longitud del canal a diseñar,



Variable	Indicador	Fuente	Técnicas	Herramientas
Base del canal, altura del canal, longitud del canal, pendiente del canal, tipo de suelo,	Software HEC-RAS	Tutoriales del uso y manejo de HEC-RAS, manuales,	Manuales	Software HEC-RAS, parámetros que se requieren para el análisis con el software
Costos de los materiales para el revestimiento del canal	El tipo y la calidad del material a usar para el revestimiento del canal	Guía de costos unitarios de materiales de construcción, manuales de costo y presupuesto, cotizaciones sobre materiales de construcción de empresas distribuidoras de los mismos.	Usar guías de costos actualizadas de materiales, buscar cotizaciones de los costos de materiales de construcción,	Guía de costos del nuevo FISE, manuales de costo y presupuesto

Tabla 10. Operacionalización de variables. Fuente: Elaboración Propia. Agosto 2014.



2 CAPITULO 2: JUEGO DE PLANOS CONSTRUCTIVOS DEL CANAL

El estudio topográfico se realizó contiguo al **Hotel Camino Real**, tomando como punto de partida el puente fuerza aérea, este estudio comprende la realización de un levantamiento altiplani-métrico donde se tomaron los primeros datos necesarios para conocer las características topográficas del terreno y a la vez nos brindaron los primeros parámetros para comenzar con el diseño y planos del canal.

2.1 Levantamiento planimétrico y levantamiento altimétrico:

Para la realización de estos levantamientos se utilizaron los siguientes equipos:

GPS	Plomadas	Libreta
Estación Total	Jalones	Borrador
Trípode	Clavos	Regla
Cinta métrica	Martillos	Estacas
Cinta de rodillo de 30m	Lápiz	Machete Tapas de gaseosas
Prisma	Pintura	Brochas de 2

Con los datos obtenidos de este levantamiento se elaboraron los diferentes planos (**ver en anexo 10.0**), pertinentes al diseño del canal, los cuales se enumeran a continuación:

- 1.1 hoja 1: caratula, macro localización, localización, índice.
- 1.2 hoja 2: plano topográfico
- 1.3 hoja 3: curvas de nivel
- 1.4 perfil longitudinal.
- 1.5 hoja 5: planta-perfil de diseño hidráulico est-0+000m a la est- 1+000m, detalle de transición.
- 1.6 hoja 6: secciones transversales del canal
- 1.7 hoja 7: sección del canal, cabezal y aleton



Diseño de un Canal de 1Km de longitud, ubicado en el km 9.5 de la Carretera Norte, contiguo al Hotel Camino Real, del Distrito VI de la Ciudad de Managua, Año 2015.

3 CAPITULO 3: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO, PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CIMENTACIÓN DEL CANAL.

El estudio comprende el análisis granulométrico del suelo por medio de un ensaye de laboratorio a las muestras tomadas de los sondeos manuales realizados en el área de estudio, distribuido a lo largo del cauce. Para la extraer estas muestras se utilizó una barra, pala, palín, cuchara, cincel, mazo, machete y bolsas plásticas. Se tomaron tres muestras en cuatro estaciones a lo largo del cauce, separadas a una distancia de 250m una de la otra y a una profundidad de 0.80m, esto debido a que en algunos puntos el suelo estaba bien consolidado lo que nos ocasionaba mucha dificultad para llegar a la profundidad especificada.

Estas muestras representativas corresponden cada una de ellas al borde izquierdo (BI), línea central (LC) y borde derecho (BD) de la sección transversal del cauce en estudio. A continuación se presenta la ubicación georreferenciada de los puntos donde se realizaron los sondeos manuales.

Tabla de Ubicación de los sondeos.						
Estación No.	Sondeo No.	Descripción	Profundidad (m)	Ubicación UTM-WGS-84		
				Este	Norte	Elevación (m)
Est-0+000m	1	BI	0.80	588809.20	1342744.78	224.7
	2	LC	0.80	588803.73	1342747.45	224.25
	3	BD	0.80	588820.85	1342743.34	224.2
Est-0+250m	4	BI	0.80	588978.55	1342978.55	226.99
	5	LC	0.80	588928.92	1342974.78	223.82
	6	BD	0.80	588938.96	1342970.14	227.84
Est-0+500m	7	BI	0.80	589029.8	1343192.22	226.9
	8	LC	0.80	589039.39	1343187.45	221.93
	9	BD	0.80	589045.78	1343183.59	226.43
Est-0+750m	10	BI	0.80	589120.76	1343429.45	225.36
	11	LC	0.80	589135.41	1343429.4	221.05
	12	BD	0.80	589137.64	1343406.56	222.06

3.1.1 Tabla 11. Ubicación de los sondeos manuales, Fuente: elaboración propia, Febrero 2015.



Las muestras tomadas de estos sondeos fueron almacenadas en bolsas plásticas y debidamente etiquetadas, las que fueron trasladadas al Laboratorio de materiales y suelo de la UNAN-Managua ubicado en el Recinto Universitario Ricardo Morales Avilés (RURMA), con el propósito de realizar los ensayos correspondientes al análisis por el método mecánico o granulometría por tamizado para su Clasificación Ingenieril. **En tabla 12** se presentan los pesos retenidos parciales húmedos correspondientes a cada una de las muestras.

Pesos Retenidos Parciales en gramos de cada muestra húmeda.								
Muestra No.	Tamiz No. (mm)	1 1/2" (38.1)	1" (25.4)	3/4" (19.1)	1/2" (12.7)	3/8" (9.52)	4 (4.76)	Pasa No.4
1	Peso Retenido Parcial en gramos	0	0	25.72	87.23	65.14	180.6	1989.89
2	Peso Retenido Parcial en gramos	0	0	0	63.59	99.73	281.48	908.27
3	Peso Retenido Parcial en gramos	0	15.56	19.48	77.57	55.69	186.66	1463.44
4	Peso Retenido Parcial en gramos	0	0	13.24	68.02	46.24	192.76	936.98
5	Peso Retenido Parcial en gramos	0	17.27	64.07	170.8	123.5	363.6	1187.27
6	Peso Retenido Parcial en gramos	0	18.32	12.8	57.34	43.38	184.93	1001.83
7	Peso Retenido Parcial en gramos	0	20.26	0	46.67	40.53	177.09	1066.63
8	Peso Retenido Parcial en gramos	0	84.06	106.3	98.24	116.1	470.16	764.63
9	Peso Retenido Parcial en gramos	0	16.96	16.14	67.46	49.54	185.79	1232.63
10	Peso Retenido Parcial en gramos	0	18.2	19.48	67.3	50.63	183.48	1331.16
11	Peso Retenido Parcial en gramos	0	33.75	56.8	110.9	113.1	371.75	953.38
12	Peso Retenido Parcial en gramos	0	16.94	15.23	67.27	47.98	178.69	1324.55

3.1.2 Tabla 12. Pesos retenidos parciales de cada muestra de suelo húmedo, Fuente: Elaboración propia, Marzo 2015.



El material que paso la mala No.4 se dejó en el horno por 24 horas a una temperatura de 110^o C, luego de este proceso se tomó una porción de 200gr. Ya que el suelo era arenoso, esta muestra se lavó con el fin de que todos los finos pasen por el tamiz No.200, nuevamente se colocó en el horno y con el material seco se realizó el proceso de tamizado con lo que se obtuvo los pesos retenidos (pesos secos lavados), los cuales se presentan en la siguiente tabla:

Pesos Retenidos Parciales en gramos de cada muestra seca lavada.								
Muestra No.	Tamiz No. (mm)	8 (2.38)	16 (1.19)	30 (0.59)	50 (0.80)	100 (0.15)	200 (0.075)	Pasa No.200
1	Peso Retenido Parcial en gramos	19.19	26.63	27.18	22.67	13.43	7.54	0
2	Peso Retenido Parcial en gramos	11.4	16.98	9.72	4.24	1.48	0.85	0
3	Peso Retenido Parcial en gramos	16.78	32.57	39.38	33.37	16.55	9.9	0
4	Peso Retenido Parcial en gramos	8.69	10.61	10.5	4.15	8.23	5.93	0
5	Peso Retenido Parcial en gramos	15.5	22.1	14.51	7.72	2.65	1.25	0
6	Peso Retenido Parcial en gramos	21.6	20.69	14.98	11.97	10.3	5.17	0
7	Peso Retenido Parcial en gramos	13.94	18.72	18.84	13.41	10.83	6.74	0
8	Peso Retenido Parcial en gramos	6.23	10.02	7.02	4.23	2.41	1.95	0
9	Peso Retenido Parcial en gramos	3.45	2.6	2.16	2.95	5.66	5.12	0
10	Peso Retenido Parcial en gramos	12.97	18.8	18.84	13.41	9.67	5.98	0
11	Peso Retenido Parcial en gramos	11.04	16.36	10.41	5.39	2.18	1.35	0
12	Peso Retenido Parcial en gramos	13.94	18.62	18.84	5.36	10.83	6.73	0

3.1.3 Tabla 13. Pesos retenidos parciales de cada muestra de suelo seco lavado, Fuente: Elaboración propia, Marzo 2015.



Con los datos de la **tabla 13**. Correspondientes a los Pesos Retenidos Parciales en gramos (pesos secos lavados), se calcularon: Porcentajes Retenidos Parciales, Porcentajes Retenidos Acumulados y Porcentajes que Pasan por cada tamiz. En la **tabla 14** se presentan estos resultados para la muestra **No.1**. Los resultados de las otras muestras se presentan en el **anexo 9.1**.

3.1.4 Tabla 14. Material retenido húmedo en el tamiz no. 4

Fuente: elaboración propia, marzo 2015.

Tamiz No.	Peso Retenido Parcial en Gramos	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa por el Tamiz
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	0	0.00	0.00	100.00
3/4"	25.72	1.34	1.34	98.66
1/2"	87.23	4.53	5.86	94.14
3/8"	65.14	3.38	9.24	90.76
No.4	180.6	9.37	18.62	81.38
Pasa No. 4	1989.89	103.29	121.91	-21.91
Suma	2348.58			

3.1.5 Tabla 15. Material seco lavado que pasa por el tamiz no. 4

Fuente: elaboración propia, febrero 2015.

Tamiz No.	Peso Retenido Parcial en Gramos	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa por el Tamiz
4	0	0	0	100
8	16.78	9.19	27.80	72.20
16	32.57	17.83	139.74	-39.74
30	39.38	21.56	21.56	78.44
50	33.37	18.27	18.27	81.73
100	16.55	9.06	9.06	90.94
200	9.9	5.42	5.42	94.58
Pasa No. 200	0.12	0.07	0.00	0.00
Suma	148.67	81.38		
Lavado por No. 200				
Ensaye No.	Peso Seco	Peso Seco Lavado	Diferencia	Pasa la No. 200
2	787.37	43.46	743.91	0



En la **Tabla 17** se presentan los resultados de los porcentajes que pasan por cada tamiz correspondiente a cada una de las muestras, los cuales se extrajeron al completar la **tabla 16** para cada muestra analizada en el laboratorio.

Porcentajes que Pasan por el Tamiz en gramos de cada Muestra Seca Lavada.								
Muestra No.	Tamiz No. (mm)	8 (2.38)	16 (1.19)	30 (0.59)	50 (0.80)	100 (0.15)	200 (0.075)	Pasa No.200
1	% Que Pasa por el Tamiz	68.15	49.53	30.52	14.67	5.27	0	0
2	% Que Pasa por el Tamiz	57.28	28.05	11.31	4.01	1.46	0	0
3	% Que Pasa por el Tamiz	60.63	40.75	26.36	14.86	4.97	0	0
4	% Que Pasa por el Tamiz	68.32	49.93	31.73	24.54	10.28	0	0
5	% Que Pasa por el Tamiz	46.64	25.27	11.24	3.67	1.21	0	0
6	% Que Pasa por el Tamiz	62.25	41.84	27.07	15.26	5.1	0	0
7	% Que Pasa por el Tamiz	70.82	51.48	32.01	18.16	6.96	0	0
8	% Que Pasa por el Tamiz	43.91	26.76	14.72	7.47	3.34	0	0
9	% Que Pasa por el Tamiz	65.76	53.09	42.57	28.15	0.58	0	0
10	% Que Pasa por el Tamiz	68.96	49.52	30.05	16.18	6.18	0	0
11	% Que Pasa por el Tamiz	49.17	26.63	12.29	4.86	1.86	0	0
12	% Que Pasa por el Tamiz	67.43	46.53	25.39	19.37	7.55	0	0

3.1.7 Tabla 17. Porcentajes que pasan por el tamiz de cada muestra de suelo seco lavado, fuente: elaboración propia, marzo 2015.



A partir de la curva granulométrica de cada muestra se obtuvo en primera instancia el tipo de suelo principal, el diámetro efectivo (D_{10}), los diámetros (D_{30}), (D_{60}), el coeficiente de uniformidad (C_u) y el coeficiente de curvatura (C_c). Estos datos se presentan de forma resumida en la **tabla 16.1**, de resultados del análisis granulométrico realizado a cada una de las muestras recopiladas de los sondeos manuales.

Tabla de Resultados de los parámetros obtenidos de la curva granulométrica para la clasificación del tipo de suelo de cada muestra.								
Estación No.	Sondeo No.	Descripción	Profundidad (m)	D-60 (mm)	D-30 (mm)	D-10 (mm)	Cc	Cu
Est-0+000m	1	Borde Izquierdo (BI)	0.80	1.87	0.58	0.23	0.78	8.13
	2	Línea Central (LC)	0.80	2.57	1.28	0.54	1.18	4.76
	3	Borde Derecho (BD)	0.80	2.36	0.74	0.23	1.01	10.26
Est-0+250m	4	Borde Izquierdo (BI)	0.80	1.86	0.52	0.16	0.91	11.63
	5	Línea Central (LC)	0.80	3.05	1.47	0.54	1.31	5.65
	6	Borde Derecho (BD)	0.80	2.27	0.71	0.23	0.97	9.87
Est-0+500m	7	Borde Izquierdo (BI)	0.80	1.73	0.55	0.20	0.87	8.65
	8	Línea Central (LC)	0.80	3.15	1.43	0.40	1.62	7.88
	9	Borde Derecho (BD)	0.80	1.85	0.34	0.21	0.30	8.81
Est-0+750m	10	Borde Izquierdo (BI)	0.80	1.97	0.62	0.22	0.89	8.95
	11	Línea Central (LC)	0.80	2.95	1.38	0.50	1.29	5.90
	12	Borde Derecho (BD)	0.80	1.97	0.72	0.19	1.38	10.37

3.1.8 Tabla 18. Parámetros obtenidos de la curva granulométrica de cada muestra, fuente: elaboración propia, marzo 2015.



Con los datos de la **tabla 18** se procedió a la clasificación del tipo de suelo, tomando en cuenta los parámetros fundamentales de la **tabla** utilizada por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (**S.U.C.S.**), (ver tabla en **anexo** ()).

Para clasificar el tipo de suelo primeramente se analizó el porcentaje que paso y a la vez el que retuvo el **tamiz No.4**, esto con el fin de dividir el material ya sea en arena o grava (**S o G**), seguidamente se comparan los valores del coeficiente de uniformidad y el coeficiente de curvatura con los parámetros respectivos de cada uno de ellos. Los cuales definen que para gravas bien graduadas (**GW**) el **Cu>4** y el **Cc** tiene que estar entre **1 y 3**, y para arenas bien graduadas (**SP**) el **Cu>6** y el **Cc** tiene que estar entre **1 y 3**, de caso de que estos criterios no se cumplan de forma simultanea para arenas o gravas bien graduadas se clasifican como arenas o gravas mal graduadas con limo o arena respectivamente (**SP-SM o GP-S**).

El resumen de esta clasificación se muestra en la siguiente tabla:

Tabla de Resultados de la Clasificación del Suelo para cada muestra.					
Estación No.	Sondeo No.	Descripción	Profundidad (m)	Clasificación del Suelo	
				Símbolo	descripción
Est-0+000m	1	Borde Izquierdo (BI)	0.80	SP-SM	Arena mal graduada con limo.
	2	Línea Central (LC)	0.80	SW	Arena bien graduada con grava
	3	Borde Derecho (BD)	0.80	SW	Arena bien graduada con grava
Est-0+250m	4	Borde Izquierdo (BI)	0.80	SP-SM	Arena mal graduada con Limo.
	5	Línea Central (LC)	0.80	GW	Grava bien graduada con arena
	6	Borde Derecho (BD)	0.80	SP-SM	Arena mal graduada con Limo.
Est-0+500m	7	Borde Izquierdo (BI)	0.80	SP-SM	Arena mal graduada con Limo.
	8	Línea Central (LC)	0.80	GW	Grava bien graduada con arena
	9	Borde Derecho (BD)	0.80	SW	Arena bien graduada con grava
Est-0+750m	10	Borde Izquierdo (BI)	0.80	SP-SM	Arena mal graduada con Limo.
	11	Línea Central (LC)	0.80	GW	Grava bien graduada con arena
	12	Borde Derecho (BD)	0.80	SW	Arena bien graduada con grava

3.1.9 Tabla 19. Resultado de la clasificación del suelo.

Fuente: Elaboración propia, Marzo 2015.



4 CAPITULO 4: ESTUDIO HIDROLÓGICO Y DISEÑO HIDRÁULICO DEL CANAL.

4.1 Ubicación del punto de Interés.

Se localizó en el mapa geodésico proporcionado por el Instituto Nacional de Estudios Territoriales. El mapa de referencia utilizado, está a una escala de 1:50,000, y permite distinguir y visualizar con claridad las curvas de nivel.

Curvas principales, distancia entre curvas 20m

Curvas secundarias, distancia entre curvas 10m.

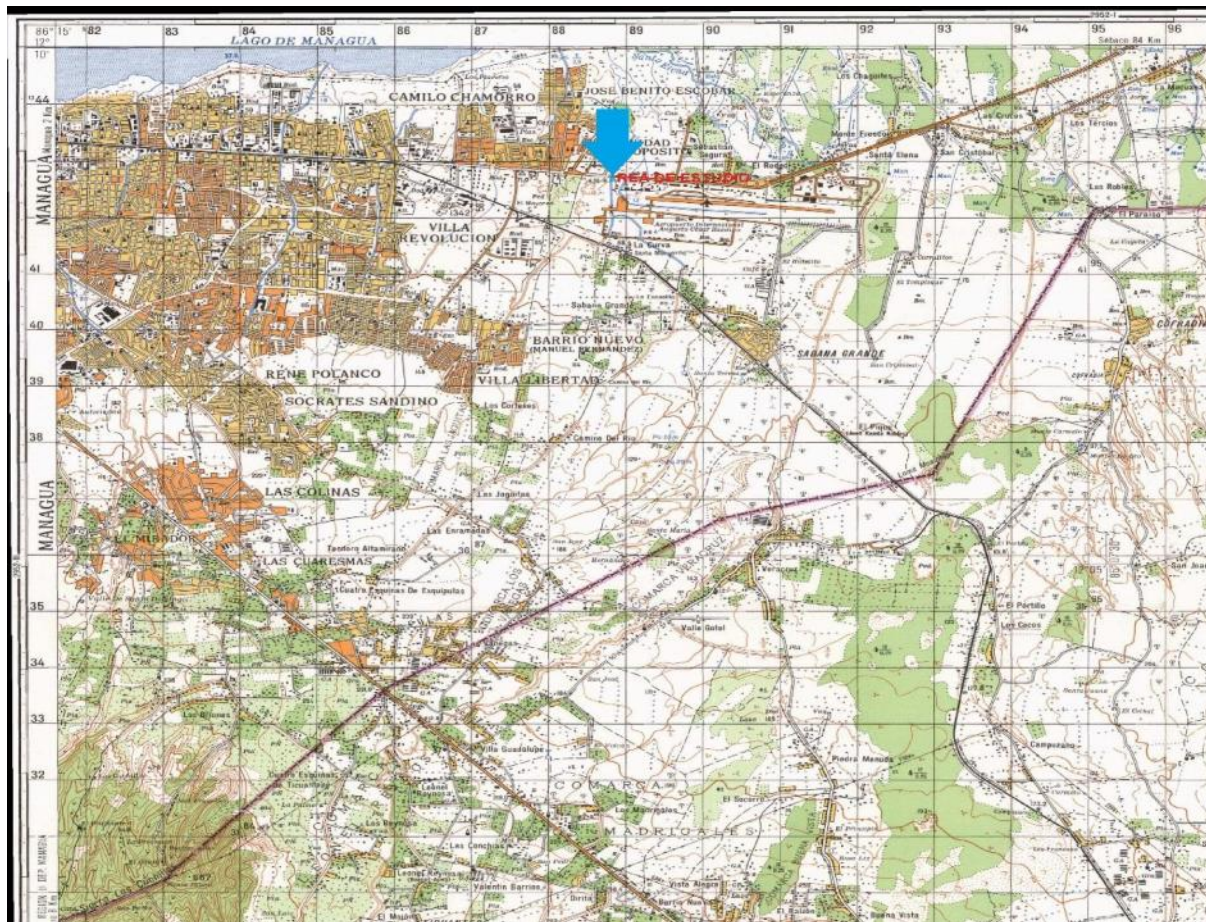


Figura 9: Ubicación del área de estudio.

Fuente: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (2014).



4.1.1 Delimitación de la cuenca.

Se delimito la cuenca estableciendo como punto de control o de cierre el que corresponde al sitio de interés de acuerdo al propósito del estudio, o sea la ubicación de las entradas de cada una de las líneas de drenaje de corriente que aportan al cauce.

