

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL RAFAELA
Departamento de Ingeniería Civil

ASIGNATURA

PROYECTO FINAL

**EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E
HIDRÁULICA CON ÉNFASIS EN LA
PREVENCIÓN Y CONTROL DE
INUNDACIONES DE LA CUENCA
SUPERIOR OESTE DE LA
LOCALIDAD DE FREYRE,
CÓRDOBA (ARGENTINA).**

AUTOR

GIANINETTO JONATHAN ANDRÉS

RAFAELA (SF), diciembre 2020.

**EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA CON
ÉNFASIS EN LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE
INUNDACIONES DE LA CUENCA SUPERIOR OESTE DE LA
LOCALIDAD DE FREYRE, CÓRDOBA (ARGENTINA).**

PROYECTO FINAL

ELABORADO POR

GIANINETTO JONATHAN ANDRÉS

BAJO LA DIRECCIÓN DE

DRA. ING. GRACIELA VIVIANA ZUCARELLI

DRA. ING. ROSANA HAMMERLY

**EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA CON
ÉNFASIS EN LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE
INUNDACIONES DE LA CUENCA SUPERIOR OESTE DE LA
LOCALIDAD DE FREYRE, CÓRDOBA (ARGENTINA).**

Dra. Ing. Rosana Hammerly Co-Directora	Dra. Ing. Graciela Viviana Zucarelli Directora

**EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA CON
ÉNFASIS EN LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE
INUNDACIONES DE LA CUENCA SUPERIOR OESTE DE LA
LOCALIDAD DE FREYRE, CÓRDOBA (ARGENTINA).**

TRIBUNAL DE EVALUACIÓN		
Jurado	Jurado Presidente	Jurado

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a Dios por ser guía fundamental a lo largo de mi vida, fuente de fe, confianza y sabiduría.

Un especial agradecimiento a mis padres por ser pilares esenciales en mi formación, inculcando los valores y principios éticos necesarios para forjar un proyecto de vida.

A mi esposa e hija, por su apoyo incondicional, paciencia y amor. Este logro ha sido posible gracias a ellas, como así también a su familia.

A mi hermano y compañero, por todos los momentos compartidos y por ser una de las tantas personas en brindarme la confianza y motivación necesaria para culminar mis estudios. Así mismo, se hace extensivo el agradecimiento a su esposa y familia por la fortaleza espiritual que me supieron transmitir.

Mi gratitud y reconocimiento a la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rafaela, por la oportunidad de desarrollarme tanto académica como personalmente en una carrera de grado como lo es la Ingeniería Civil.

A mis compañeros y amigos de la facultad con quienes he vivenciado grandes momentos a lo largo de estos años de estudios, conformando un gran grupo humano; siendo ellos a su vez responsables de este logro académico.

Quiero agradecer a todos aquellos que han confiado en mí desde el momento en que inicié esta carrera. Dichas personas me han demostrado y transmitido su afecto, apoyo y sus conocimientos a lo largo de este trayecto.

A todas aquellas personas que me brindaron la información necesaria y contribuyeron al desarrollo del presente trabajo, Municipalidad de Freyre (Cba.); Municipalidad de Rafaela (Santa Fe); Cooperativa Agrícola, Ganadera y de Consumo Freyre Ltda.; Cooperativa de Provisión de Servicios Públicos de Freyre Ltda.; Ing. Hugo F. Begliardo; Ing. Oscar Tibaldo; Ing Rubén C. Rosetti, Ing Germán M. Tarallo.

A los directores de Proyecto Dra. Ing. Viviana Zucarelli y Dra. Ing. Rosana Hammerly por su calidad de tutores, brindando su tiempo, dedicación, paciencia y conocimientos para orientarme en el desarrollo del presente Proyecto.

Finalmente, y no menos importante, es agradecer a todos los profesores de la carrera de Ingeniería Civil por enseñarme, aconsejarme e instruirme en el camino del buen estudiante; en particular un reconocimiento a aquellos que por su carisma y vocación profesional me han permitido sobrellevar toda adversidad durante el cursado de la carrera, y cuyas enseñanzas representan fuente de sabiduría.

A todos, muchas gracias

PRÓLOGO

En los últimos años grandes extensiones de campos han sido enormemente afectadas por anegamientos, resaltando aquellos ocurridos en el extremo noreste de la provincia de Córdoba. La topografía de la región, las modificaciones antrópicas sobre el ecosistema y el marcado incremento del régimen de precipitación, han producido significativas alteraciones físicas, económicas, sociales y culturales.

En torno a lo expuesto, el presente proyecto titulado *“Evaluación hidrológica e hidráulica con énfasis en la prevención y control de inundaciones de la cuenca superior oeste de la localidad de Freyre, Córdoba (Argentina)”*, presenta un análisis integral de la cuenca de la región, con el fin de determinar las posibles causantes de los desbordamientos y anegamientos ocurridos. Conforme a ello, se plantean alternativas tendientes a dar solución a la problemática, las cuales se resumen en la modificación de la traza del canal colector principal, la adecuación de las secciones transversales de las canalizaciones existentes y la construcción de un reservorio de aguas pluviales; todo ello bajo el planteo de un funcionamiento sistémico ante caudales de diversas magnitudes.