4.1.2 División de la cuenca en sub-cuencas.

El tamaño de la sub-cuenca se determinado por las limitaciones del método racional que se aplica en cuencas cuya área de aportación es menor de 500 Ha (5.0 Km²). Cada sub-cuenca tiene su punto de control o cierre.

En la fitudiogura 10 se muestra la división del área de estudio en 6 (seis) microcuencas.

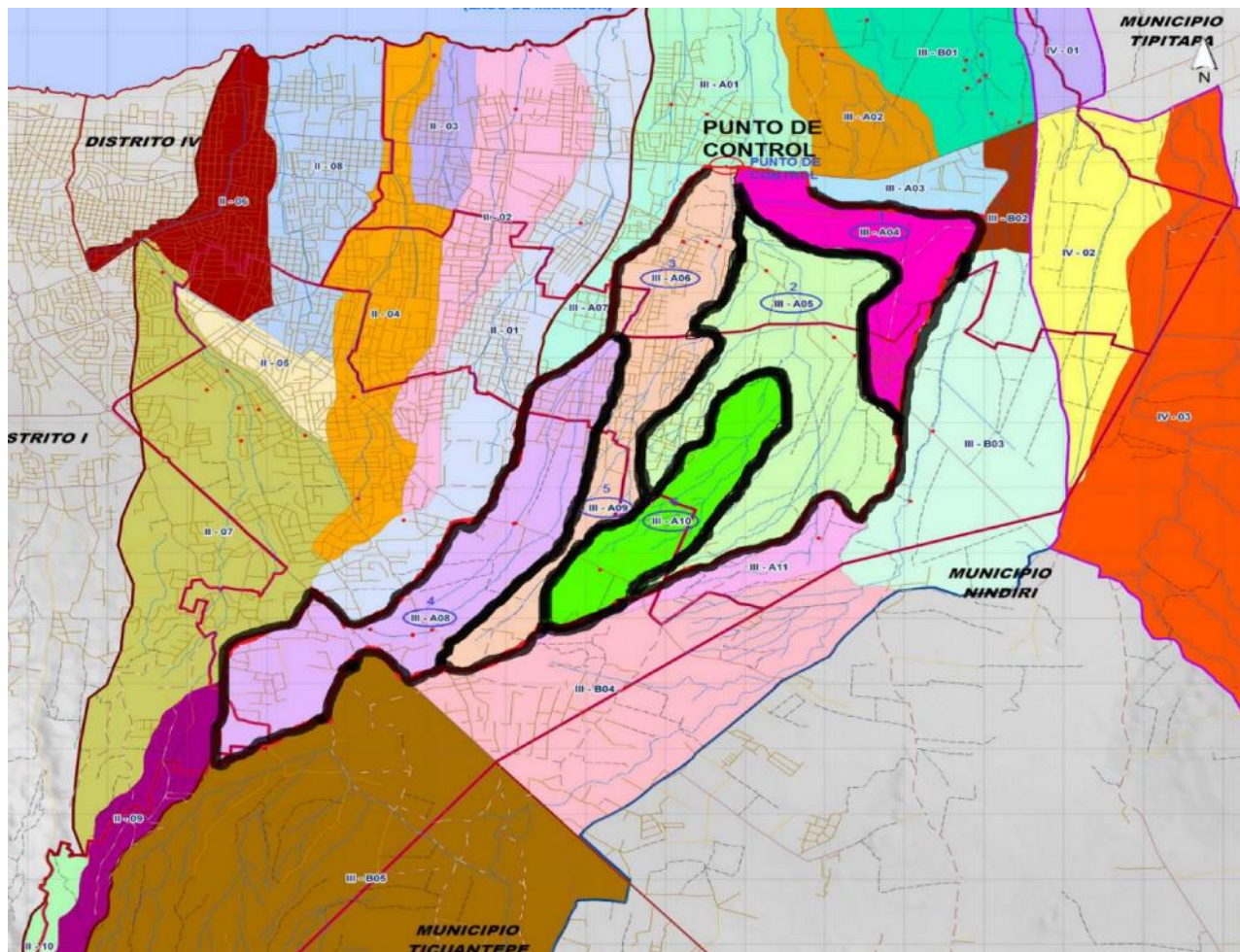


Figura 10. Delimitación de la cuenca de estudio en microcuencas, fuente: Estudio realizado por FUNDAR (2003), para Alcaldía de Managua.



Determinación de parámetros morfométricos

Para el cálculo de estos parámetros se utilizaron las siguientes formulas:

Pendiente del fondo del cauce (sc).

$$S_c = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{L} = 1.4\% \quad \text{Ecuación 11}$$

Tiempo de concentración (tc).

$$t_c = 0.0041 \left[\frac{3.28L}{\sqrt{S_c}} \right]^{0.77} = 49.76 \text{ min.} \quad \text{Ecuación 12}$$

A partir de la definición espacial del sistema de drenaje y la configuración de las Microcuencas, se estimaron los principales parámetros morfométricos, utilizados como insumos para calcular los caudales correspondientes de las microcuencas indicadas. Entre los parámetros morfométricos considerados se tienen, el área, el perímetro, la longitud del curso principal y total, las elevaciones mínimas y máximas, la pendiente, el tiempo de concentración y la densidad del drenaje, lo cuales se presentan en la **tabla 20**.

Nombre de microcuenca	Área (m ²)	Perímetro (m)	Longitud (m)	Elevación máxima (m)	Elevación mínima (m)	Pendiente del terreno (m/m)	Tiempo de concentración (min.)
III. A-04	3.91	12.52	3.64	60	90	0.0089	32.9
III. A-05	9.31	23.59	25.21	60	180	0.0181	42.08
III. A-06	3.22	9.08	5.18	60	120	0.0212	20.44
III. A-08	8.16	20.29	10.72	120	360	0.0263	40.5
III. A-09	3.22	13.71	11.51	90	230	0.0255	31.84
III. A-10	3.61	10.72	10.75	80	210	0.0313	23.71

Tabla de parámetros morfométricos de las microcuencas. Fuente Tomada del estudio realizado por por FUNDAR (2003), para la alcaldía de Managua.



4.2 Curva intensidad duración frecuencia (IDF)

4.2.1 Determinación de las intensidades máximas.

De los datos obtenidos por INETER de las estación meteorológica más cerca estación Aeropuerto Internacional Managua se tomó como referencia de análisis los años comprendidos entre 1971-2011, los diferentes periodos de tiempo 5,10,15,30,60,120 min. Los datos de las series en año se ordenaron de mayor a menor, luego se calcula directamente el promedio de la misma \bar{x} y su desviación estándar s_x . De los resultados obtenidos de \bar{x} y s_x se determinan los parámetros de la distribución de Gumbell con: $a = 1.281/Sx$ (Ec. 6) y $b = -0.4506Sx$ Ecuación 13

En la **tabla 20** se representan los datos de intensidades máximas anuales de precipitación en orden decreciente, periodo 1971-2011 para la estación Aeropuerto Augusto Cesar Sandino, Managua.

Duraciones en minutos

5	10	15	30	60	120
238.8	204.0	159.6	82.2	33.8	23.0
230.4	164.0	119.2	76.8	46.0	30.6
230.4	141.6	110.4	76.6	43.1	24.5
212.4	168.8	134.4	93.2	64.2	21.2
212.4	123.6	86.8	58.8	29.5	18.1
200.4	137.4	121.2	89.2	77.7	44.7
200.4	151.8	119.2	84.4	47.1	17.4
199.2	112.8	106.4	69.4	41.7	30.2
198.0	115.2	84.0	59.0	44.4	30.9
187.2	142.2	118.4	79.2	52.1	29.2
180.0	178.2	158.4	99.0	63.8	37.3
178.8	154.2	114.0	84.8	22.9	12.3
177.6	172.8	153.6	101.6	69.8	39.5
165.6	130.8	120.8	110.0	95.1	58.9
158.4	103.8	88.0	54.4	28.5	8.9
155.6	122.4	95.6	68.0	57.7	33.6



153.6	109.2	104.8	59.6	36.7	23.0
151.2	150.0	123.2	112.8	63.2	32.7
151.2	124.8	120.8	85.4	55.8	29.3
150.1	120.7	98.0	36.4	25.2	14.8
150.0	134.4	109.6	106.4	77.3	67.9
150.0	111.0	87.2	66.0	49.3	29.1
142.8	118.8	94.4	62.8	47.0	27.1
133.2	102.0	80.8	55.8	35.4	18.1
132.0	120.0	108.0	88.0	77.0	42.7
132.0	104.4	82.0	64.0	36.4	17.3
126.0	125.4	118.4	100.0	90.0	65.6
126.0	120.0	114.0	90.0	66.5	62.7
126.0	125.6	90.8	77.0	49.0	30.2
126.0	109.8	84.0	62.4	32.6	22.7
124.8	121.8	120.0	69.6	43.5	23.3
124.8	116.4	125.2	89.2	51.2	19.8
123.6	118.8	82.0	58.8	44.7	34.3
123.6	118.2	113.6	72.4	41.6	22.8
123.6	111.0	98.0	69.0	39.3	21.5
122.4	108.6	90.0	60.6	54.3	32.8
121.2	111.6	92.8	57.8	42.4	26.8
120.0	120.0	80.0	64.0	33.4	14.9
115.2	114.0	113.0	76.0	76.0	45.8
110.4	108.0	74.8	53.4	41.8	11.0
106.2	86.4	72.4	62.5	36.9	14.8

4.2.2 Tabla 20: datos de intensidades de precipitación en orden decreciente, periodo 1971-2011 para la estación Aeropuerto Augusto C. Sandino, Managua.

Fuente: Elaboración propia .Agosto 2014.



4.2.3 Ajuste de los datos a la función de distribución de probabilidad de gumbell.

Los datos obtenidos de \bar{x} y s_x y los parámetros de distribución de valores extremos tipo I o de Gumbell, (tabla 21) se sustituyen en la ecuación:

$$F(x) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{x - x_m}{s_x}\right)^E\right) \quad \text{Ecuación 14}$$

Que expresa la función de distribución de Gumbell, con la cual se determinaron las probabilidades teóricas (F_i) para las diferentes duraciones de las lluvias y de esta manera encontrar la variación máxima (Δ_{max}) y compararla con la variación crítica ($\Delta_{i i}$) para un nivel de significancia de 0.05, el cual corresponde aun nivel de confianza de 0.95.

La **tabla 21** presenta los datos resultantes del cálculo de los parámetros de la distribución de Gumbell, para una duración de lluvia de 5, 10, 15, 30, 60,120min.

41 Parámetros	Duración en Minutos					
	5	10	15	30	60	120
Xm	155.8902	127.6707	106.5317	75.2805	50.3390	29.5439
Sx	37.0998	23.8354	21.6502	17.5046	17.5194	14.4772
	0.0345	0.0537	0.0592	0.0732	0.0731	0.0885
	139.1731	116.9305	96.7761	67.3929	42.4448	23.0205
E	2.718282					

4.2.4 Tabla 21: datos de los cálculos de la media aritmética y desviación estándar.

Fuente: elaboración propia. Agosto 2014

El Δ_{ax} se obtiene restándole a la probabilidad teorica (F_i) la probabilidad empírica (F_e)

$$\Delta_{ax} = F_i - F_e \quad \text{Ecuación 15}$$

La probabilidad empírica (F_e) se obtiene atravez del periodo de retorno según la ecuación:

$$F_e = \frac{m}{n+1} \quad \text{Ecuación 16}$$

Donde:

= periodo de retorno

m= número de orden

n=número total de datos



En la **tabla 22** se expresan los datos resultantes del periodo de retorno para el periodo de 1971-2011, y sus correspondientes probabilidades empíricas determinadas por las ecuaciones:

$$P(X \leq X_m) = 1 - P(X > X_m) \text{ Ecuación 17, } P(X > X_m) = \frac{1}{T_R} \text{ Ecuación 18}$$

M	TR	P(X>Xm)	P(X<=Xm)
1	42.00	0.0238	0.9762
2	21.00	0.0476	0.9524
3	14.00	0.0714	0.9286
4	10.50	0.0952	0.9048
5	8.40	0.1190	0.8810
6	7.00	0.1429	0.8571
7	6.00	0.1667	0.8333
8	5.25	0.1905	0.8095
9	4.67	0.2143	0.7857
10	4.20	0.2381	0.7619
11	3.82	0.2619	0.7381
12	3.50	0.2857	0.7143
13	3.23	0.3095	0.6905
14	3.00	0.3333	0.6667
15	2.80	0.3571	0.6429
16	2.63	0.3810	0.6190
17	2.47	0.4048	0.5952
18	2.33	0.4286	0.5714
19	2.21	0.4524	0.5476
20	2.10	0.4762	0.5238



21	2.00	0.5000	0.5000
22	1.91	0.5238	0.4762
23	1.83	0.5476	0.4524
24	1.75	0.5714	0.4286
25	1.68	0.5952	0.4048
26	1.62	0.6190	0.3810
27	1.56	0.6429	0.3571
28	1.50	0.6667	0.3333
29	1.45	0.6905	0.3095
30	1.40	0.7143	0.2857
31	1.35	0.7381	0.2619
32	1.31	0.7619	0.2381
33	1.27	0.7857	0.2143
34	1.24	0.8095	0.1905
35	1.20	0.8333	0.1667
36	1.17	0.8571	0.1429
37	1.14	0.8810	0.1190
38	1.11	0.9048	0.0952
39	1.08	0.9286	0.0714
40	1.05	0.9524	0.0476
41	1.02	0.9762	0.0238

4.2.5 Tabla 22. Datos del cálculo del periodo de retorno y la probabilidad empírica periodo 1971-2011. Fuente: elaboración propia. Agosto 2014.



La tabla 23. Muestra el valor crítico (Δ_c) para los valores de N y α utilizados

Tabla 5 de smirnov kolmogorov para n valores y valores de alfa corrientemente utilizados en hidrología				
	0.02	0.1	0.05	0.01
N	0 CRITICOS			
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.49
15	0.27	0.3	0.34	0.4
20	0.23	0.26	0.29	0.36
25	0.21	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.2	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
41	0.168	0.188	0.208	0.248
45	0.16	0.18	0.2	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23

4.2.6 Tabla 23. Delta critico de smirnov kolmogorov. Fuente: blanco Chávez. M. (2003). Curso de posgrado: Explotación de Recursos Hídricos. Universidad Nacional de Ingeniera. Managua, Nicaragua.

En la siguiente Tabla 24 se resume la comparación de Δ_{max} y $\Delta_{critico}$ para el número de muestra $N=41$ y $\alpha=0.05$.

DURACIÓN EN HORAS.	MAX.	CRITICO PARA N=41 Y $\alpha=0.05$	OBSERVACIONES
1/12	0.1503	0.208	se acepta el ajuste
1/6	0.1328	0.208	se acepta el ajuste
¼	0.0757	0.208	se acepta el ajuste
½	0.0796	0.208	se acepta el ajuste
1	0.0567	0.208	se acepta el ajuste
4.2.7 Tabla 24. comparación entre Δ_{max} y crítico. Fuente: elaboración propia. Agosto 2014.	0.0702	0.208	se acepta el ajuste



4.3 Obtención de las intensidades

Por medio de la Ecuación 19 $I = \frac{[1 - ((1 - \alpha)^{1/P})]}{\alpha}$ donde $\alpha = \frac{1}{T_R}$ se encontraron las

intensidadde en mm/h para diferentes periodos de retorno 5,10,25,50 y 100 años y diraciones de lluvia de 5,10,15,30,60, y 120 min.

Los valores α y P se sustituyen en la ecuación obteniendo directamente las intensidades (mm/h).Permitiéndonos construir de esta manera las curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF ver anexo 9.12).

En la tabla 25 se representan los valores a graficar las Curvas de Intensidad- Duración- Frecuencia (IDF) de la estación meteorológica del Aeropuerto Augusto Cesar Sandino, Managua.

TR (AÑOS)	DURACIONES EN HORAS					
	5	10	15	30	60	120
	INTENSIDADES MAXIMAS (Imax. (mm/h.))					
5	182.614	144.840	122.127	87.889	62.959	39.972
10	204.347	158.803	134.810	98.144	73.222	48.453
25	231.808	176.445	150.835	111.100	86.189	59.169
50	252.179	189.533	162.723	120.712	95.809	67.118
100	272.401	202.525	174.523	130.253	105.358	75.009

4.3.1 Tabla 25. Datos para graficar las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia. Managua, Nicaragua. Fuente: elaboración propia. Agosto 2014.



4.4 Obtención de la intensidad máxima para la Estación Meteorológica del Aeropuerto Augusto Cesar Sandino, Managua.

Con los datos de la **tabla 25**. Correspondiente a las intensidades máximas y las duraciones en minutos se procede a graficar las curvas IDF (**ver anexo 10.4**), para obtener esta intensidad se intercepta el tiempo de concentración calculado con la **Ecuación 12**, para cada microcuenca. En el eje de las abscisas (X), con la curva que corresponde al periodo de 50 años, tomado del “Manual de drenaje mayor del MTI”¹¹. (Infraestructura, Manual de Drena Mayor del MTI, 2011), se hace la intercepción de este punto con el eje de las ordenadas (Y), al realizar esta intercepción se obtiene las intensidades máximas en mm/h.

4.4.1 Determinación del caudal de diseño.

Para la estimación de caudales en las microcuencas de la sub cuenca, se aplicó la ecuación conocida como ecuación racional. La misma se basa en la determinación de un caudal pico (máximo), para una lluvia de cierta intensidad sobre un área de drenaje, de forma tal que la duración de la lluvia sea lo suficiente para que toda el área de drenaje contribuya a la escorrentía superficial. Entre los componentes de la misma, se tiene El Coeficiente de Escorrentía, la intensidad en mm/hora y el área de drenaje. . Vale mencionar que los datos de uso de suelo (Uso), tipo de suelo (T) y pendiente del terreno (Pt) se obtuvieron de la **tabla 54 del anexo 10.3.1**, correspondiente a los **Parámetros para determinar el coeficiente de escorrentía**. La ecuación viene dada por la expresión:

$$Q = C.I.A/K \text{ Ecuación 20.}$$

Donde:

C: el coeficiente medio de escorrentía de la cuenca o superficie drenada, es a dimensional.

I: la intensidad media de precipitación en mm/hora, correspondiente al período de retorno considerado y a un intervalo igual al tiempo de concentración.

A: área de drenaje de la cuenca en hectáreas o km².

K: un coeficiente que depende de las unidades en que se expresen Q y A, y que incluye un aumento del 20 % en Q para tener en cuenta el efecto de las picos de precipitación. Se utilizará k= 360 para obtener un valor de caudal en metros cúbicos por segundo (m³/s) y K=3.6 cuando el área introducida sea en km² para obtener el valor d Q en m³/seg.



Finalmente se presenta la **tabla 26** con los caudales de cada microcuenca y con la sumatoria de estos el caudal máximo el cual es tomado como el caudal de diseño. Cabe mencionar que para el cálculo del caudal de diseño se tomaron los datos de las intensidades calculadas en nuestro estudio hidrológico y no las del estudio de FUNDAR.

Nº. CUENCA	NOMBRE DE SUB-CUENCA	CONSTANTE	AREA (Km2)	I.(mm/h)	Us	Ts	Pt	C (m/m)	Q (m3 /s) EN CADA MICROCUENCA
1	III. A-04	3.6	3.91	115	0.06	1	1	0.06	7.49
2	III. A-05	3.6	9.31	105	0.06	1	1	0.06	16.29
3	III. A-06	3.6	3.22	146	0.06	1	1	0.06	7.84
4	III. A-08	3.6	8.16	103	0.06	1	1	0.06	14.01
5	III. A-09	3.6	3.22	110	0.06	1	1	0.06	5.90
6	III. A-10	3.6	3.61	130	0.06	1	1	0.06	7.82
CAUDAL TOTAL (Q)									59.36

4.4.2 Tabla 26: parámetros utilizados para el cálculo del caudal de diseño aplicando el Método Racional. Fuente: elaboración propia. Agosto 2015.

Uso del suelo **Us: 0.06** (Malezas, arbustos, solar baldío, cultivos perennes, parques, cementerios, campos deportivos)

Tipo de suelo **Ts: 1** (Permeable (terreno arenoso, ceniza volcánica, pómez)

Pendiente del terreno **Pt: 1** (por rango)

4.5 Diseño hidráulico del canal

El caudal que transportara el canal rectangular será de de 59.36 m³/s. El criterio adoptado para el diseño del canal es el de máxima eficiencia hidráulica, debido a que hemos supuesto que el costo de construcción es aproximadamente proporcional al área hidráulica del canal. En base a esto la sección más eficiente será la que con cierta área se descargue el mayor gasto posible.

El canal será revestido de concreto con resistencia a la compresión de 21 MPa con un espesor de 0.25m, se asumen pérdidas de filtración por día de 0.04 m³/día*m².

El gasto que recibirá el canal será el caudal obtenido del estudio hidrológico de Qd= 59.36 m³/s.



4.5.1 Parámetros de diseño.

Una vez encontrado el caudal de diseño en el acápite anterior se procedió al diseño de la estructura hidráulica del canal y para él se contó con siguientes datos:

Tramo 0+000 – 1+000

- Longitud= 1000m
- Cota mayor= 224.47
- Cota menor= 220.075
- Sc= 0.0044
- z= 0
- n= 0.013
- $Q_d = 59.36 \frac{m^3}{s}$

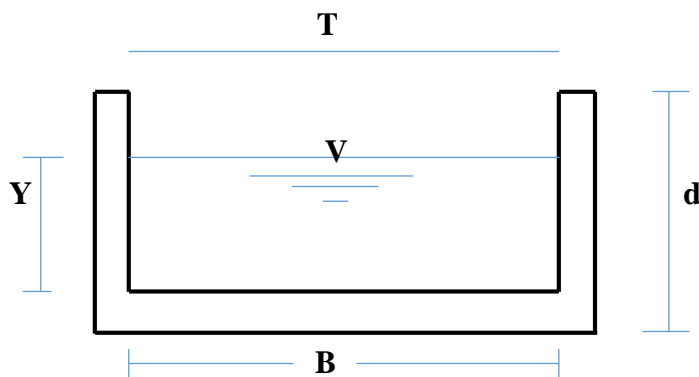


Figura 10: Sección transversal del canal

El canal será revestido con concreto con resistencia de $210kg/cm^2$ y el espesor de las paredes será de 0.25cm el cual tendrá pedidas de filtración por día de $0.04 m^3/día \cdot m^2$.

4.5.2 Diseño por sección optima

$$\frac{b}{y} = 2\sqrt{1 + z^2} - z \quad ; \quad - = m \text{ Ecuación. 21}$$

Proponiendo un valor de $b= 4$ y de $m=2$

$$- = m ; y = \frac{b}{2} = \frac{4}{2} = 2$$



$$A = 2y^2 \quad \text{ó .22}$$

$$A = 2(2)^2 = 8 \quad \text{m}^2$$

$$P = 2y + b \quad \text{ó .23}$$

$$P = 2(2) + 4 = 8 \quad \text{m}$$

$$P = 2(2) + 4 = 8$$

Radio hidráulico = RH

$$RH = \frac{A}{P} = \frac{8}{8} = 1$$

$$RH = \frac{8}{8} = 1$$

$$T = 2y = b \quad \text{ó .24}$$

$$T = 2(2) = 4 \quad \text{m}$$

$$T = 2(2) = 4$$

$$V = \frac{1.49}{n} R^{2/3} S^{1/2} (A) = A V \quad \text{ó .25}$$

=

-

$$V = \frac{1.49}{0.013} (1)^{2/3} (0.0044)^{1/2} (8) = 40.82 \text{ m/s}$$

=

Las dimensiones del canal propuesto no son aceptables ya que el gasto del diseño es menor que el permitido por el canal. Por lo que se tiene que calcular un nuevo tirante para encontrar la sección que permita evacuar el caudal de diseño de manera eficiente, lo cual procede de la siguiente manera:

Con los datos encontrados de la sección anterior se procede a calcular la velocidad límite permitida para canales revestidos. La velocidad límite para el canal de concreto de 210 kg/cm² = 7.40 m/s = V_{max}.



Velocidad limite (V) para canales de concreto

$$R_h = 1, s = 0.0044$$

$$= \frac{1}{0.013} (1)^{\frac{2}{3}} (0.0044)^{\frac{1}{2}} = 5.102 \text{ — } \quad \text{ó } .26$$

$$V = \frac{1}{0.013} (1)^{\frac{2}{3}} (0.0044)^{\frac{1}{2}} = 5.102 \text{ —}$$

$$V < V$$

$$5.102 \text{ — } 7.4 \text{ — } \quad \text{Ok.}$$

$$\text{El nuevo tirante del canal} = z = \left(\frac{Q}{V} \right)^{0.4} \quad \text{ó } .27$$

$$z = 2 \left(\frac{59.36}{40.82} \right)^{0.4} = 2.32$$

Numero de froude

$$NF = \frac{v}{(g \cdot R_h)^{\frac{1}{2}}} \quad \text{ó } .28$$

$$NF = \frac{v}{(g \cdot R_h)^{\frac{1}{2}}}$$

$$NF = .$$

$$NF > 1 =$$

$$NF < 1 =$$



Con el nuevo tirante calculado se procede a realizar nuevamente la sección del canal por máxima eficiencia, sabiendo que el tirante ahora es de 2.32m y que la base es el doble del tirante según la igualdad $2 = \dots$, el resumen de los cálculos de la sección por máxima eficiencia se presentan en la tabla 28. Estos resultados corresponden a los parámetros reales o definitivos que tendrá el canal.

DISEÑO HIDRAULICO DEL CANAL POR MAXIMA EFICIENCIA			
DATOS DE ENTRADA EST. 0+000m A LA EST. 1+000m		PARAMETROS FISICOS DEFINITIVOS DEL CANAL	
Qd	59.36	AHreal	10.794
Sc	0.0044	Phreal	9.293
Lc	1000	RHreal	1.162
n	0.013	T=b	4.65
b	4.65	Vlim-real	5.638
Yreal	2.32	Qc-real	60.854
z	0	Yreal	2.32
m	2	NF-real	1.181

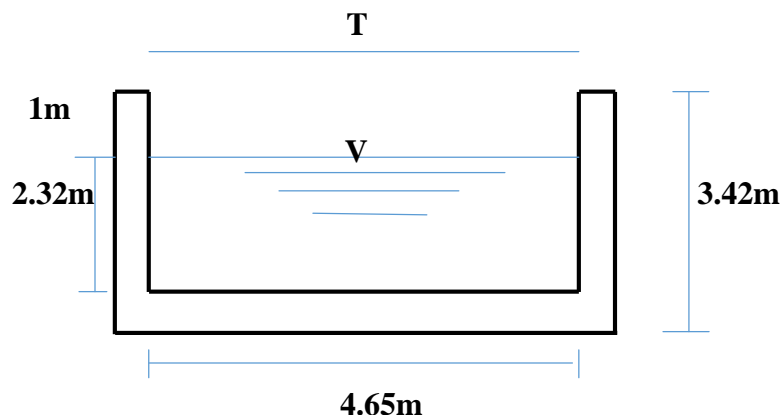
4.5.1 Tabla 28: diseño hidráulico del canal por máxima eficiencia

Fuente: Elaboración Propia. Agosto 2014

Qd: caudal de diseño, **Sc:** pendiente del canal, **Lc:** longitud del canal, **n:** coeficiente de rugosidad del concreto, **b:** base del canal, **Yreal:** tirante real del canal, **AHreal:** área hidráulica real, **Phreal:** perímetro húmedo real, **RHreal:** radio hidráulico real, **T:** tirante superficial, **Vlim:** velocidad limite, **Qcreal:** caudal calculado real, **NFreal:** numero de froude real.

4.5.2 Sección del canal rectangular definitivo.

El canal tendrá una sección rectangular con las dimensiones mostradas en figura (11), además tendrá un borde libre de 1m, el cual se tomó de la tabla 5, de bordes libres en función del caudal.





4.5.3 Diseño geométrico

Se realizó el diseño geométrico del canal el cual comprende el cálculo de los elementos geométricos de cada curva en total se nueve curvas horizontales principales a lo largo del cauce en estudio, las cuales se enumeran a continuación y cuyos cálculos se presentan en el **anexo 9.15.1** de este documento.

CURVA #1

Est -0+040

$$r_1 = 10.20$$

Inicio de la curva: 0+031.22,

Fin de la curva: 0+049.02

CURVA #2

Est -0+160

$$r_1 = 0.15$$

Inicio de la curva: 0+160.00,

Fin de la curva: 0+159.47

CURVA # 3

Est -0+380

$$r_1 = 3$$

Inicio de la curva: 0+377.17,

Fin de la curva: 0+382.93

CURVA # 4

Est -0+400

$$r_1 = 6.5$$

Inicio de la curva: 0+393.87,

Fin de la curva: 0+405.16



CURVA # 5

Est -0+500

$$r_1 = 3.7$$

Inicio de la curva: 0+496.33,

Fin de la curva: 0+502.81

CURVA # 6

Est -+760

$$r_1 = 27.6$$

Inicio de la curva: 0+744.52,

Fin de la curva: 0+774.63

CURVA # 7

Est- 0+800

$$r_1 = 14$$

Inicio de la curva: 0+789.98,

Fin de la curva: 0+805.28

CURVA # 8

Est -0+920

$$r_1 = 16.8$$

Inicio de la curva: 0+907.19,

Fin de la curva: 0+925.53

CURVA # 9

Est- 0+960

$$r_1 = 11.4$$

Inicio de la curva: 0+951.68,

Fin de la curva: 0+964.17



En la **tabla 28**: se presentan los resultados del cálculo de los elementos geométricos de cada una de las curvas horizontales analizadas.

TABLA DE RESULTADOS DE ELEMENTOS GEOMETRICOS DE CADA CURVA HORIZONTAL									
No. Curva	Est. inicial	Est. final	Δ	Tangente (m)	G. de Curva	Externa (m)	Mediana (m)	Cuerda max.(m)	Desarrollo
1	0+031.21	0+049.02	10.20	2.09	42.55	0.09	0.09	4.17	4.8
2	0+160.00	0+169.47	0.15	0.030	42.55	2.01	2.01	0.061	0.070
3	0+377.17	0+377.17	3	0.615	42.55	0.085	0.085	1.23	1.41
4	0+393.87	0+405.16	6.5	1.23	42.55	0.037	0.037	2.66	3.06
5	0+496.33	0+502.81	3.7	0.759	42.55	0.012	0.012	1.51	1.74
6	0+744.52	0+774.63	27.6	5.77	42.55	0.698	0.698	11.21	13
7	0+789.98	0+805.28	14	2.88	42.55	0.176	0.176	5.73	6.58
8	0+907.19	0+925.53	16.8	3.47	42.55	0.254	0.254	6.86	7.89
9	0+951.68	0+964.17	11.4	2.34	42.55	0.12	0.12	4.66	5.36

4.5.4 Tabla 28. Elementos geométricos de curvas horizontales del canal.

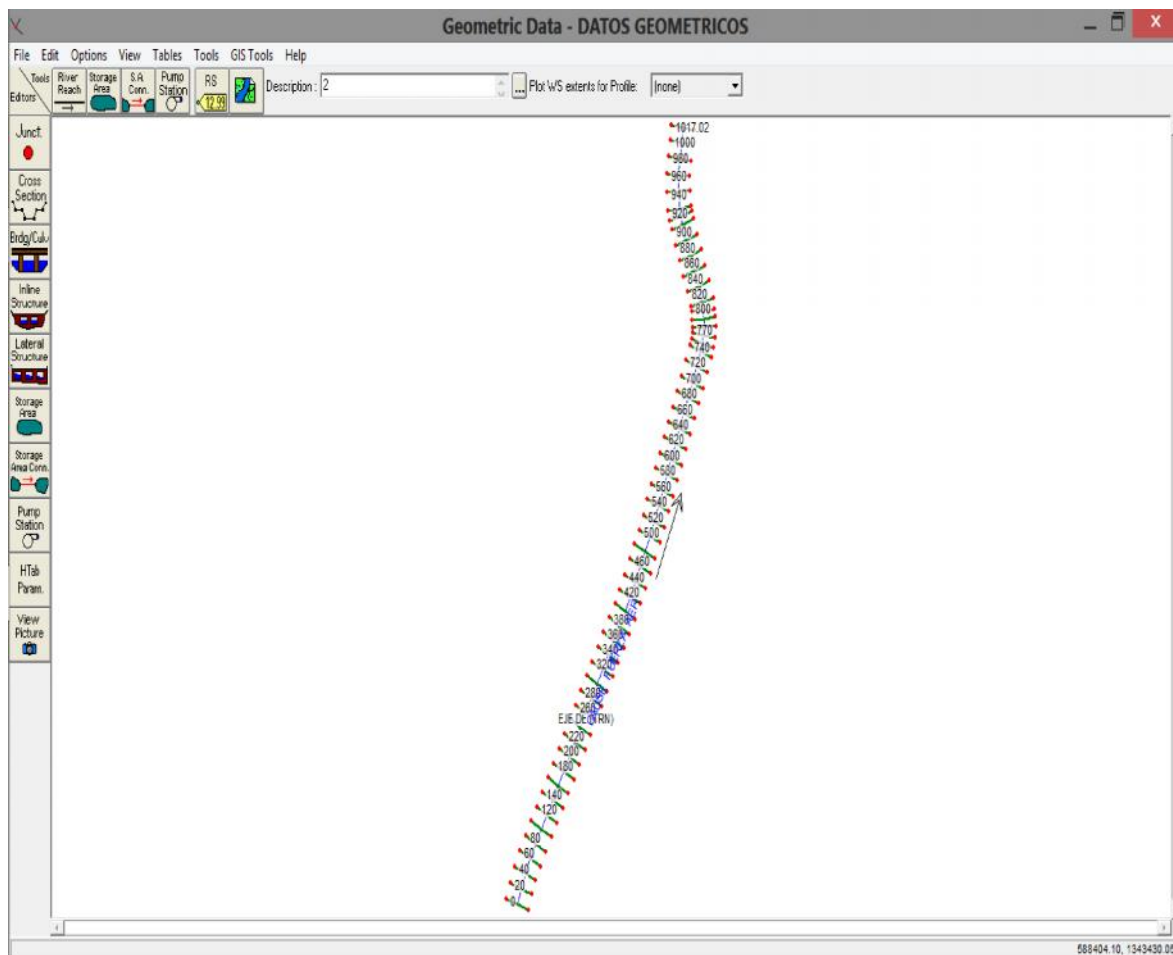
Fuente: Elaboración propia Marzo 2015.



5 CAPÍTULO 5. MODELACIÓN DEL DISEÑO HIDRÁULICO DEL CANAL RECTÁNGULAR EN EL SOFTWARE HEC-RAS.

Para la realización de esta simulación se contó con datos obtenidos de los diferentes estudios realizados anteriormente, para darle partida a la simulación se dispuso de los diferentes puntos del levantamiento topográfico, los cuales fueron introducidos al programa **Civil 3D** y luego exportados del mismo para ser importados desde el software **HEC-RAS**, con estos datos se generaron las diferentes secciones transversal a lo largo del canal.

En la **figura 12**, se presentan estas secciones transversales generadas en HEC-RAS, las cuales están separadas a una equidistancia de 20m entre si partiendo desde la estación 0+000.00m a la estación 1+000.00m.



5.1.1 Figura 12: secciones transversales generadas en HEC-RAS

Fuente: extraída del software HEC-RAS, de la simulación del cauce natural, Marzo 2015.

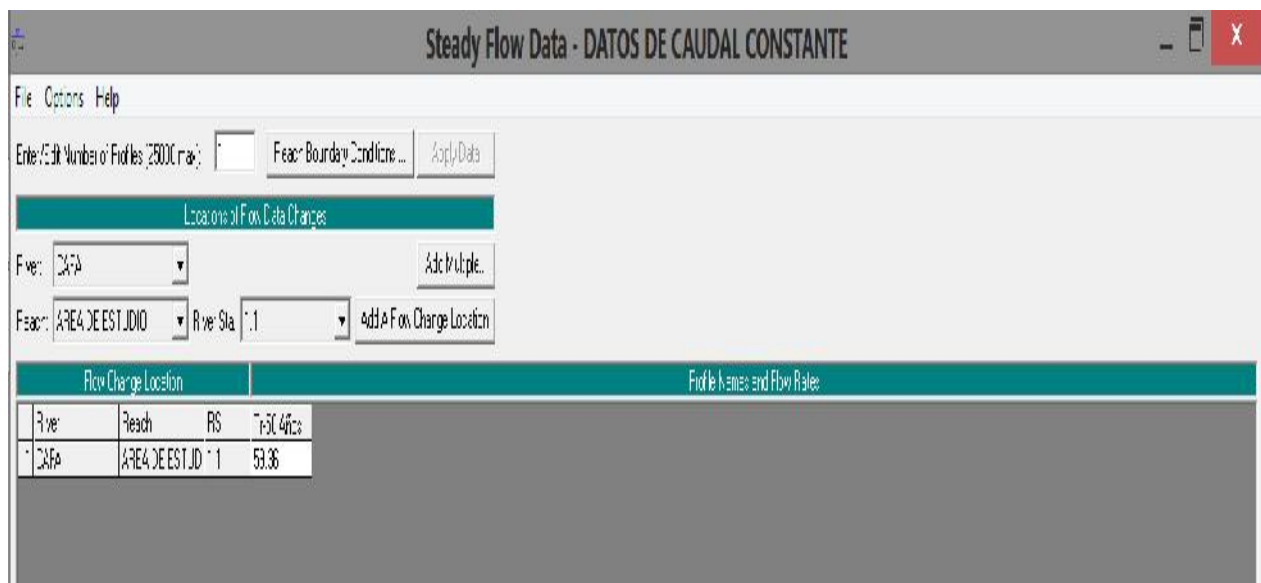


Luego con los datos de la tabla 29 se procedio a introducirlos en el programa para dar inicio con la simulación del canal. Cabe mencionar que estos datos de caudales se obtuvieron a partir del estudio hidrológico de la Cuenca realizado en el capítulo 3 de este documento.

Parámetros para simulación de la sección del canal rectangular en condiciones hidráulicas (sección propuesta en el diseño).						
Periodo de Retorno (años)	Caudal (m3/s)	Pendiente (mm)	Longitud (m)	Base (m)	Tirante+Borde Libre (m)	“n” De Manning.
TR	Q	S	L	b	d	n
50	59.36	0.0044	1000	4.65	3.32	0.013

5.1.1 Tabla 29: de parámetros de entrada para simulación del cauce en estudio. Fuente: elaboración propia, marzo 2015.

En la figura 13 se introduce el caudal de diseño el cual esta proyectado para un periodo de 50 años

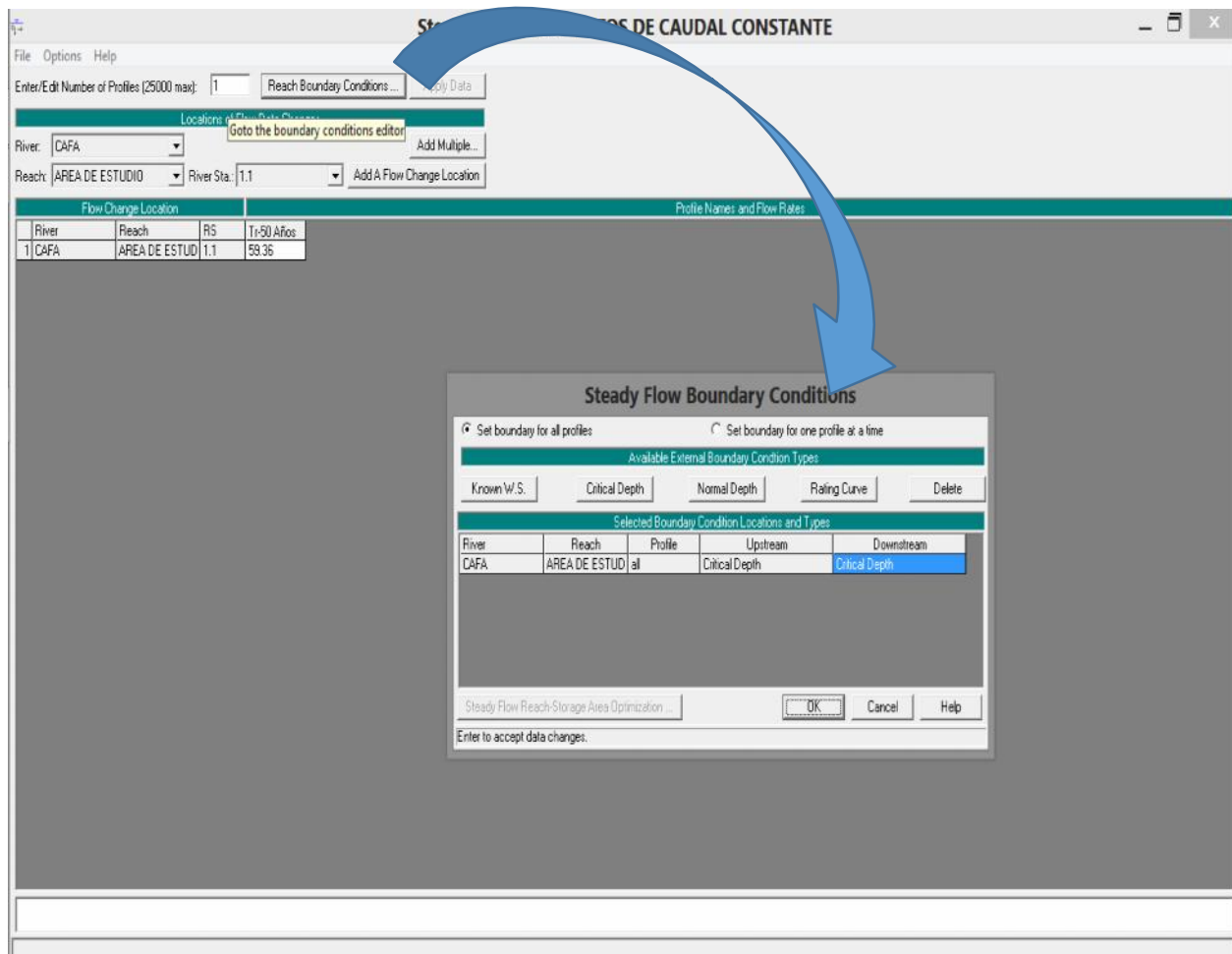


5.1.2 Figura 13: datos de caudal constante Fuente: Extraída del software HEC-RAS, de la simulación del cauce natural, Marzo 2015.



Siempre en la misma ventana de **steady flow** date del programa se agregaron las condiciones límites del rio pinchando en la barra (**reach boundary conditions**), en esta ventana el programa necesita saber el nivel de agua inicial en los extremos de cada tramo o sección del rio ya sea aguas abajo o aguas arriba del rio o del cauce en este caso (**ver imagen 14**).

En nuestro caso se trabajó para una profundidad normal (**normal depth**), aguas abajo y la pendiente del terreno natural la cual corresponde a $s= 0.0044$

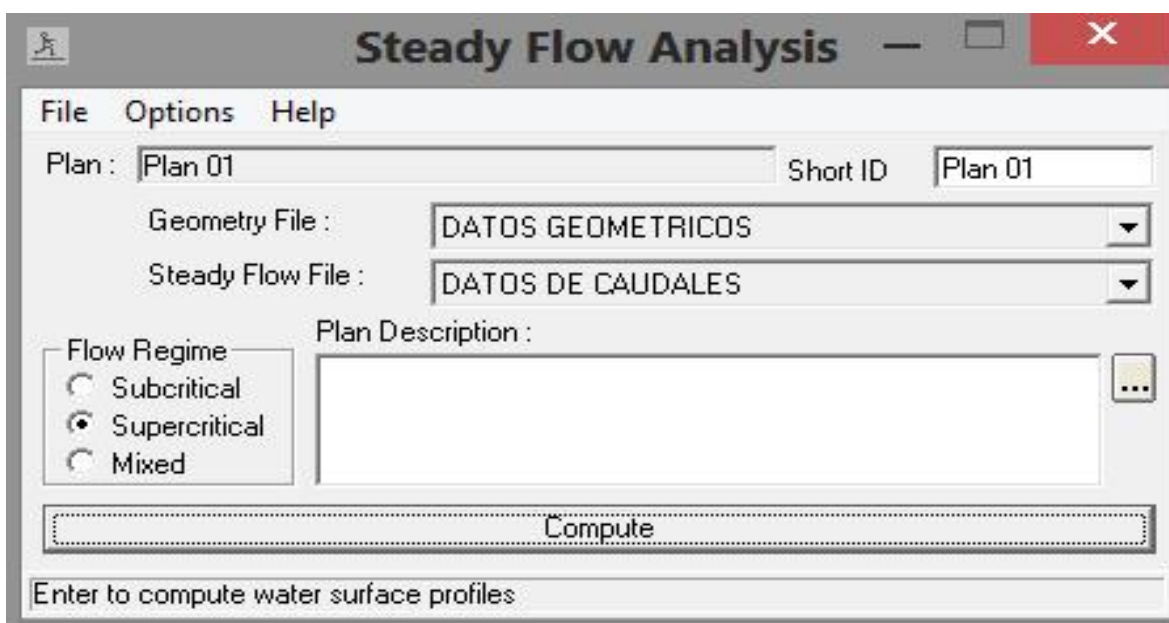


5.1.3 Figura 14: condiciones de entorno del cauce natural en estudio.

Fuente: extraída del software HEC-RAS, de la simulación del cauce natural, Marzo 2015.



Y por último para que el programa pueda comenzar el proceso de simulación este necesita saber las características del flujo ósea el tipo de flujo; que puede ser **suscrítico, Supercrítico o mixto**, (ver imagen 14) el cual está en dependencia del número de Froude que se obtiene a partir del estudio hidráulico, obteniendo un valor del **Froude de 1.18** (ver cálculos en la página 81 de este documento), correspondiente a un flujo Supercrítico según el parámetro de Froude el cual dice que si $F > 1 = \text{supercrítico}$.



5.1.1 figura15: analisis de flujo constante

Fuente: Extraída del software HEC-RAS, de la simulación del cauce natural, Marzo 2015.

Finalmente introducidos todos los parámetros que el programa requiere para la simulación damos clic en la barra **Compute** y, si el programa no encuentra ningún error, este realiza la simulación con la cual se obtienen los siguientes:

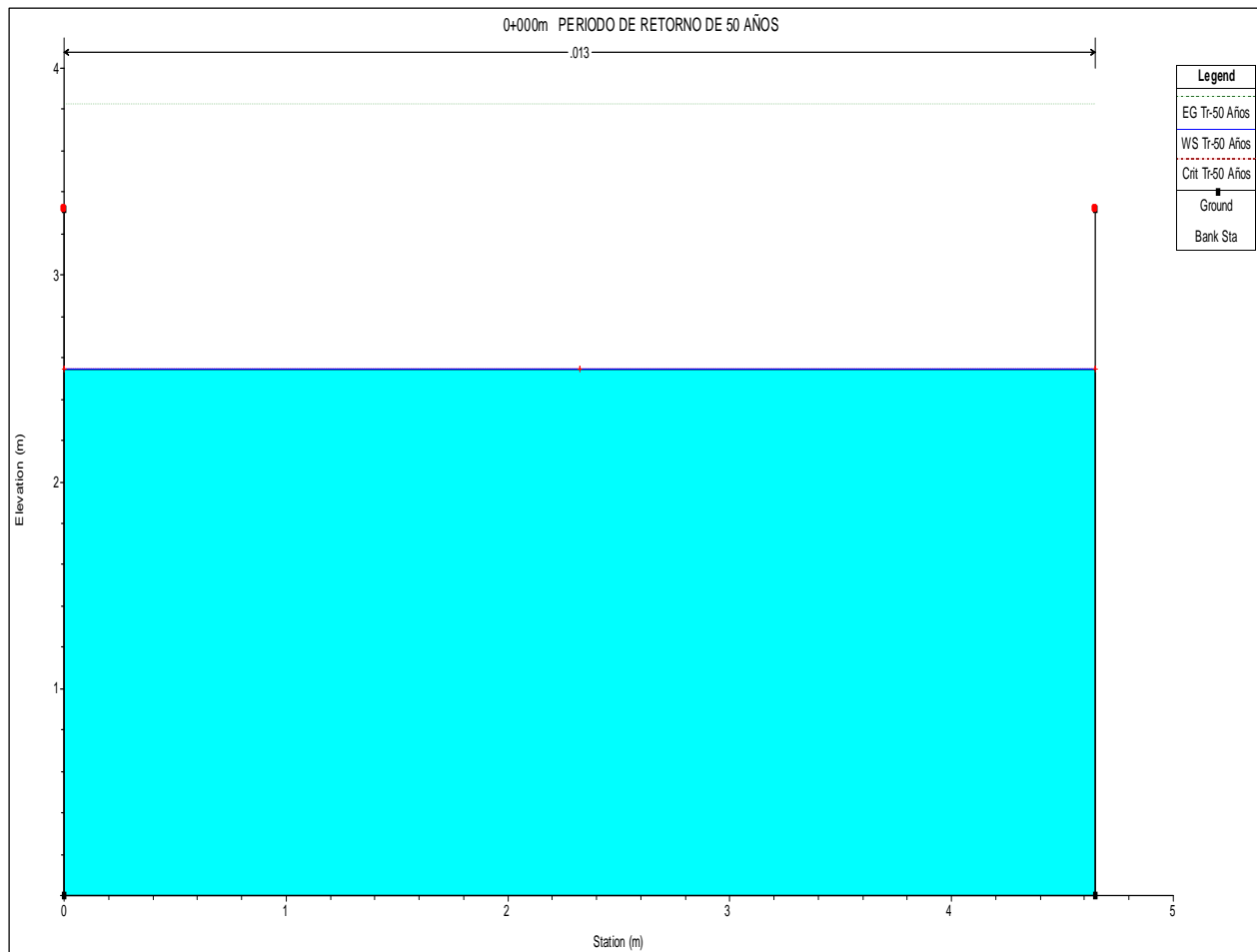
De la simulación se obtuvieron los siguientes resultados

- El perfil del flujo.
- Altura de la lámina de agua.
- Velocidad del flujo.
- Número de Froude.
- Radio hidráulico.
- Área mojada.
- Perímetro mojado.
- Pendiente entre secciones.



Sección transversal del canal.

En la **figura 19**: correspondiente a la sección hidráulica del canal se observan los niveles de la lámina de agua de los diferentes periodos de retornos, la línea de color azul representa el periodo de retorno de 50 años para el cual le corresponde un caudal de de $59.36 \text{ m}^3/\text{s}$, el cual se utilizó para el diseño del canal en cuestión. De la figura se obtuvo el tirante hidráulico generado por este caudal el cual es de 2.83m , este valor representa el nivel máximo que llega la lámina de agua a lo largo del canal.



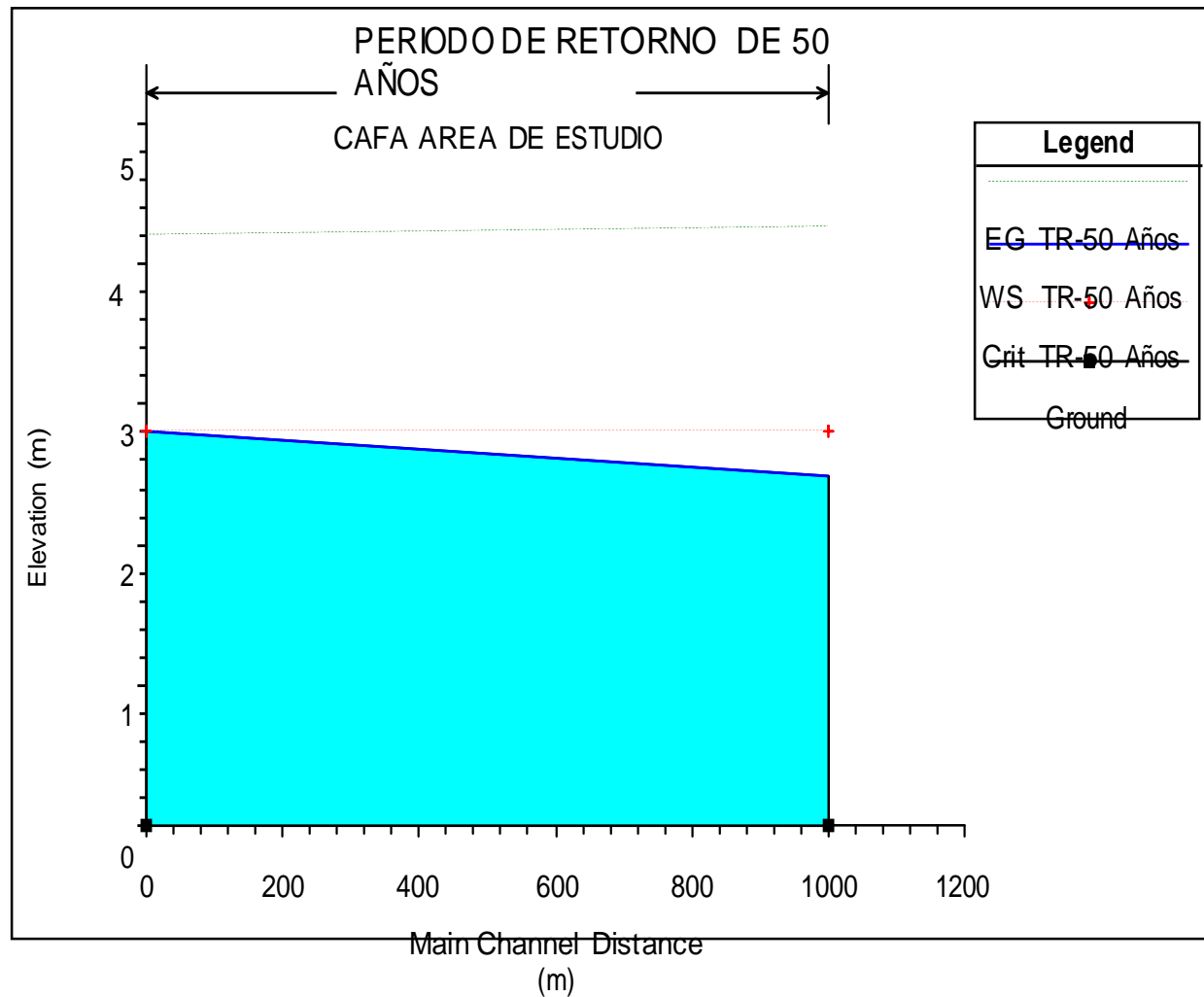
5.1.2 Figura 19: representación de la sección transversal del canal.

Fuente: Extraída del software HEC-RAS, de la simulación del cauce natural, Marzo 2015.



Perfil de flujo

En la **figura 20**: se muestra el comportamiento del flujo a lo largo del canal y la variación del tirante hidráulico, tanto aguas arriba como aguas abajo generado por el caudal de diseño. De la figura se sacó esta variación la cual corresponde a los valores de 2.83m en estación 0+000m (entrada) y 2.55m para la estación 1+000m (salida).



5.1.3 Figura 20: perfil de flujo del canal rectangular en estudio.

Fuente: Extraída del software HEC-RAS, de la simulación del canal en condiciones hidráulicas, Marzo 2015.



Vista en 3D del canal rectangular

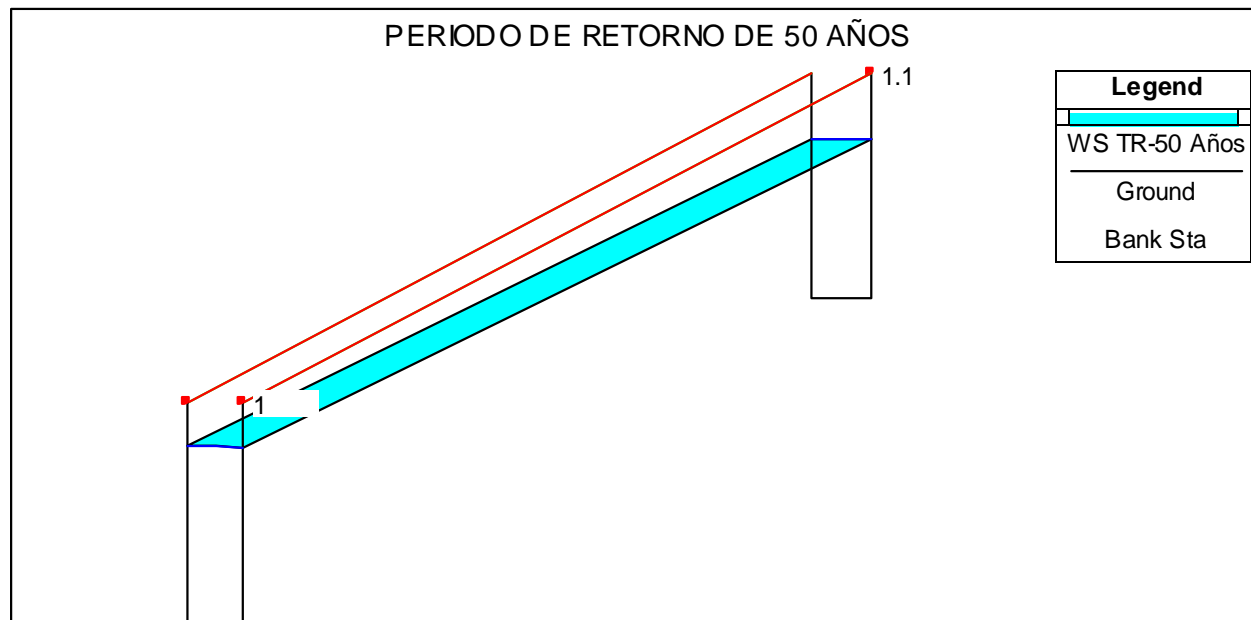


Figura 36: Vista del canal en 3D. Fuente: Extraída del software HECRAS, de simulación del cauce en condiciones Hidráulicas.

En la **tabla 30**. Se presentan los resultados generados en la simulación del canal, los cuales reflejan que la sección propuesta trabajara de forma eficiente y sin causar riesgos de un posible desbordamiento del caudal transportados por el canal.

No. de Estacion	Caudal m ³ /s	Tirante min.	Tirante max.	Pendiente	velocidad	Área hidraulica	Tirante superficial	No. froude
Est-0+000m	59.36	2.55m	2.80m	0.0044	5.01m/s	11.55m ²	4.65m	1.20
Est-1+000m	59.36	2.83m	2.80m	0.0032	5.25m/s	11.55m ²	4.65m	1.00



6 CAPITULO 6: ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DE LOS MATERIALES A UTILIZAR EN EL REVESTIMIENTO DEL CANAL.

El presente Presupuesto de Estimación de Costos e Inversión Total del “**revestimiento del canal rectangular diseñado en el distrito seis de la Ciudad de Managua**”, refleja el precio unitario que constituye el precio de cada concepto de obra. Para obtenerlo se analizan sus componentes:

Costos Directos (materiales, mano de obra, herramientas y equipos).

Costos los Indirectos (gastos administrativos, impuestos y utilidad).

Para definir las etapas, se utilizó el “Catálogo de Etapas y Sub -etapas del (El nuevo FISE, 15 de Agosto del 2008), para proyectos de Rodamiento y Drenaje Pluvial. A partir del “Maestro de Costos Unitarios Primarios”¹ y del “Maestro de Costos Unitarios Complejos del FISE, se determinó el costo relacionado a cada unidad en específica.

6.1 Costos Directos

Materiales: Se consultó la Guía de Costos y el Catálogo de Precios de de diferentes ferreterías de Nicaragua, algunos precios ya están totalizados por componente, por ejemplo: el costo de alquiler de las placas symons, ya incluye los costos de los accesorios para su ensamblaje.

Mano de obra: Se determinó como un porcentaje del costo unitario de la actividad (material + equipo).Este costo es de forma individual.

Equipos y Herramientas: Se obtuvo a partir de la Guía de Costos del FISE mencionada anteriormente, de acuerdo a la unidad de medida reflejada.

6.1.1 Costos indirectos

Para la determinación de los costos indirectos se aplicaron factores del total de costos directos de la obra:

6.1.2 Costos indirectos de operación

Gastos Administrativos: 15% del costo directo (honorarios, sueldos, prestaciones y servicios)

Alquileres y depreciaciones.

Obligaciones y seguros.

Materiales de consumo.

Se considerará un 10% de imprevisto aplicado al costo directo (CD).



Los costos de administración serán un 10% del costo directo.

Los costos de supervisión serán del 8% del costo directo.

Se calculó las utilidades de la siguiente manera:

Utilidades: 10% de CD+ADM.+IMPREVISTOS.

El impuesto municipal es de 1% del CD+CI.

6.1.3 Procedimiento metodológico para la determinación de los costos

- a) Cálculo de la cantidad de obra según los planos y las especificaciones técnicas del diseño.
- b) Cantidad de materiales, mano de obra y equipos en el proyecto de revestimiento del canal rectangular.
- c) Una vez calculada las cantidades de obras y analizados los materiales, mano de obra y equipos que intervienen en cada etapa del proyecto, se calcula el costo unitario por etapa y sub-etapa de actividades de obra tomando como base las guías de costo y presupuestos del FISE.
- d) Costo total directo que es la cantidad por el costo unitario de cada uno de los componentes: materiales, mano de obra y equipos.
- e) Cálculo del costo total directo de cada etapa que es la suma de costo total directo de materiales, mano de obra y equipos.
- f) Los costos indirectos: impuestos, imprevistos, administración resultan de la aplicación de un porcentaje al total de los costos como se indicó anteriormente.
- g) Al final se suma costos directos y los indirectos y se obtiene el costo total del proyecto.

Después de obtener resultados detallados de la Memoria de cálculo, se muestran las tabla 33 con los resultados del costo total correspondientes a los materiales que se utilizaran en este del Proyecto, y la tabla 34, presenta el costo de mano de obra por cada actividad, la suma de estas dos tablas nos da el costo total para la realización de este proyecto. Sin duda la construcción del mismo beneficiara a un gran número de personas de este sector del municipio.



Tabla de resultados de los costos unitarios de los materiales que se utilizaran en el revestimiento del canal rectangular.

TABLA DE CANTIDADES Y COSTOS DE MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	U/M	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL C\$	COSTO DÓLAR \$
MATERIAL SELECTO	M3	3740.91	130	486,318.30	18,011.79
ALAMBRE DE AMARRE # 18	LBS	2930000	12	35160,000.00	1302,222.22
ACERO DE REFUERZO # 4	KG	50857	86.5	4399,130.50	162,930.76
ACERO DE REFUERZA # 5	KG	97092.6	203.31	19739,896.51	731,107.28
PLACAS METALICAS (PLAFOM)	M2	5000	444.38	2221,900.00	82,292.59
AISLANTE (ACEITE)	LTS	152	65	9,880.00	365.93
CONCRETO PREMEZCLADO (3000PSI)	M3	2930	3240	9493,200.00	351,600.00
GAVION DE CAJA DE MALLA HEXAGONAL DE DOBLE TORSION GALVANIZADO (INCL. GEOTELA)	M3	700	2903.51	2032,457.00	75,276.19
TOTAL				76,809,800.50	2723,806.75

6.1.4 Tabla 33: Costos de los materiales a utilizar en el revestimiento del canal.

Fuente: elaboración propia abril 2015



En esta tabla se presentan los alcances de obras a realizarse y los costos totales los mismos, cabe mencionar que esta tabla solo corresponde a costos de mano de obra.

TABLA DE COSTO DE MANO DE OBRA DEL REVESTIMIENTO DEL CANAL DISEÑADO						
ITEM	Concepto	Unidad	Cantidad	costo unitari	Costo de Material en C\$	Costos de materiales en U\$
10	PRELIMINARES				252500	9.365,73
01	LIMPIEZA INICIAL	M2	500	15	7500	278,19
02	INSTALACION DE ROTULO	GLB	1	5000	5000	185,46
03	INSTALCION PROVOCIONAL DE ENERGIA	ML	300	500	150000	5.563,80
04	CONSTRUCCION CHAMPA TEMPORALES	M2	150	200	30000	1.112,76
05	TRAZO Y NIVELACION CON TOPOGRAFIA	M2	1000	60	60000	2.225,52
20	MOVIMIENTO DE TIERRA				2.236.255,93	82.947,18
01	VOLUMEN DE CORTES	M3	3740,91	112,53	420964,6	15.614,41
02	VOLUMEN DE RELLENO	M3	810,28	388,56	314842,4	11.678,13
03	ACARREO DE MATERIAL	M3	3740,91	200	748182	27.751,56
04	RELLENO Y COMPACTACION CON EQUIPO	M3	4676,14	150	701421	26.017,10
05	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION	GLB	1	20000	20000	741,84
06	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE	GLB	1	30845,9	30845,93	1.144,14
30	FUNDACIONES				32.842.946,40	1.218.210,18
01	ARMADO DE ACERO DE REFUERZO	qq	13788	550,8	7.594.430,40	281.692,52
02	COLOCACION DE ACERO DE REFUERZO	ML	13788	367	5060196	187.692,73
03	ENCOFRADO CON PLACA METALICA	M2	16000	444,38	7110080	263.727,00
04	COLADO DE CONCRETO (3000PSI)	M3	2930	3240	9493200	352.121,66
05	DESENCOFRADO	M2	16000	222,19	3555040	131.863,50
40	LIMPIEZA Y ENTREGA FINAL				15000	556,38
1	LIMPIEZA FINAL	GLB	1500	10	15000	556,38
	A. TOTAL COSTOS DIRECTOS				35.346.702,33	1.311.079,46
	B. COSTOS INDIRECTOS				5.302.005,35	196.661,92
	SUBTOTAL DE COSTOS (A+B)				40.648.707,68	1.507.741,38
	C. IMPREVISTOS (10% CD)				3.534.670,23	131.107,95
	D. GASTOS DE ADMINISTRACION (15%				5.302.005,35	196.661,92
	E. COSTOS DE SUPERVISION (8% CD)				2.827.736,19	104.886,36
	ASTOS DE UTILIDADES (10% DE				4.418.337,79	163.884,93
	G. IMPUESTO MUNICIPAL (1% DE CD+CI)				406.487,08	15.077,41
	COSTO TOTAL FINAL				60.404.962,51	2.240.540,15

6.1.5 Tabla 34: Costo total de la mano de obra del revestimiento del canal.

Fuente: elaboración propia Abril 2015.



7 CAPITULO 7: ANALISIS DE LOS RESULTADOS.

7.1 RESULTADOS

- ✓ De acuerdo a las observaciones y datos levantados en el estudio topográfico sobre el estado actual del drenaje superficial de toda el área de estudio; se apreció que casi toda la longitud del canal natural presenta un relieve bastante regular con respecto al fondo del cauce, del estudio se obtuvo la pendiente del terreno la cual es de 0.0044, esta fue calculada para toda la longitud del cauce. Se levantaron un total de 51 secciones transversales con una separación de 20m a lo largo de la longitud total del cauce.
- ✓ El estrato de apoyo de la cimentación para la edificación apropiada del canal, en términos generales corresponde a un suelo heterogéneo, conformado de la siguiente manera, un 42% por arena mal graduada con presencia de limos, un 33% por arena bien graduada y el 25% corresponde a gravas bien graduadas, clasificado según el sistema S.U.C.S. como, **SP-ML, SW Y GW**, respectivamente.
- ✓ Del estudio hidrológico realizado en el punto de control de la cuenca en estudio ubicada en el Cauce Fuerza Aérea se obtuvo que el caudal que aporta al área urbana en estudio es de 73.54 m³/s, proyectado para un periodo de retorno de 50 años.
- ✓ En el diseño Hidráulico del canal se determinó la sección rectangular, cuyas dimensiones son de b= 5.0m, la cual corresponde al ancho en el fondo del canal y un tirante hidráulico y= 2.50m, además se tomó un borde libre de 1m para brindar mayor seguridad al diseño, esta sección está definida para todo el canal. El canal rectangular diseñado tendrá una buena eficiencia hidráulica, ya que su capacidad es de 76.41 m³/s, y el caudal de diseño que trasportara es de 73.54 m³/s, además la velocidad máxima del flujo es de 5.96 m/s, la cual es menor que la velocidad máxima en canales que es de 7.4 m/s
- ✓ Los resultados obtenidos de la simulación del canal indican que la capacidad máxima de conducción del cauce fuerza aérea permite transportar sin riesgo de inundación, crecientes asociadas a eventos con períodos de recurrencia superiores a 50 años. Estos resultados confirman la eficiencia del diseño hidráulico.
- ✓ La estimación del costo general del proyecto es de **C\$137, 214,763.0** (ciento treinta siete millones doscientos catorce mil setecientos sesenta y tres córdobas con 100/100 centavos). y su equivalente en dólar americano es de \$ **4953,601.55** (cuatro mil millones novecientos cincuenta y tres mil seiscientos y uno con dólares con 55/100 centavos), utilizando una tasa de cambio de C\$ 27.70 (veinte y siete córdobas con 70/100 centavos) equivalente a \$ 1 (un dólar americano).



8 CAPITULO 8: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

8.1 CONCLUSIONES

- En base a los resultados de los diferentes estudios realizados para la elaboración del diseño de este canal, cálculos, ensayos de laboratorio y el análisis respectivo de cada uno de ellos, se establecen las siguientes conclusiones:
- El área de estudio está ubicado en distrito seis de la ciudad de Managua, contiguo al Hotel Camino Real.
- De acuerdo a los datos reflejados del levantamiento topográfico y las curvas de nivel mostrados en los planos, se concluye que el terreno del área de ubicación del proyecto, tiene una pendiente bastante regular con una dirección Noroeste, la cual se adoptó para el diseño del canal, dado que esta no se puede aumentar porque genera una velocidad mayor a la permitida, lo que causaría erosión a la estructura.
- Después de haber realizado los ensayos de laboratorio correspondientes de las doce muestras tomadas en situ, se encontró que el material muestreado es un suelo de tipo no plástico, según la Norma del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S).
- Del estudio hidrológico realizado a la Cuenca en estudio, con los datos de precipitaciones de la estación pluviométrica del Aeropuerto Augusto C. Sandino, proporcionada por Ineter se encontró que el caudal de diseño máximo que aporta la Cuenca es de 59.36 m³/s, generado para un periodo de retorno de 50 años.
- De acuerdo a los resultados de los cálculos del diseño hidráulico del canal, se determinó una sección rectangular de dimensiones 4.65m de ancho por 2.32m de alto más 1m de borde libre, dicho canal tendrá una pendiente de 0.0044 y un caudal de 59.36 m³/s , el cual será evacuado de forma eficiente y segura por la sección del canal diseñado.
- La simulación hidráulica del canal para el caudal máximo encontrado para el periodo de retorno de 50 años para la cuenca en estudio, se encuentra en aceptable condiciones, según los resultados arrojados con la aplicación del modelo hidráulico en HEC-RAS. Los valores obtenidos reflejan que el canal no se encuentra en condiciones de peligro inminente de inundación y no se tienen evidencias de que este riesgo pueda aumentar para niveles mayores a períodos de retorno superiores a 50 años.



- De aquí se concluye que el canal diseñado trabajara de manera eficiente ya que este no generara peligros de inundaciones en las orillas de las urbanizaciones aledañas ni en barrios del sector.

- ✓ El costo total del proyecto se estimó en **C\$ 137, 214,763.0** (ciento treinta siete millones doscientos catorce mil setecientos sesenta y tres córdobas con 100/100 centavos) y su equivalente en dólar americano es de \$ **4953,601.55** (cuatro mil millones novecientos cincuenta y tres mil seiscientos y uno con dólares con 55/100 centavos), utilizando una tasa de cambio de C\$ 27.70 (veinte y siete córdobas con 70/100 centavos) equivalente a \$ 1 (un dólar americano).. El financiamiento para la construcción de esta obra social, traerá grandes beneficios a los diferentes sectores de la población. El proyecto mejorará la calidad de vida de los pobladores, disminuirá la proliferación de las enfermedades, generando mayor seguridad a la comunidad.



8.2 RECOMENDACIONES

Es de vital importancia realizar un Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto, aunque este no genere gran afectación al medio según observaciones realizadas en el área de estudio.

Para asegurar mayor vida útil y el correcto funcionamiento se deben realizar mantenimientos preventivos y periódicos a los Sistema de Drenaje Pluvial y de esta forma optimizar recursos para evitar el mantenimiento correctivo del canal.

Siempre que se realiza un proyecto social es de gran relevancia el aporte que brinde la población para la conservación y protección del mismo, por lo tanto se recomienda realizar una campaña y/o capacitación de medio ambiente y sensibilización en pro del mantenimiento libre de desechos sólidos y basura que pueden causar daños y obstrucción a los canales revestidos y no revestidos.

Para garantizar una aproximación del Costo Total del Proyecto se deben realizar actualizaciones de precios tanto de los materiales como del dólar, debido a las constantes fluctuaciones existentes en el Mercado.

Para brindar mayor seguridad a las paredes laterales del canal, se recomienda construir estructuras de gabiones en el tramo que va de la estación 0+020m a la estación 0+080m y de la estación 0+240m a la estación 0+320m, tanto para la margen izquierda como para la margen derecha del mismo.

Se debe de realizar el diseño previo de una transición para conectar el canal rectangular con el puente existente en el punto de control, ya que las dimensiones del canal diseñado varían con respecto a la del puente. En este trabajo se presenta un modelo de como debe de ser el diseño de esta transición.



8.3 BIBLIOGRAFÍA

- Agua, a. n. (diciembre de 2010). *www.civil gueeks*. Obtenido de *www.civil gueeks*:
<http://www.manuales de diseño de canales>
- ALMA, A. d. (noviembre del 2011). *Caractristica de los distritos de managua*. Managua.
- Alvaro, B. R. (Enero de 2011). *Guia de Costo y Presuouesto*. Obtenido de *Guia de Costo y Presuouesto*: <http://www.civilgeeks.com>
- Chow, V. T. (2004). *Hidraulica de Canales Abieretos*. McGraw Hill.
- desconocido. (s.f.). *Guia de Obras Hidraulica*.
- El nuevo FISE. (15 de Agosto del 2008). *catalogo de Etapas y Sub-Etapas*. Managua.
- Felices, A. R. (2002). *Hidraulica de Tuberias y Canales*. Lima: universitaria.
- GMBH, s. c. (1984). *Planificacion de canales*. chicalayo.
- Hernandez, I. C. (Ffebrero de 2010). *modelacion de secciones hidraulicas*. Obtenido de *www.civilgueeks*
<http://m.laprensa.com.ni>. (2010). <https://www.google.com.ni>. Obtenido de <https://www.google.com.ni>: <http://m.laprensa.com.ni/nacionales/17674>
- Infraestructura, M. d. (2011). *Manual de Drena Mayor del MTI*. Managua, Nicaragua .
- Infraestructura, M. d. (Octubre del 2008). *Manual para la revision de estudios hidrotecnicos de Drenaje Mayor*. Managua.
- Leon. (s.f.).
- Luque, H. C. (diciembre de 2004). *monografia.com*. Obtenido de *monografia.com*:
<http://www.monografia.com>
- Luque, I. C. (Diciembre de 2004). *macroplexx@yahoo.es*. Obtenido de *macroplexx@yahoo.es*:
<http://www.monografia.com>
- Matera, L. C. (2002). *manual de topografia plana*. Merida: publicaciones ULA.
- Mejia, L. (2010). *Diseño y construccion de drenaje vial*. managua.
- NIT, C. P. (2001). *DISEÑO HIDRAULICO DE ALCANTARILLA PLUVIAL*. Obtenido de *DISEÑO HIDRAULICO DE ALCANTARILLA PLUVIAL*: <http://www.taringa.com>
- Norte, U. P. (2011). *mecanica de suelo I*. Peru: Laureate Internacional .
- PAS-DANIDA*. ((2004)).
- Perez, J. A. (1974). *Hidraulica de Canales*. Merida, Venezuela.
- Roberto Hernandez Sampieri, C. F. (2006). *Metodologia de la Investigacion*. Mexico: McGraw - Hill.
- Sviatoslav, K. (1978). *Dseño Hidraulico*. Moscu.
- Temez, B. (2002). *ANALISIS DE CURVAS DE INTENSIDAD DE FRECUENCIAS*.
- Universidad Privada del Norte, L. (Mayo 2011). *Mecanica de Suelos*. Cajamara.
- Villon Bejar, M. (1981). *hidraulica de canales*. Costa Rica: Hozlo,Lima.
- Wageningen. (1974). *Principio y Aplicaciones del Drenaje*. the Netherlands.



9

ANEXOS



9.1 JUEGOS DE PLANOS CONSTRUCTIVOS



9.2 HOJA 1: CARATULA, MACROLOCALIZACIÓN, LOCALIZACIÓN, INDICE.



9.3 HOJA 2: PLANO TOPOGRÁFICO



- 9.4 **HOJA 3: CURVAS DE NIVEL**
- 9.5 **PERFIL LONGITUDINAL.**



9.6 HOJA 4: PLANTA-PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EST-0+000M A LA EST- 1+000M, DETALLE DE TRANSICIÓN.



9.7 HOJA 5: SECCIONES TRANSVERSALES DEL CANAL



9.8 HOJA 6: SECCIÓN DEL CANAL, CABEZAL Y ALETÓN



9.9 ANEXO

FOTOS CAPTURADAS DE LA TOPOGRAFÍA.



Figura 21: Fotos tomadas en el levantamiento topográfico del cauce natural en estudio.
Fuente: elaboración propia, septiembre 2014.



Figura 22: Fotos tomadas en el levantamiento topográfico del cauce natural en estudio.
Fuente: elaboración propia, septiembre 2014.



Figura 23: Fotos tomadas en el levantamiento topográfico del cauce natural en estudio.
Fuente: elaboración propia, septiembre 2014.



Figura 24: Fotos tomadas en el levantamiento topográfico del cauce natural en estudio.
Fuente: elaboración propia, septiembre 2014.



Figura 25: Fotos tomadas en el levantamiento topográfico del cauce natural en estudio.
Fuente: elaboración propia, septiembre 2014.



Figura 26: Fotos tomadas en el levantamiento topográfico del cauce natural en estudio.
Fuente: elaboración propia, septiembre 2014.



Figura 27: Fotos tomadas en el levantamiento topográfico del cauce natural en estudio.
Fuente: elaboración propia, septiembre 2014.



Figura 28: Fotos tomadas en el levantamiento topográfico del cauce natural en estudio.
Fuente: elaboración propia, septiembre 2014.



9.10 ANEXO

**TABLAS DE ENSAYO DEL LABORATORIO Y TABLAS DEL
ANALISIS GRANULOMÉTRICO EFECTUADO A LA MUESTRAS DE
LOS SONDEOS MANUALES, TABLA DE CLASIFICACIÓN DE
SUELOS SUCS.**



Laboratorio de Materiales y Suelo. Unan Managua.

Análisis Granulométrico

Nombre del proyecto: Diseño de un canal de un km de longitud, ubicado en el km 9.5 de la Carretera norte contiguo al Hotel Camino Real del distrito seis de la ciudad de Managua.

Localización: contiguo al hotel camino real del distrito seis de Managua

Sondeo No. 1

Muestra No. 2Lc

Profundidad: 0.80m

Fecha: 17/02/15

Material Retenido en el Tamiz No. 4

Tamiz No.	Peso Retenido Parcial en g.	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa por el Tamiz
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	0	0.00	0.00	100.00
3/4"	0	0.00	0.00	100.00
1/2"	63.59	3.30	3.30	96.70
3/8"	99.73	5.18	8.48	91.52
No.4	281.48	14.61	23.09	76.91
Pasa No. 4	908.27	47.15	70.24	29.76
Suma	1353.07			

Material que Pasa por el Tamiz No. 4

Tamiz No.	Peso Retenido Parcial en Gramos	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa por el Tamiz
4	0	0	0	100
8	11.40	19.63	42.72	57.28
16	16.98	29.24	71.95	28.05
30	9.72	16.74	88.69	11.31
50	4.24	7.30	95.99	4.01
100	1.48	2.55	98.54	1.46
200	0.85	1.46	100.00	0.00
Pasa No. 200	0	0.00	0.00	0.00
Suma	44.67	76.91		

Tabla 35: Resultados del análisis granulométrico de cada muestra.

Fuente: Elaboración propia, Marzo 2015.



Laboratorio de Materiales y Suelo. Unan Managua.

Análisis Granulométrico

Nombre del proyecto: Diseño de un canal de un km de longitud, ubicado en el km 9.5 de la carretera norte contiguo al Hotel Camino Real del distrito seis de la ciudad de Managua.

Localización: contiguo al hotel camino real del distrito seis de Managua

Sondeo No. 1

Muestra No. 3 BD

Profundidad: 0.80m

Fecha: 17/02/15

Material Retenido en el Tamiz No. 4

Tamiz No.	Peso Retenido Parcial en Gramos	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa por el Tamiz
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	0	0.00	0.00	100.00
3/4"	25.72	1.34	1.34	98.66
1/2"	87.23	4.53	5.86	94.14
3/8"	65.14	3.38	9.24	90.76
No.4	180.6	9.37	18.62	81.38
Pasa No. 4	1989.89	103.29	121.91	-21.91
Suma	2348.58			

Material que Pasa por el Tamiz No. 4

Tamiz No.	Peso Retenido Parcial en Gramos	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa por el Tamiz
4	0	0	0	100
8	21.60	20.75	39.37	60.63
16	20.69	19.88	59.25	40.75
30	14.98	14.39	73.64	26.36
50	11.97	11.50	85.14	14.86
100	10.3	9.90	95.03	4.97
200	5.17	4.97	100.00	0.00
Pasa No. 200	0	0.00	100.00	0.00
Suma	84.71	81.38		

Tabla 36: Resultados del análisis granulométrico de cada muestra.

Fuente: Elaboración propia, Marzo 2015.



Laboratorio de Materiales y Suelo. Unan Managua.

Análisis Granulométrico

Nombre del proyecto: Diseño de un canal de un km de longitud, ubicado en el km 9.5 de la carretera norte contiguo al Hotel Camino Real del distrito seis de la ciudad de Managua.

Localización: contiguo al hotel camino real del distrito seis de Managua

Sondeo No. 2

Muestra No. 4 BD

Profundidad: 0.80m

Fecha: 19/02/15

Material Retenido en el Tamiz No. 4

Tamiz No.	Peso Retenido Parcial en Gramos	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa por el Tamiz
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	0	0.00	0.00	100.00
3/4"	13.24	0.69	0.69	99.31
1/2"	68.02	3.53	4.22	95.78
3/8"	46.24	2.40	6.62	93.38
No.4	192.76	10.01	16.62	83.38
Pasa No. 4	936.98	48.64	65.26	34.74
Suma	1257.24			

Material que Pasa por el Tamiz No. 4

Tamiz No.	Peso Retenido Parcial en Gramos	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa por el Tamiz
4	0	0	0	100
8	8.69	15.06	31.68	68.32
16	10.61	18.39	50.07	49.93
30	10.5	18.20	68.27	31.73
50	4.15	7.19	75.46	24.54
100	8.23	14.26	89.72	10.28
200	5.93	10.28	100.00	0.00
Pasa No. 200	0	0.00	0.00	0.00
Suma	48.11	83.38		

Tabla 37: Resultados del análisis granulométrico de cada muestra.

Fuente: Elaboración propia, Marzo 2015.



Laboratorio de Materiales y Suelo. Unan Managua.

Análisis Granulométrico

Nombre del proyecto: Diseño de un canal de un km de longitud, ubicado en el km 9.5 de la carretera norte contiguo al Hotel Camino Real del distrito seis de la ciudad de Managua.

Localización: contiguo al hotel camino real del distrito seis de Managua

Sondeo No. 2

Muestra No. 5Pc

Profundidad: 0.80m

Fecha: 19/02/15

Material Retenido en el Tamiz No. 4

Tamiz No.	Peso Retenido Parcial en Gr.	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa por el Tamiz
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	17.21	0.89	0.89	99.11
3/4"	64.07	3.33	4.22	95.78
1/2"	170.8	8.87	13.09	86.91
3/8"	123.49	6.41	19.50	80.50
No.4	363.6	18.87	38.37	61.63
Pasa No. 4	1187.25	61.63	100.00	0.00
Suma	1926.42			

Material que Pasa por el Tamiz No. 4

Tamiz No.	Peso Retenido Parcial en Gramos	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa por el Tamiz
4	0	0	0	100
8	15.50	14.99	53.36	46.64
16	22.1	21.37	74.73	25.27
30	14.51	14.03	88.76	11.24
50	7.72	7.47	96.23	3.77
100	2.65	2.56	98.79	1.21
200	1.25	1.21	100.00	0.00
Pasa No. 200	0	0.00	0.00	0.00
Suma	63.73	61.63		

Tabla 38: Resultados del análisis granulométrico de cada muestra.

Fuente: Elaboración propia, Marzo 2015.



Laboratorio de Materiales y Suelo. Unan Managua.

Análisis Granulométrico

Nombre del proyecto: Diseño de un canal de un km de longitud, ubicado en el km 9.5 de la carretera norte contiguo al Hotel Camino Real del distrito seis de la ciudad de Managua.

Localización: contiguo al hotel camino real del distrito seis de Managua

Sondeo No. 2

Muestra No. 6 BI

Profundidad: 0.80m

Fecha: 19/02/15

Material Retenido en el Tamiz No. 4

Tamiz No.	Peso Retenido Parcial en Gramos	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa por el Tamiz
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	18.32	0.95	0.95	99.05
3/4"	12.8	0.66	1.62	98.38
1/2"	57.34	2.98	4.59	95.41
3/8"	43.38	2.25	6.84	93.16
No.4	184.93	9.60	16.44	83.56
Pasa No. 4	1001.81	52.00	68.45	31.55
Suma	1318.58			

Material que Pasa por el Tamiz No. 4

Tamiz No.	Peso Retenido Parcial en Gramos	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa por el Tamiz
4	0	0	0	100
8	21.60	21.31	37.75	62.25
16	20.69	20.41	58.16	41.84
30	14.98	14.78	72.93	27.07
50	11.97	11.81	84.74	15.26
100	10.3	10.16	94.90	5.10
200	5.17	5.10	100.00	0.00
Pasa No. 200	0	0.00	0.00	0.00
Suma	84.71	83.56		

Tabla 39: Resultados del análisis granulométrico de cada muestra.

Fuente: Elaboración propia, Marzo 2015.



Laboratorio de Materiales y Suelo. Unan Managua.

Análisis Granulométrico

Nombre del proyecto: Diseño de un canal de un km de longitud, ubicado en el km 9.5 de la carretera norte contiguo al Hotel Camino Real del distrito seis de la ciudad de Managua.

Localización: contiguo al hotel camino real del distrito seis de Managua

Sondeo No. 3

Muestra No. 7 BD

Profundidad: 0.80m

Fecha: 24/02/15

Material Retenido en el Tamiz No. 4

Tamiz No.	Peso Retenido Parcial en Gramos	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa por el Tamiz
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	20.26	1.05	1.05	98.95
3/4"	0	0.00	1.05	98.95
1/2"	46.67	2.42	3.47	96.53
3/8"	40.53	2.10	5.58	94.42
No.4	177.09	9.19	14.77	85.23
Pasa No. 4	1066.63	55.37	70.14	29.86
Suma	1351.18			

Material que Pasa por el Tamiz No. 4

Tamiz No.	Peso Retenido Parcial en Gramos	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa por el Tamiz
4	0	0	0	100
8	13.94	14.40	29.18	70.82
16	18.72	19.34	48.52	51.48
30	18.84	19.47	67.99	32.01
50	13.41	13.86	81.84	18.16
100	10.83	11.19	93.04	6.96
200	6.74	6.96	100.00	0.00
Pasa No. 200	0	0.00	0.00	0.00
Suma	82.48	85.23		

Tabla 40: Resultados del análisis granulométrico de cada muestra.

Fuente: Elaboración propia, Marzo 2015.



Laboratorio de Materiales y Suelo. Unan Managua.

Análisis Granulométrico

Nombre del proyecto: Diseño de un canal de un km de longitud, ubicado en el km 9.5 de la carretera norte contiguo al Hotel Camino Real del distrito seis de la ciudad de Managua.

Localización: contiguo al hotel camino real del distrito seis de Managua

Sondeo No. 3

Muestra No. 8Lc

Profundidad: 0.80m

Fecha: 24/02/15

Material Retenido en el Tamiz No. 4

Tamiz No.	Peso Retenido Parcial en Gramos	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa por el Tamiz
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	84.06	4.36	4.36	95.64
3/4"	106.34	5.52	9.88	90.12
1/2"	98.24	5.10	14.98	85.02
3/8"	116.06	6.02	21.01	78.99
No.4	470.16	24.41	45.41	54.59
Pasa No. 4	764.63	39.69	85.11	14.89
Suma	1639.49			

Material que Pasa por el Tamiz No. 4

Tamiz No.	Peso Retenido Parcial en Gramos	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa por el Tamiz
4	0	0	0	100
8	6.23	10.67	56.09	43.91
16	10.02	17.17	73.26	26.74
30	7.02	12.03	85.28	14.72
50	4.23	7.25	92.53	7.47
100	2.41	4.13	96.66	3.34
200	1.95	3.34	100.00	0.00
Pasa No. 200	0	0.00	0.00	0.00
Suma	31.86	54.59		

Tabla 41: Resultados del análisis granulométrico de cada muestra.

Fuente: Elaboración propia, Marzo 2015.



Laboratorio de Materiales y Suelo. Unan Managua.

Anlisis Granulométrico

Nombre del proyecto: Diseño de un canal de un km de longitud, ubicado en el km 9.5 de la carreta norte contiguo al Hotel Camino Real del distrito seis de la ciudad de Managua.

Localización: contiguo al hotel camino real del distrito seis de Managua

Sondeo No. 3

Muestra No. 9 BI

Profundidad: 0.80m

Fecha: 24/02/15

Material Retenido en el Tamiz No. 4

Tamiz No.	Peso Retenido Parcial en Gramos	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa por el Tamiz
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	16.96	0.88	0.88	99.12
3/4"	16.14	0.84	1.72	98.28
1/2"	67.46	3.50	5.22	94.78
3/8"	49.54	2.57	7.79	92.21
No.4	185.79	9.64	17.44	82.56
Pasa No. 4	1232.63	63.99	81.42	18.58
Suma	1568.52			

Material que Pasa por el Tamiz No. 4

Tamiz No.	Peso Retenido Parcial en Gramos	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa por el Tamiz
4	0	0	0	100
8	3.45	16.81	34.24	65.76
16	2.6	12.66	46.91	53.09
30	2.16	10.52	57.43	42.57
50	2.96	14.42	71.85	28.15
100	5.66	27.57	99.42	0.58
200	0.12	0.58	100.00	0.00
Pasa No. 200	0	0.00	0.00	0.00
Suma	16.95	82.56		

Tabla 42: Resultados del análisis granulométrico de cada muestra.

Fuente: Elaboración propia, Marzo 2015.



Laboratorio de Materiales y Suelo. Unan Managua.

Análisis Granulométrico

Nombre del proyecto: Diseño de un canal de un km de longitud, ubicado en el km 9.5 de la carretera norte contiguo al Hotel Camino Real del distrito seis de la ciudad de Managua.

Localización: contiguo al hotel camino real del distrito seis de Managua

Sondeo No. 4

Muestra No. 10 BI

Profundidad: 0.80m

Fecha: 03/03/15

Material Retenido en el Tamiz No. 4

Tamiz No.	Peso Retenido Parcial en Gramos	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa por el Tamiz
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	18.72	1.12	1.12	98.88
3/4"	19.48	1.17	2.29	97.71
1/2"	67.3	4.03	6.31	93.69
3/8"	50.63	3.03	9.34	90.66
No.4	183.48	10.98	20.33	79.67
Pasa No. 4	1331.16	79.67	100.00	0.00
Suma	1670.77			

Material que Pasa por el Tamiz No. 4

Tamiz No.	Peso Retenido Parcial en Gramos	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa por el Tamiz
4	0	0	0	100
8	12.97	12.97	33.30	66.70
16	18.8	18.80	52.10	47.90
30	18.84	18.84	70.94	29.06
50	13.41	13.41	84.35	15.65
100	9.67	9.67	94.02	5.98
200	5.98	5.98	100.00	0.00
Pasa No. 200	0	0.00	0.00	0.00
Suma	79.67	79.67		

Tabla 43: Resultados del análisis granulométrico de cada muestra.

Fuente: Elaboración propia, Marzo 2015.



Laboratorio de Materiales y Suelo. Unan Managua.

Análisis Granulométrico

Nombre del proyecto: Diseño de un canal de un km de longitud, ubicado en el km 9.5 de la carretera norte contiguo al Hotel Camino Real del distrito seis de la ciudad de Managua.

Localización: contiguo al hotel camino real del distrito seis de Managua

Sondeo No. 4

Muestra No. 11 Pc

Profundidad: 0.80m

Fecha: 03/03/15

Material Retenido en el Tamiz No. 4

Tamiz No.	Peso Retenido Parcial en Gramos	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa por el Tamiz
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	33.75	1.75	1.75	98.25
3/4"	56.8	2.95	4.70	95.30
1/2"	110.9	5.76	10.46	89.54
3/8"	113.1	5.87	16.33	83.67
No.4	371.75	19.30	35.63	64.37
Pasa No. 4	953.38	49.49	85.12	14.88
Suma	1639.68			

Material que Pasa por el Tamiz No. 4

Tamiz No.	Peso Retenido Parcial en Gramos	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa por el Tamiz
4	0	0	0	100
8	11.04	15.21	50.83	49.17
16	16.36	22.54	73.37	26.63
30	10.41	14.34	87.71	12.29
50	5.39	7.43	95.14	4.86
100	2.18	3.00	98.14	1.86
200	1.35	1.86	100.00	0.00
Pasa No. 200	0	0.00	0.00	0.00
Suma	46.73	64.37		

Tabla 44: Resultados del análisis granulométrico de cada muestra.

Fuente: Elaboración propia, Marzo 2015.



Laboratorio de Materiales y Suelo. Unan Managua.

Análisis Granulométrico

Nombre del proyecto: Diseño de un canal de un km de longitud, ubicado en el km 9.5 de la carretera norte contiguo al Hotel Camino Real del distrito seis de la ciudad de Managua.

Localización: contiguo al hotel camino real del distrito seis de Managua

Sondeo No. 4

Muestra No. 12 BD

Profundidad: 0.80m

Fecha: 03/03/15

Material Retenido en el Tamiz No. 4

Tamiz No.	Peso Retenido Parcial en Gramos	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa por el Tamiz
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	16.96	0.88	0.88	99.12
3/4"	15.23	0.79	1.67	98.33
1/2"	67.27	3.49	5.16	94.84
3/8"	47.98	2.49	7.65	92.35
No.4	178.69	9.28	16.93	83.07
Pasa No. 4	1324.55	68.76	85.69	14.31
Suma	1650.68			

Material que Pasa por el Tamiz No. 4

Tamiz No.	Peso Retenido Parcial en Gramos	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa por el Tamiz
4	0	0	0	100
8	13.94	15.64	32.57	67.43
16	18.62	20.90	53.47	46.53
30	18.84	21.14	74.61	25.39
50	5.36	6.02	80.63	19.37
100	10.53	11.82	92.45	7.55
200	6.73	7.55	100.00	0.00
Pasa No. 200	0	0.00	0.00	0.00
Suma	74.02	83.07		

Tabla 45: Resultados del análisis granulométrico de cada muestra.

Fuente: Elaboración propia, Marzo 2015.



SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS UNIFICADO "U.S.C.S."

DIVISIONES PRINCIPALES			Símbolos del grupo	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO	
SUELOS DE GRANO GRUESO Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Gravas limpias (sin o con pocos finos)	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: <5% - >GW, GP, SW, SP. >12% - >GM, GC, SM, SC. 5 al 12% - >casos límite que requieren usar doble símbolo.	
			GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.		
		Gravas con finos (apreciable cantidad de finos)	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.		
			GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.		
	ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Arenas limpias (pocos o sin finos)	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		
			SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		
		Arenas con finos (apreciable cantidad de finos)	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.		
	SUELOS DE GRANO FINO Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200	Limos y arcillas: Límite líquido menor de 50		ML		Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limos arcillosos, o limos arcillosos con ligera plásticidad.
				CL		Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.
			OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.		
Limos y arcillas: Límite líquido mayor de 50			MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.		
			CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.		
			OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.		
Suelos muy orgánicos			PT	Turba y otros suelos de alto contenido		

9.10.1 Tabla 46 de clasificación de los suelos (s.u.c.s). Fuente: extraída de www.civilgweek.com



9.11 ANEXO
INTENSIDADES MÁXIMAS ANUALES DE PRECIPITACIÓN PARA
DIFERENTES TIEMPOS DE DURACIÓN, PERIODO 1971-2011.
TABLAS DE RESULTADOS DEL ESTUDIO HIDROLÓGICO. TABLA
DE COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA EN FUNCIÓN DEL SUELO.
GRÁFICO DE CURVAS IDF.



INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES

INETER

INTENSIDADES MAXIMAS ANUALES DE PRECIPITACION (mm).

**ESTACIÓN :
AEROPUERTO
INTERNACIONAL**

MANAGUA

**CODIGO :
069027**

**Periodo
:1971 - 2011**

**Latitud :
12° 08' 36"**

**Longitud :
86° 09' 49"**

**Elevación : 56
Msnm**

**Tipo :
HMP**

AÑOS	5	10	15	30	60	120	360
1971	199.2	112.8	106.4	69.4	41.7	30.2	-
1972	212.4	123.6	86.8	58.8	29.5	18.1	-
1973	200.4	137.4	121.2	89.2	77.7	44.7	-
1974	198.0	115.2	84.0	59.0	44.4	30.9	-
1975	126.0	125.4	118.4	100.0	90.0	65.6	-
1976	123.6	118.2	113.6	72.4	41.6	22.8	-
1977	187.2	142.2	118.4	79.2	52.1	29.2	-
1978	126.0	125.6	90.8	77.0	49.0	30.2	-
1979	121.2	111.6	92.8	57.8	42.4	26.8	-
1980	180.0	178.2	158.4	99.0	63.8	37.3	-
1981	153.6	109.2	104.8	59.6	36.7	23.0	-
1982	155.6	122.4	95.6	68.0	57.7	33.6	-
1983	133.2	102.0	80.8	55.8	35.4	18.1	-
1984	151.2	150.0	123.2	112.8	63.2	32.7	-
1985	150.0	134.4	109.6	106.4	77.3	67.9	-
1986	158.4	103.8	88.0	54.4	28.5	8.9	-
1987	200.4	151.8	119.2	84.4	47.1	17.4	-
1988	212.4	168.8	134.4	93.2	64.2	21.2	-
1989	150.1	120.7	98.0	36.4	25.2	14.8	-
1990	106.2	86.4	72.4	62.5	36.9	14.8	-



1991	238.8	204.0	159.6	82.2	33.8	23.0	-
1992	123.6	111.0	98.0	69.0	39.3	21.5	-
1993	150.0	111.0	87.2	66.0	49.3	29.1	-
1994	122.4	108.6	90.0	60.6	54.3	32.8	-
1995	115.2	114.0	113.0	76.0	76.0	45.8	-
1996	124.8	121.8	120.0	69.6	43.5	23.3	-
1997	120.0	120.0	80.0	64.0	33.4	14.9	-
1998	230.4	141.6	110.4	76.6	43.1	24.5	-
1999	126.0	109.8	84.0	62.4	32.6	22.7	-
2000	124.8	116.4	125.2	89.2	51.2	19.8	-
2001	230.4	164.0	119.2	76.8	46.0	30.6	9.9
2002	126.0	120.0	114.0	90.0	66.5	62.7	27.0
2003	165.6	130.8	120.8	110.0	95.1	58.9	4.6
2004	132.0	104.4	82.0	64.0	36.4	17.3	-
2005	132.0	120.0	108.0	88.0	77.0	42.7	19.0
2006	110.4	108.0	74.8	53.4	41.8	11.0	-
2007	142.8	118.8	94.4	62.8	47.0	27.1	10.6
2008	177.6	172.8	153.6	101.6	69.8	39.5	8.3
2009	178.8	154.2	114.0	84.8	22.9	12.3	
2010	151.2	124.8	120.8	85.4	55.8	29.3	1.4
2011	123.6	118.8	82.0	58.8	44.7	34.3	6.9

Tabla 47: Datos de Intensidades máximas anuales de precipitación. Managua, Nicaragua.

Fuente: INETER. (2014).



Determinación de la probabilidad teórica (Pt) para duraciones de lluvia de 5, 10, 15, 30, 60, 120 min, (Aplicación del método de Gumbell).

$$G(x) = 1 - e^{-e^{-x}}$$

DATOS PARA UNA LLUVIA DE DURACIÓN DE 5MIN.			
INTENSIDAD (mm/h.)	DIST. EMPIRICA Pe(I<=Im)	DIST. TEORICA Pt(I<=Im)	DESVIACIONES (Δ=Pe-Pt)
238.8	0.9762	0.9684	0.0077
230.4	0.9524	0.9581	-0.0057
230.4	0.9286	0.9581	-0.0295
212.4	0.9048	0.9233	-0.0186
212.4	0.8810	0.9233	-0.0424
200.4	0.8571	0.8863	-0.0291
200.4	0.8333	0.8863	-0.0529
199.2	0.8095	0.8817	-0.0722
198.0	0.7857	0.8771	-0.0913
187.2	0.7619	0.8266	-0.0647
180.0	0.7381	0.7833	-0.0452
178.8	0.7143	0.7753	-0.0610
177.6	0.6905	0.7670	-0.0765
165.6	0.6667	0.6693	-0.0026
158.4	0.6429	0.5976	0.0453
155.6	0.6190	0.5672	0.0519
153.6	0.5952	0.5446	0.0506
151.2	0.5714	0.5168	0.0547
151.2	0.5476	0.5168	0.0309
150.1	0.5238	0.5037	0.0201
150.0	0.5000	0.5025	-0.0025
150.0	0.4762	0.5025	-0.0263
142.8	0.4524	0.4138	0.0385
133.2	0.4286	0.2926	0.1360
132.0	0.4048	0.2777	0.1270



132.0	0.3810	0.2777	0.1032
126.0	0.3571	0.2068	0.1503
126.0	0.3333	0.2068	0.1265
126.0	0.3095	0.2068	0.1027
126.0	0.2857	0.2068	0.0789
124.8	0.2619	0.1935	0.0684
124.8	0.2381	0.1935	0.0446
123.6	0.2143	0.1805	0.0338
123.6	0.1905	0.1805	0.0100
123.6	0.1667	0.1805	-0.0138
122.4	0.1429	0.1679	-0.0250
121.2	0.1190	0.1557	-0.0366
120.0	0.0952	0.1439	-0.0487
115.2	0.0714	0.1015	-0.0300
110.4	0.0476	0.0672	-0.0195
106.2	0.0238	0.0441	-0.0203



Tabla 48. Datos para una lluvia de 5 min de duración, con una distribución teórica d=5min; $\alpha=0.0854$ y $\beta=117.924$. Desviación máxima. Fuente: Elaboración Propia. Agosto 2014

DATOS PARA UNA LLUVIA DE DURACIÓN DE 10MIN.			
INTENSIDAD (mm/h.)	DIST. EMPIRICA Pe(I<=Im)	DIST. TEORICA Pt(I<=Im)	DESVIACIONES ($\Delta=Pe-Pt$)
204.0	0.9762	0.9908	-0.0146
178.2	0.9524	0.9635	-0.0112
172.8	0.9286	0.9516	-0.0230
168.8	0.9048	0.9403	-0.0355
164.0	0.8810	0.9234	-0.0425
154.2	0.8571	0.8738	-0.0166
151.8	0.8333	0.8577	-0.0244
150.0	0.8095	0.8444	-0.0349
142.2	0.7857	0.7732	0.0125
141.6	0.7619	0.7668	-0.0049
137.4	0.7381	0.7169	0.0212
134.4	0.7143	0.6763	0.0380
130.8	0.6905	0.6222	0.0683
125.6	0.6667	0.5339	0.1328
125.4	0.6429	0.5303	0.1126
124.8	0.6190	0.5194	0.0997
123.6	0.5952	0.4972	0.0980
122.4	0.5714	0.4746	0.0968
121.8	0.5476	0.4631	0.0845
120.7	0.5238	0.4419	0.0819
120.0	0.5000	0.4283	0.0717
120.0	0.4762	0.4283	0.0479
120.0	0.4524	0.4283	0.0241
118.8	0.4286	0.4048	0.0238
118.8	0.4048	0.4048	0.0000
118.2	0.3810	0.3930	-0.0120



116.4	0.3571	0.3574	-0.0002
115.2	0.3333	0.3337	-0.0004
114.0	0.3095	0.3102	-0.0007
112.8	0.2857	0.2869	-0.0012
111.6	0.2619	0.2640	-0.0021
111.0	0.2381	0.2527	-0.0146
111.0	0.2143	0.2527	-0.0385
109.8	0.1905	0.2306	-0.0401
109.2	0.1667	0.2198	-0.0531
108.6	0.1429	0.2091	-0.0663
108.0	0.1190	0.1987	-0.0796
104.4	0.0952	0.1407	-0.0455
103.8	0.0714	0.1320	-0.0605
102.0	0.0476	0.1074	-0.0598

Tabla 49. Datos para una lluvia de 10min de duración, con una distribución teórica $d=10\text{min}$; $\lambda=0.1225$ y $\mu=105.0088$. Desviación máxima. Fuente: Elaboración propia. Agosto 2014.

DATOS PARA UNA LLUVIA DE DURACIÓN DE 15MIN.			
INTENSIDAD (mm/h.)	DIST. EMPIRICA $P_e(l \leq l_m)$	DIST. TEORICA $P_t(l \leq l_m)$	DESVIACIONES ($\Delta = P_e - P_t$)
159.6	0.9762	0.9760	0.0002
158.4	0.9524	0.9742	-0.0219
153.6	0.9286	0.9659	-0.0374
134.4	0.9048	0.8977	0.0071
125.2	0.8810	0.8302	0.0507
123.2	0.8571	0.8111	0.0461
121.2	0.8333	0.7900	0.0433
120.8	0.8095	0.7856	0.0240
120.8	0.7857	0.7856	0.0002
120.0	0.7619	0.7764	-0.0145
119.2	0.7381	0.7670	-0.0289
119.2	0.7143	0.7670	-0.0527



118.4	0.6905	0.7572	-0.0667
118.4	0.6667	0.7572	-0.0905
114.0	0.6429	0.6970	-0.0542
114.0	0.6190	0.6970	-0.0780
113.6	0.5952	0.6910	-0.0958
113.0	0.5714	0.6819	-0.1104
110.4	0.5476	0.6398	-0.0922
109.6	0.5238	0.6261	-0.1023
108.0	0.5000	0.5977	-0.0977
106.4	0.4762	0.5679	-0.0917
104.8	0.4524	0.5369	-0.0845
98.0	0.4286	0.3945	0.0341
98.0	0.4048	0.3945	0.0103
95.6	0.3810	0.3423	0.0387
94.4	0.3571	0.3163	0.0408
92.8	0.3333	0.2822	0.0512
90.8	0.3095	0.2407	0.0688
90.0	0.2857	0.2246	0.0611
88.0	0.2619	0.1862	0.0757
87.2	0.2381	0.1717	0.0664
86.8	0.2143	0.1646	0.0497
84.0	0.1905	0.1189	0.0716
84.0	0.1667	0.1189	0.0478
82.0	0.1429	0.0910	0.0519
82.0	0.1190	0.0910	0.0281
80.8	0.0952	0.0763	0.0190
80.0	0.0714	0.0673	0.0041
74.8	0.0476	0.0255	0.0222
72.4	0.0238	0.0145	0.0093

Tabla50. Datos para una lluvia de 15min de duración, con una distribución teórica $d=15min$; $y = y$. Desviación máxima. Fuente: Elaboración Propia. Agosto 2014.



DATOS PARA UNA LLUVIA DE DURACIÓN DE 30MIN.			
INTENSIDAD (mm/h.)	DIST. EMPIRICA Pe(I<=Im)	DIST. TEORICA Pt(I<=Im)	DESVIACIONES (Δ=Pe-Pt)
112.8	0.9762	0.9646	0.0116
110.0	0.9524	0.9567	-0.0043
106.4	0.9286	0.9440	-0.0155
101.6	0.9048	0.9214	-0.0167
100.0	0.8810	0.9121	-0.0312
99.0	0.8571	0.9058	-0.0486
93.2	0.8333	0.8596	-0.0263
90.0	0.8095	0.8260	-0.0164
89.2	0.7857	0.8165	-0.0308
89.2	0.7619	0.8165	-0.0546
88.0	0.7381	0.8014	-0.0633
85.4	0.7143	0.7651	-0.0508
84.8	0.6905	0.7560	-0.0655
84.4	0.6667	0.7497	-0.0831
82.2	0.6429	0.7129	-0.0701
79.2	0.6190	0.6561	-0.0370
77.0	0.5952	0.6095	-0.0143
76.8	0.5714	0.6051	-0.0337
76.6	0.5476	0.6006	-0.0530
76.0	0.5238	0.5870	-0.0632
72.4	0.5000	0.5000	0.0000
69.6	0.4762	0.4271	0.0491
69.4	0.4524	0.4217	0.0307
69.0	0.4286	0.4110	0.0175
68.0	0.4048	0.3842	0.0205
66.0	0.3810	0.3304	0.0505
64.0	0.3571	0.2775	0.0796
64.0	0.3333	0.2775	0.0558
62.8	0.3095	0.2467	0.0628



62.5	0.2857	0.2392	0.0465
62.4	0.2619	0.2367	0.0252
60.6	0.2381	0.1932	0.0449
59.6	0.2143	0.1705	0.0437
59.0	0.1905	0.1575	0.0330
58.8	0.1667	0.1533	0.0134
58.8	0.1429	0.1533	-0.0104
57.8	0.1190	0.1329	-0.0139
55.8	0.0952	0.0967	-0.0015
54.4	0.0714	0.0752	-0.0038
53.4	0.0476	0.0618	-0.0141
36.4	0.0238	0.0001	0.0237

Tabla 51. Datos para una lluvia de 30min de duración, con una distribución teórica $d=30\text{min}$; $= y =$. Desviación máxima. Fuente: Elaboración Propia. Agosto 2014.

DATOS PARA UNA LLUVIA DE DURACIÓN DE 60MIN.			
INTENSIDAD (mm/h.)	DIST. EMPIRICA $Pe(I \leq I_m)$	DIST. TEORICA $Pt(I \leq I_m)$	DESVIACIONES ($\Delta = Pe - Pt$)
95.1	0.9762	0.9789	-0.0028
90.0	0.9524	0.9696	-0.0172
77.7	0.9286	0.9269	0.0017
77.3	0.9048	0.9248	-0.0200
77.0	0.8810	0.9232	-0.0422
76.0	0.8571	0.9176	-0.0605
69.8	0.8333	0.8734	-0.0401
66.5	0.8095	0.8418	-0.0323
64.2	0.7857	0.8156	-0.0299
63.8	0.7619	0.8107	-0.0488
63.2	0.7381	0.8031	-0.0650
57.7	0.7143	0.7205	-0.0062



55.8	0.6905	0.6862	0.0043
54.3	0.6667	0.6569	0.0098
52.1	0.6429	0.6104	0.0324
51.2	0.6190	0.5903	0.0288
49.3	0.5952	0.5457	0.0496
49.0	0.5714	0.5384	0.0331
47.1	0.5476	0.4909	0.0567
47.0	0.5238	0.4884	0.0355
46.0	0.5000	0.4625	0.0375
44.7	0.4762	0.4283	0.0479
44.4	0.4524	0.4203	0.0321
43.5	0.4286	0.3962	0.0323
43.1	0.4048	0.3855	0.0193
42.4	0.3810	0.3667	0.0143
41.8	0.3571	0.3505	0.0066
41.7	0.3333	0.3479	-0.0145
41.6	0.3095	0.3452	-0.0356
39.3	0.2857	0.2841	0.0016
36.9	0.2619	0.2231	0.0388
36.7	0.2381	0.2183	0.0198
36.4	0.2143	0.2110	0.0033
35.4	0.1905	0.1875	0.0029
33.8	0.1667	0.1524	0.0143
33.4	0.1429	0.1441	-0.0012
32.6	0.1190	0.1282	-0.0092
29.5	0.0952	0.0760	0.0192
28.5	0.0714	0.0625	0.0089
25.2	0.0476	0.0293	0.0183
22.9	0.0238	0.0154	0.0084

Tabla 52. Datos para una lluvia de 60min de duración, con una distribución teórica $d=60min$; $= y =$. Desviación máxima. Fuente: Elaboración Propia. Agosto 2014.



DATOS PARA UNA LLUVIA DE DURACIÓN DE 120MIN.			
INTENSIDAD (mm/h.)	DIST. EMPIRICA Pe(I<=Im)	DIST. TEORICA Pt(I<=Im)	DESVIACIONES (Δ=Pe-Pt)
67.9	0.9762	0.9813	-0.0051
65.6	0.9524	0.9772	-0.0248
62.7	0.9286	0.9706	-0.0420
58.9	0.9048	0.9591	-0.0543
45.8	0.8810	0.8753	0.0057
44.7	0.8571	0.8634	-0.0063
42.7	0.8333	0.8392	-0.0059
39.5	0.8095	0.7924	0.0171
37.3	0.7857	0.7538	0.0319
34.3	0.7619	0.6917	0.0702
33.6	0.7381	0.6756	0.0625
32.8	0.7143	0.6564	0.0578
32.7	0.6905	0.6540	0.0365
30.9	0.6667	0.6078	0.0589
30.6	0.6429	0.5997	0.0432
30.2	0.6190	0.5887	0.0303
30.2	0.5952	0.5887	0.0065
29.3	0.5714	0.5634	0.0080
29.2	0.5476	0.5606	-0.0129
29.1	0.5238	0.5577	-0.0339
27.1	0.5000	0.4981	0.0019
26.8	0.4762	0.4888	-0.0126
24.5	0.4524	0.4159	0.0365
23.3	0.4286	0.3770	0.0516
23.0	0.4048	0.3672	0.0375
23.0	0.3810	0.3672	0.0137
22.8	0.3571	0.3607	-0.0036
22.7	0.3333	0.3574	-0.0241
21.5	0.3095	0.3185	-0.0090



21.2	0.2857	0.3089	-0.0232
19.8	0.2619	0.2646	-0.0026
18.1	0.2381	0.2132	0.0249
18.1	0.2143	0.2132	0.0011
17.4	0.1905	0.1931	-0.0027
17.3	0.1667	0.1903	-0.0237
14.9	0.1429	0.1286	0.0143
14.8	0.1190	0.1262	-0.0072
14.8	0.0952	0.1262	-0.0310
12.3	0.0714	0.0756	-0.0042
11.0	0.0476	0.0552	-0.0076
8.9	0.0238	0.0306	-0.0067

Tabla 53. Datos para una lluvia de 120min de duración, con una distribución teórica $d=120min$; $= y =$. Desviación máxima. Fuente: Elaboración Propia. Agosto 2014.



9.11.1 Tabla de coeficiente de escorrentía

Este coeficiente está en dependencia del uso del suelo (Us), tipo de suelo (Ts) y pendiente del terreno (Pt). Para este diseño se utilizó $C = Us * Ts * Pt$, según tabla 2.

Uso del suelo	Us
Vegetación densa, bosques, cafetal con sombras, pastos.	0.04
Malezas, arbustos, solar baldío, cultivos perennes, parques, cementerios, campos deportivos	0.06
Sin vegetación o con cultivos anuales	0.10
Zonas suburbanas(viviendas, negocios)	0.20
Casco urbano y zonas industriales	0.30 – 0.50
Tipo de suelo	Ts
Permeable(terreno arenoso, ceniza volcánica, pómez)	1.00
Semipermeable (terreno arcilloso arenoso)	1.25
Impermeable (terreno arcilloso, limoso ,marga)	1.50
Pendiente del terreno (%)	Pt
0.0 – 3.0	1.00
3.1 – 5.00	1.50
5.1 – 10.00	2.00
10.1- 20.00	2.50
20.1 y mas	3.0
$C = Us * Ts * Pt$	

Tabla 54: Parámetros para determinar coeficiente de escorrentía.

Fuente: Lanzas Mejía. N. (2010). Diseño y construcción de Drenaje Vial. Maestría en vías de transporte. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional de Ingeniería. (Mejia, 2010)



9.12 Curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) de la estación meteorológica Aeropuerto Internacional Managua.

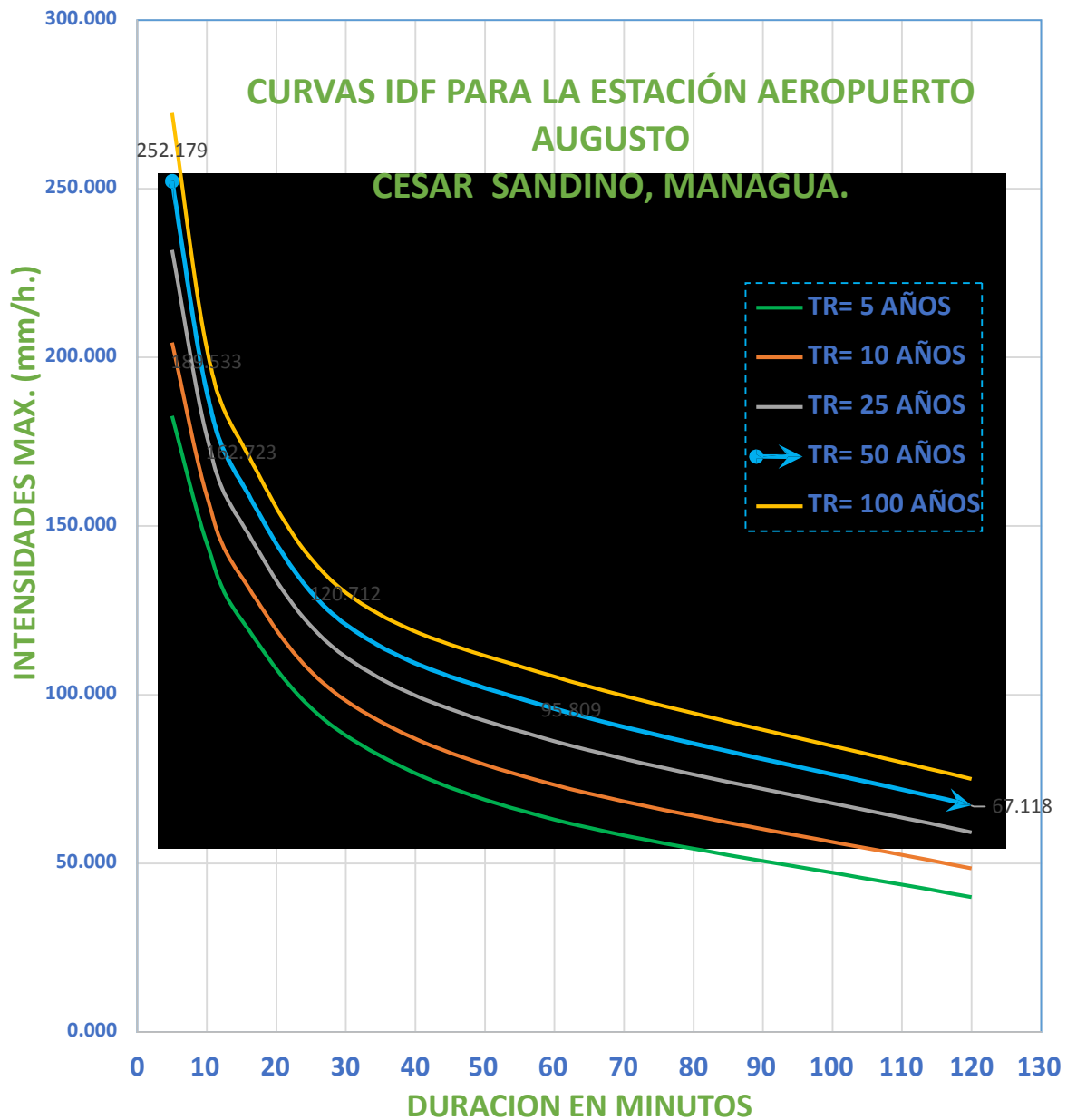


Figura 29: Curvas IDF para la estación Aeropuerto C. Sandino
Fuente: elaboración propia Managua 2015.



9.13 ANEXO

**MEMORIA DE CÁLCULO DEL DISEÑO GEOMETRICO DEL
CANAL, TABLAS DE RESULTADOS DEL DISEÑO, FIGURAS DE LA
SECCIÓN DEFINITIVA DEL CANAL, MEMORIA DE CÁLCULO DEL
DISEÑO HIDRAULICO DEL CANAL.**



9.14 Memoria de cálculo del diseño del canal

9.14.1 Diseño geométrico

CURVA #1

= .

Inicio de la curva: 0+031.22, Fin de la curva: 0+049.02

Radio de la curva, se tomó por tabla 7 radio mínimo en función de espejo de agua

$$R = 5T = 5(4.7) = 23.5\text{m}$$

Tangente de la curva

$$\triangleright T_1 = R \tan \frac{1}{2} \Delta ; T_1 = 23.500 \left[\tan \frac{10.20}{2} \right] = 2.09 \text{ m} \quad .15$$

Grado de curvatura

$$\triangleright Gc_1 = \frac{1000\text{m}}{23.5} = 42.55 \quad .16$$

Externa

$$\triangleright E1 = R \left(\sec \frac{1}{2} \Delta - 1 \right) E1 = 23.50 \text{ m} \left(\sec \frac{10.20}{2} - 1 \right) = 0.09 \text{ m} \quad .17$$

Mediana

$$\triangleright M1 = R \left(1 - \cos \Delta \right) M1 = 23.5 \left(1 - \cos 10.20/2 \right) = 0.09 \quad .18$$

Cuerda máxima

$$\triangleright M1 = 2R \sin^2 \left(\frac{\Delta}{2} \right) M1 = 2(23.5) \left(\sin^2 \left(\frac{10.20}{2} \right) \right) = 4.17 \quad .19$$

Desarrollo

$$\triangleright L = \frac{20\Delta}{1} ; L = \frac{20(10.20^\circ)}{(42.55)} = 4.8 \quad .20$$



CURVA #2

= .

Inicio de la curva: 0+160.00, Fin de la curva: 0+159.47

Radio de la curva, se tomó por tabla 7 radio mínimo en función de espejo de agua

$$R = 5T = 5(4.7) = 23.5\text{m}$$

Tangente de la curva

$$\text{➤ } T_2 = R \tan \frac{1}{2} ; T_2 = 23.5.00 \tan \left[\frac{0.15}{2} \right] = 0.030 \text{ m}$$

Grado de curvatura

$$\text{➤ } Gc_2 = \frac{1000}{23.5} = 42.5$$

Externa

$$\text{➤ } E2 = R \left(\frac{\sec \frac{\Delta}{2}}{2} - 1 \right) E2 = 23.500 \text{ m} \left(\sec \frac{0.15}{2} - 1 \right) = 2.01 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

Mediana

$$\text{➤ } M2 = \left(1 - \frac{\Delta}{2} \right) M1 = 23.5 \left(1 - \frac{0.15}{2} \right) = 2.01 \cdot 10^{-5}$$

Cuerda máxima

$$\text{➤ } M2 = 2 \left(\frac{\Delta}{2} \right) M2 = 2(23.5) \left(\frac{0.15}{2} \right) = 0.061$$

Desarrollo

$$\text{➤ } 2 = 20\Delta / 2 \quad 2 \quad 2 = 20(0.15^\circ) / (42.55) = 0.070$$



CURVA # 3

=

Inicio de la curva: 0+377.17, Fin de la curva: 0+382.93

Radio de la curva, se tomó por tabla 7 radio mínimo en función de espejo de agua

$$R = 5T = 5(4.7) = 23.5\text{m}$$

Tangente de la curva

$$\triangleright T_3 = R \tan \frac{\Delta}{2} ; T_3 = 23.500 \tan \frac{3}{2}] = 0.615 \text{ m}$$

Grado de curvatura

$$\triangleright Gc_3 = \frac{1000}{23.5} = 42.55$$

Externa

$$\triangleright E_3 = R \left(\sec \frac{\Delta}{2} - 1 \right) E_3 = 23.500 \text{ m} \left(\sec \frac{3}{2} - 1 \right) = 0.0855 \text{ m}$$

Mediana

$$\triangleright M_3 = \left(1 - \frac{\Delta^3}{24} \right) M_3 = 23.5 \left(1 - \frac{3^3}{24} \right) = 0.0855\text{m}$$

Cuerda máxima

$$\triangleright M_3 = 2 \left(\frac{\Delta}{2} \right) M_3 = 2(23.5) \left(\frac{3}{2} \right) = 1.23$$

Desarrollo

$$\triangleright L_3 = 20\Delta^3 - 3 \Delta^3 = \frac{20(3^\circ)}{24} (42.55) = 1.41$$



CURVA # 4

= .

Inicio de la curva: 0+393.87, Fin de la curva: 0+405.16

Radio de la curva, se tomó por tabla 7 radio mínimo en función de espejo de agua

$$R = 5T = 5(4.7) = 23.5\text{m}$$

Tangente de la curva

$$\text{➤ } T_4 = R \tan \frac{\Delta}{2} ; T_4 = 23.500 \tan \frac{6.5}{2} = 1.23 \text{ m}$$

Grado de curvatura

$$\text{➤ } Gc_4 = \frac{1000}{23.5} = 42.55$$

Externa

$$\text{➤ } E_4 = R \left(\sec \frac{\Delta}{2} - 1 \right) E_4 = 23.500 \text{ m} \left(\sec \frac{6.5}{2} - 1 \right) = 0.037 \text{ m}$$

Mediana

$$\text{➤ } M_4 = R \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right) M_4 = 23.5 \left(1 - \cos \frac{6.5}{2} \right) = 0.037$$

Cuerda máxima

$$\text{➤ } M_4 = 2R \sin^2 \left(\frac{\Delta}{4} \right) M_4 = 2(23.5) \sin^2 \left(\frac{6.5}{4} \right) = 2.66$$

Desarrollo

$$\text{➤ } \Delta = \frac{20\Delta}{4} / \Delta \Delta = \frac{20(6.5^\circ)}{(42.55)} = 3.06$$



CURVA # 5

= .

Inicio de la curva: 0+496.33, Fin de la curva: 0+502.81

Radio de la curva, se tomó por tabla 7 radio mínimo en función de espejo de agua

$$R = 5T = 5(4.7) = 23.5\text{m}$$

Tangente de la curva

$$\text{➤ } T_5 = R \tan \frac{\Delta_5}{2} ; T_5 = 23.5.00 \tan \left[\frac{3.7}{2} \right] = 0.759 \text{ m}$$

Grado de curvatura

$$\text{➤ } Gc_5 = \frac{1000}{23.5} = 42.55$$

Externa

$$\text{➤ } E_5 = R \left(\sec \frac{\Delta_5}{2} - 1 \right) E_5 = 23.500 \text{ m} \left(\sec \frac{3.7}{2} - 1 \right) = 0.012 \text{ m}$$

Mediana

$$\text{➤ } M_5 = \left(1 - \frac{\Delta_5}{2} \right) M_5 = 23.5 \left(1 - \frac{3.7}{2} \right) = 0.012$$

Cuerda máxima

$$\text{➤ } M_5 = 2 \left(\frac{\Delta_5}{2} \right) M_5 = 2(23.5) \left(\frac{3.7}{2} \right) = 1.51$$

Desarrollo

$$\text{➤ } \Delta_5 = \frac{2045}{5} \Delta_5 = \frac{20(3.7^\circ)}{(42.55)} = 1.74$$



CURVA # 6

= .

Inicio de la curva: 0+744.52, Fin de la curva: 0+774.63

Radio de la curva, se tomó por tabla 7 radio mínimo en función de espejo de agua

$$R = 5T = 5(4.7) = 23.5\text{m}$$

Tangente de la curva

$$\text{➤ } T_6 = R \tan \frac{\Delta_6}{2} ; T_6 = 23.500 \tan \frac{27.6}{2} = 5.77 \text{ m}$$

Grado de curvatura

$$\text{➤ } Gc_6 = \frac{1000}{23.5} = 42.55$$

Externa

$$\text{➤ } E_6 = R \left(\sec \frac{\Delta_6}{2} - 1 \right) E_6 = 23.500 \text{ m} \left(\sec \frac{27.6}{2} - 1 \right) = 0.698 \text{ m}$$

Mediana

$$\text{➤ } M_6 = \left(1 - \frac{\Delta_6}{2} \right) M_6 = 23.500 \left(1 - \frac{27.6}{2} \right) = 0.698$$

Cuerda máxima

$$\text{➤ } M_6 = 2 \cdot 1 \cdot \Delta_6 / 2 \quad M_1 = 2(23.5) \left(\frac{27.6}{2} \right) = 11.21$$

Desarrollo

$$\text{➤ } 1 = 2046 / 6 \quad 6 = 20(27.60^\circ) / (42.55) = 13$$



CURVA # 7

=

Inicio de la curva: 0+789.98, Fin de la curva: 0+805.28

Radio de la curva, se tomó por tabla 7 radio mínimo en función de espejo de agua

$$R = 5T = 5(4.7) = 23.5\text{m}$$

Tangente de la curva

$$\text{➤ } T_7 = R \tan \frac{\Delta_7}{2} ; T_7 = 23.500 \tan \frac{14}{2} = 2.88 \text{ m}$$

Grado de curvatura

$$\text{➤ } GC_7 = \frac{1000}{23.5} = 42.55$$

Externa

$$\text{➤ } E_7 = R \left(\sec \frac{\Delta_7}{2} - 1 \right) E_7 = 23.500 \text{ m} \left(\sec \frac{14}{2} - 1 \right) = 0.176 \text{ m}$$

Mediana

$$\text{➤ } M_7 = R \left(1 - \cos \frac{\Delta_7}{2} \right) M_7 = 23.5 \left(1 - \cos \frac{14}{2} \right) = 0.176$$

Cuerda máxima

$$\text{➤ } M_7 = 2R \sin \left(\frac{\Delta_7}{2} \right) M_7 = 2(23.5) \sin \left(\frac{14}{2} \right) = 5.73$$

Desarrollo

$$\text{➤ } L_7 = \frac{20\Delta_7}{\Delta_7} L_7 = \frac{20(14^\circ)}{(42.55)} = 6.58$$

CURVA # 8

=



Inicio de la curva: 0+907.19, Fin de la curva: 0+925.53

Radio de la curva, se tomó por tabla 7 radio mínimo en función de espejo de agua

$$R = 5T = 5(4.7) = 23.5\text{m}$$

Tangente de la curva

$$\triangleright T_8 = R \tan \frac{\delta}{2} ; T_8 = 23.5.00 \tan \frac{16.8}{2} = 3.47 \text{ m}$$

Grado de curvatura

$$\triangleright G_{c_8} = \frac{1000}{23.5} = 42.55$$

Externa

$$\triangleright E_8 = R \left(\sec \frac{\delta}{2} - 1 \right) E_8 = 23.500 \text{ m} \left(\sec \frac{16.8}{2} - 1 \right) = 0.254 \text{ m}$$

Mediana

$$\triangleright M_8 = \left(1 - \frac{\Delta\delta}{2} \right) M_8 = 28 \left(1 - \frac{16.8}{2} \right) = 0.254$$

Cuerda máxima

$$\triangleright M_8 = 2 \delta \left(\frac{\Delta\delta}{2} \right) M_8 = 2(28) \left(\frac{16.8}{2} \right) = 6.86$$

Desarrollo

$$\triangleright \delta = \frac{20\Delta\delta}{\delta} \delta = \frac{20(16.8^\circ)}{(42.55)} = 7.89$$



CURVA # 9

= .

Inicio de la curva: 0+951.68, Fin de la curva: 0+964.17

Radio de la curva, se tomó por tabla 7 radio mínimo en función de espejo de agua

$$R = 5T = 5(4.7) = 23.5\text{m}$$

Tangente de la curva

$$\text{➤ } T_9 = R \tan \frac{\theta}{2} ; T_9 = 23.500 \tan \frac{11.4}{2} = 2.34 \text{ m}$$

Grado de curvatura

$$\text{➤ } Gc_9 = \frac{1000}{23.5} = 42.55$$

Externa

$$\text{➤ } E_9 = R \left(\sec \frac{\theta}{2} - 1 \right) E_9 = 23.500 \text{ m} \left(\sec \frac{11.4}{2} - 1 \right) = 0.12 \text{ m}$$

Mediana

$$\text{➤ } M_9 = R \left(1 - \cos \frac{\theta}{2} \right) M_9 = 23.5 \left(1 - \cos \frac{11.4}{2} \right) = 0.12$$

Cuerda máxima

$$\text{➤ } M_9 = 2 R \sin \left(\frac{\theta}{2} \right) M_9 = 2(23.5) \sin \left(\frac{11.4}{2} \right) = 4.66$$

Desarrollo

$$\text{➤ } L_9 = \frac{20\theta}{\Delta\theta} / \text{Grado} L_9 = \frac{20(11.4)}{42.55} = 5.36$$



9.15 ANEXO
FIGURAS EXTRAIDAS DE LA SIMULACIÓN DEL CANAL EN EL
SOFTWARE HECRASS



Plan: (SDCFA) CAUSE FA EJE CENTRAL RS: 1000 Profile: TR=50 AÑOS					
E.G. Elev (m)	222.78	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.71	Wt. n-Val.		0.040	
W.S. Elev (m)	222.07	Reach Len. (m)	20.00	20.00	20.00
Crit W.S. (m)	222.07	Flow Area (m2)		16.29	
E.G. Slope (m/m)	0.016492	Area (m2)		16.29	
Q Total (m3/s)	60.84	Flow (m3/s)		60.84	
Top Width (m)	11.49	Top Width (m)		11.49	
Vel Total (m/s)	3.74	Avg. Vel. (m/s)		3.74	
Max Chl Dpth (m)	2.36	Hydr. Depth (m)		1.42	
Conv. Total (m3/s)	473.8	Conv. (m3/s)		473.8	
Length Wtd. (m)		Wetted Per. (m)		12.98	
Min Ch El (m)	219.71	Shear (N/m2)		202.99	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	1915.12	0.00	0.00
Frctn Loss (m)		Cum Volume (1000 m3)		16.69	
C & E Loss (m)		Cum SA (1000 m2)		12.47	

Figura 34: Resultados de parámetros hidráulicos del canal. Fuente: Extraída del software HECRAS, de simulación del cauce en condiciones normales.

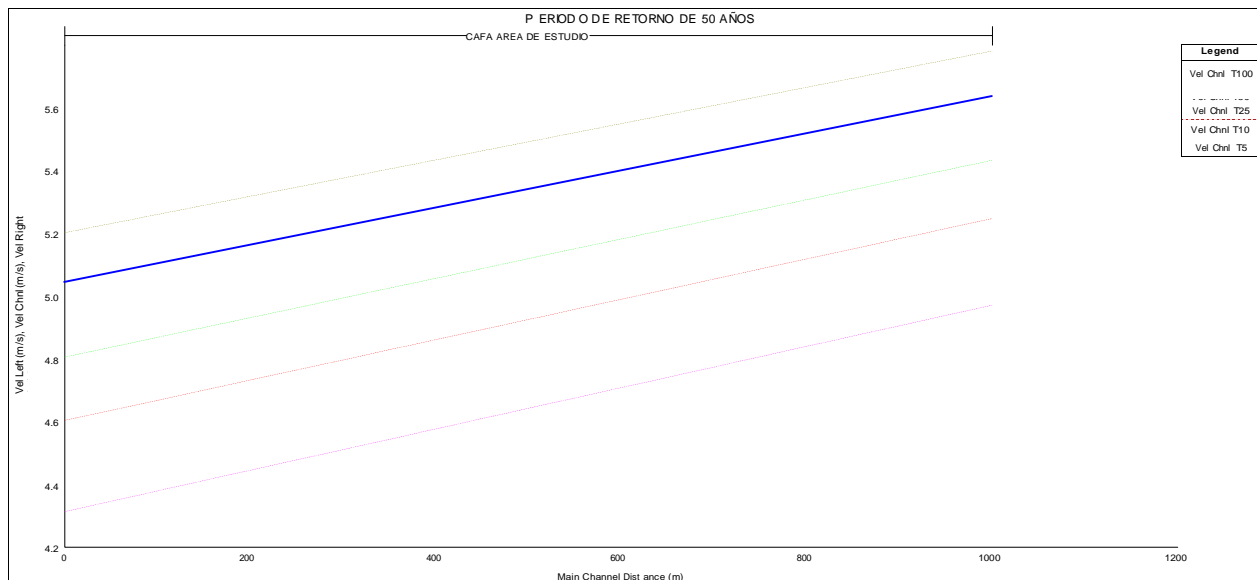


Figura 35: Comportamiento de la velocidad del flujo en el cauce natural para cada periodo de retorno. Fuente: Extraída del software HECRAS, de simulación del cauce en condiciones Hidráulicas.



Plan: Plan 01 CAFA AREA DE ESTUDIO RS: 1.1 Profile: T50					
E.G. Elev (m)	3.92	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	1.62	Wt. n-Val.		0.013	
W.S. Elev (m)	2.30	Reach Len. (m)	1000.00	1000.00	1000.00
Crit W.S. (m)	2.57	Flow Area (m2)		10.79	
E.G. Slope (m/m)	0.004400	Area (m2)		10.79	
Q Total (m3/s)	60.84	Flow (m3/s)		60.84	
Top Width (m)	4.70	Top Width (m)		4.70	
Vel Total (m/s)	5.64	Avg. Vel. (m/s)		5.64	
Max Chl Dpth (m)	2.30	Hydr. Depth (m)		2.30	
Conv. Total (m3/s)	917.2	Conv. (m3/s)		917.2	
Length Wtd. (m)	1000.00	Wetted Per. (m)		9.29	
Min Ch El (m)	0.00	Shear (N/m2)		50.11	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	225.03	0.00	0.00
Frctn Loss (m)		Cum Volume (1000 m3)		11.43	
C & E Loss (m)		Cum SA (1000 m2)		4.70	

Figura 37: Resultados de parámetros hidráulicos del canal. Fuente: Extraída del software HECRAS, de simulación del cauce en condiciones Hidráulicas.



9.16 ANEXO

MEMORIA DE CÁLCULO DE CANTIDADES DE LOS DIFERENTES MATERIALES A UTILIZAR EN EL REVESTIMIENTO DEL CANAL.



9.16.1 Cálculo de acero de sección estructural

Acero tipo ASTM A615 GRADO 40

9.16.2 Plantilla de canal

$$1\text{var} = 6\text{m de long}$$

$$\text{en } 1000\text{m se llevara } \frac{1000}{6} = 167 \text{ var}$$

Ancho útil del canal es de 4.7 m en el cual se distribuyen 20var longitudinalmente en total 20000 ml

Tenemos 167 varillas linealmente en un tramo de 4.7 que lleva 20 varillas espaciadas a cada 20cm $167 \cdot 20 = 3340 \text{ var } \# 4$

Las 3340 varilla se dividen entre el número de varillas por quintal que para la numero 4 es 8 varillas por quintal.

$$\frac{3340 \text{ var } \#4}{8} = \quad \#$$

Para convertirlo a kg/ml tenemos los 20,000ml que multiplicado por su factor de peso es 0.993kg/ml.

$$W_{\text{kg}} = 20,000\text{ml} \cdot 0.993 \frac{\text{kg}}{\text{ml}} = \quad ,$$

Traslape en plantilla

Se le dará un traslape de 0.40m en cada en palme de varilla que se desarrolle al largo de los 1000ml del cauce.

$$\frac{1000\text{ml}}{6\text{m}} = 167 \text{ var}$$

Los 167 se multiplicara por la longitud de desarrollo de traslape que es 0.40m

$$167 \cdot 0.40\text{m} = 67\text{ml de } \# 4 \text{ en traslape}$$

$$67\text{ml} \cdot 20 \text{ unidades} = 1340\text{ml} \cdot 0.993\text{kg/ml}$$

Wkg =

Para sacarlo en quintales la cantidad de varillas / entre el número de varilla por quintal.

$$\frac{1340\text{ml}}{6} = 223 \text{ var } \# 4$$

$$223 \frac{\text{var}}{8} = \quad \#$$



9.16.3 Bastones de plantilla

Longitud de desarrollo = 6m en hierro # 5 @ 0.20m

$$\frac{1000\text{m}}{0.20\text{m}} = 5000 \text{ bastones de 6ml}$$

$$5000 \cdot 6\text{m} = 30,000\text{ml} \quad 1. \frac{551\text{kg}}{\text{ml}} = \quad \mathbf{a} \quad \#$$

$$\frac{30,000\text{ml}}{5 \text{ var}} = \quad \#$$

Armado en paredes var # 4 @ 0.20m

En 1000ml se lleva 167 var, altura de paredes 2.7 m en donde se distribuyen 14 var @ 0.20m

Tenemos 14 var * 1000m = 14,000 ml

167 var * 14 unidades = 233 var.

$$\frac{2338}{8} = 293 \quad 2$$

$$\mathbf{ca} \quad . \quad = \quad \#$$

$$14,000 \quad 0.993 \quad / \quad = 13,902 \quad 2$$

$$\mathbf{k} = \quad , \quad \mathbf{k}$$

Traslape de 0.40 ml en armado de acero para paredes de canal

$$\frac{1000}{6} = 167$$

167var*0.40m= 67ml # 4 en traslape

$$67 \quad 14 \quad \frac{938}{8} \quad \# 4 = 118 \quad 2$$

=

$$\mathbf{ca} \quad . \quad = \quad \#$$

$$938 \quad 0.993 \quad / \quad = 931 \quad 2$$

$$\mathbf{k} = \quad \mathbf{k} \quad \#$$

Bastones principales verticales # 5 @ 0.20m, Ld= 3.26

Estos se van a desarrollar en una longitud de 1000m a cada 0.20m

$$\frac{1000}{0.20} = 5000 \quad . 3.26$$

$$5000 \cdot 3.26 = 10,300 \quad 1.551 \quad / \quad = 25,281.3$$

$$\mathbf{k} = \quad . \quad \mathbf{k} \quad \mathbf{va} \quad \#$$

$$\frac{16,300}{5} = 3,260$$

Diseño de un Canal de 1Km de longitud, ubicado en el km 9.5 de la Carretera Norte, contiguo al Hotel Camino Real, del Distrito VI de la Ciudad de Managua, Año 2015.

Ingeniería Civil





Formaleta con placas o plafón pedir conforme en medidas
Alambre # 8

Volumen de concreto

Volumen en paredes

$$H=3.35m \quad = 0.25 \quad 3.35 \quad 1000 \quad = 675 \quad 3$$

$$E=0.25 \quad = 1675 \quad 3$$

L=1000m

Volumen de plantilla

$$B=4.7m \quad = 4.7 \quad 0.25 \quad 1000 \quad = 1175 \quad 3$$

$$E=0.25 \quad = \quad + \quad =$$

L=1000m

Transición

Costo en m³ de concreto

Cemex= 120 dólares

Proinco = 95 a 100 dólares

Cantidades en m³ para un concreto de 210 kg/cm²

24,568.25 bolsa de cemento de 42.5 kg

1313.00 m³ de arena

1313.00 m³ de piedra triturada



Tabla de precios de algunos materiales utilizados en el revestimiento del canal, de diferentes ferreterías y distribuidores de Nicaragua.

Materiales y productos metálicos							
Producto o descripción	Presentación	Unidad	Promedio	Mínimo	Máximo	Mínimo	Proveedor
						Anterior	
CLAVOS CON CABEZA	LBS	1"	12	12.36	16.5	12.08	<u>FETESA</u>
CLAVOS CON CABEZA	LBS	2" - 6"	14	9.41	15.42	19	<u>FETESA</u>
CLAVOS CON CABEZA (ACERO)	LBS	1" - 1 ½"	19	19	19	19	<u>DIMACO</u>
CLAVOS CON CABEZA (ACERO)	LBS	2"	18	19	19	16	<u>DIMACO</u>
CLAVOS PARA LAMINAS DE ZINC (ENTORCHADOS)	LBS	2 ½"	14	14.49	444.57	14.49	<u>JAMAR</u>
CLAVOS PARA LAMINAS DE ZINC (LISOS)	LBS	2 ½"	15	16	16	14.49	<u>DIMACO</u>
HIERRO CORRUGADO (ASTM 104 LBS) 14 var.	QQ	(9.52 mm) 3/8 x 20'	691	691.31	691.31	691.31	<u>JAMAR</u>
HIERRO CORRUGADO (ASTM 104 LBS) 1.9 var.	QQ	(25.4 mm) 1.00 x 20'	439	139.13	739.13	739.13	<u>JAMAR</u>
HIERRO CORRUGADO (ASTM 104 LBS) 3.33 var.	QQ	(19.05 mm) ¾ x 20'	739	739.13	739.13	739.13	<u>JAMAR</u>
HIERRO CORRUGADO (ASTM 104 LBS) 4.81 var.	QQ	(15.88 mm) 5/8 x 20'	724	739.13	739.13	708.7	<u>JAMAR</u>
HIERRO CORRUGADO (ASTM 104 LBS) 8 var.	QQ	(12.7 mm) ½" x 20'	709	708.7	708.7	708.7	<u>JAMAR</u>
HIERRO CORRUGADO (MM 90.72 LBS) 14 var.	QQ	(8.5 mm) 3/8 x 20'	604	604.35	604.35	604.35	<u>JAMAR</u>
HIERRO LISO ASTM (14 var.)	QQ	3/8 x 20'	73	73.49	873.92	73.49	<u>Ferretería Jenny</u>
HIERRO LISO ASTM (4.81 var.)	QQ	5/8 x 20'	144	144.32	230.2	144.32	<u>DIMACO</u>
HIERRO LISO ASTM (8 var.)	QQ	½ x 20'	121	121.39	1039.13	121.39	<u>Ferretería Jenny</u>
HIERRO LISO (ASTM 91.2 LBS) 30 var.	QQ	(6 mm) ¼ x 20'	674	674.05	674.05	674.05	<u>MONOLIT</u>

Diseño de un Canal de 1Km de longitud, ubicado en el km 9.5 de la Carretera Norte, contiguo al Hotel Camino Real, del Distrito VI de la Ciudad de Managua, Año 2015.

Ingeniería Civil



MALLA CICLÓN # 13.0 - 2.52 m (170 lbs)	ROLLO	6' x 100'	1,842	1842.43	1956.53	1842.43	<u>Ferretería Jenny</u>
PLATINAS 3.17 mm	C/U	1/8 x 1/2" x 20'	33	33.05	33.05	33.05	<u>JAMAR</u>
PLATINAS 3.17 mm	C/U	1/8 x 1" x 20'	84	84.35	84.35	84.35	<u>JAMAR</u>
PLATINAS 3.17 mm	C/U	1/8 x 3/4 x 20	67	66.96	66.96	66.96	<u>JAMAR</u>
VARI LLA CARRUGADA LD = 6 mts	PIEZA	5.5 MM G-70	22	22.26	2.26	22.26	<u>MONOLIT</u>
VARI LLA CARRUGADA LG = 6 mts	PIEZA	7.20 MM G-70	38	38.16	38.16	38.16	<u>MONOLIT</u>
VARI LLA CARRUGADA LG = 6 mts	PIEZA	4.50 MM G-70	15	14.9	14.9	14.94	<u>MONOLIT</u>
VARI LLA CARRUGADA LG = 6 mts	PIEZA	6.20 MM G-70	28	28.22	28.22	28.22	<u>MONOLIT</u>
VARI LLA CARRUGADA LG = 6 mts	PIEZA	9.50 MM G-70	66	66.38	66.38	66.38	<u>MONOLIT</u>
VARI LLA CARRUGADA LG = 6 mts	PIEZA	3.80 MM G-70	11	10.53	10.53	10.53	<u>MONOLIT</u>
VARI LLA CARRUGADA STD GRADO 40	PIEZA	1 X 6 mts	334	333.76	496	333.76	<u>MONOLIT</u>
VARI LLA CARRUGADA STD GRADO 40	PIEZA	3/4 X 6 mts	188	188.05	363	188.08	<u>MONOLIT</u>
VARI LLA CARRUGADA STD GRADO 60	QQ	5/8 X 6 mts	638	637.5	637.5	637.5	<u>MONOLIT</u>
VARI LLA CARRUGADA STD GRADO 60	QQ	7/8 X 6 mts	638	637.5	637.5	637.5	<u>MONOLIT</u>
VARI LLA CARRUGADA STD GRADO 60	QQ	1 X 6 mts	638	637.5	637.5	637.5	<u>MONOLIT</u>
VARI LLA CARRUGADA STD GRADO 60	QQ	1/2 X 6 mts	638	637.5	637.5	637.5	<u>MONOLIT</u>
VARI LLA CORRUGADA STD GRADO 40	QQ	3/8 x 6mts	46	45.53	69.9	45.53	<u>MONOLIT</u>
VARI LLA CORRUGADA STD GRADO 40	QQ	5/8 x 6mts	131	130.63	188.21	130.63	<u>MONOLIT</u>

Tabla 57. Costos unitarios materiales y productos metálicos. Fuente elaboración propia, abril 2015