Con el fin de comprender la dinámica hídrica de la cuenca, se utilizaron los programas Global Mapper y Arc Map 10.2.1; mientras que, para obtener los caudales erogados por la misma, se hizo uso del modelo computacional HEC-HMS en su versión 4.0. Ello permitió no sólo el estudio de la capacidad de conducción de las canalizaciones existentes, sino también valorar el sistema propuesto, el cual dé solución integral al problema.

Finalmente se plasma el cómputo y presupuesto del proyecto de mayor viabilidad, como así también el correspondiente estudio de impacto ambiental, las conclusiones y recomendaciones para trabajos futuros en la región.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO - GENERALIDADES	1
1.1 CICLO HIDROLÓGICO	1
1.2 CUENCA HIDROGRÁFICA	2
1.2.1 Caracterización morfométrica de una cuenca	4
1.2.1.1 Parámetros de forma	4
1.2.1.2 Parámetros de relieve	5
1.2.1.3 Parámetros relativos a la red hidrográfica	6
1.2.2 Clasificación simplificada de las cuencas y técnicas hidrológicas a utilizar	6
1.3 MACRO Y MICRO DRENAJE	8
1.4 CONCEPTO DE SISTEMA.....	9
1.4.1 Carácter sistémico de la cuenca	10
1.5 LA HIDROLOGÍA EN MEDIO URBANO	11
1.5.1 Tratamiento típico del problema de las inundaciones urbanas	13
1.5.1.1 Medidas Estructurales y No Estructurales	13

CAPÍTULO 2

MARCO REGLAMENTARIO.....	15
2.1. LEGISLACIÓN NACIONAL	15
2.1.1 Constitución Nacional, Arts. N°41, N°43 y N°124.....	15
2.1.2 Ley N°25.675 – Ley General del Ambiente	16
2.1.3 Ley N° 25.688 – Régimen de gestión ambiental de aguas	16
2.1.4 Ley N°25.831 – Acceso a la información Ambiental.....	16
2.1.5 Decreto PEN Nro. 674/89 – Protección de los Recursos Hídricos Superficiales y Subterráneos	17
2.1.6 Ley N°19.587 – Seguridad e Higiene - Reglamentarias y modificatorias.....	17
2.2 LEGISLACIÓN PROVINCIAL	18
2.2.1 Constitución de Córdoba.....	18
2.2.2 Ley N°7.343	19
2.2.3 Ley N°10.208– Política Ambiental Provincial.....	20
2.2.4 Ley N°5.589 – Código de aguas	20

CAPÍTULO 3

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	21
3.1 UBICACIÓN	21

3.2 CARACTERÍSTICAS GEOFÍSICAS DE LA REGIÓN	22
3.2.1 Caracterización del suelo a nivel regional	23
3.3 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	25
3.3.1 Caracterización suelo local	25
3.4 PROBLEMÁTICA DE LA CUENCA	26
3.4.1 Imágenes satelitales de las zonas anegadas	30
CAPÍTULO 4	
ESTUDIO HIDROLÓGICOS	33
4.1. SISTEMA CUENCA.....	33
4.1.1 Sistema Rio Pasaje o Juramento	34
4.1.2 Subcuenca arroyo Cululú.....	35
4.1.3 Subcuenca canal Vila-Cululú	37
4.1.4 Perfil de elevación según traza generada	39
4.2 DELIMITACIÓN DE LA MACROCUENCA.....	40
4.2.1 Valoración de las áreas de aporte.....	40
4.2.2 Relevamiento plani-altimétrico del sector.....	40
4.2.2.1 Metodología - instrumental de trabajo.....	40
4.2.2.2 Georreferenciación de puntos	43
4.3 VALORACIÓN DE LAS MICROCUENCAS A NIVEL RURAL.....	45
4.3.1 Relevamiento de las obras existentes.....	45
4.3.1.1 Delimitación de las áreas de aportes según las canalizaciones existentes....	45
4.3.2 Alcantarillas asociadas a la Ruta Provincial N°1	46
4.4 VALORACIÓN DE LA MICROCUENCA A NIVEL URBANO	47
4.4.1 Diagnóstico del sistema de desagües pluviales hasta el año 2014	47
4.4.2 Levantamiento topográfico.....	49
4.4.2.1 Microcuencas urbanas	49
4.4.2.2 Metodología de trabajo.....	50
4.4.2.2.1 Instrumental utilizado	50
4.4.2.2.2 Estación por esquinas.....	51
4.4.2.2.3 Numeración de los puntos a visualizar	51
4.4.2.2.4 Modelo de planillas de nivelación.....	52
4.4.2.3. Sentido del escurrimiento según nivelación	53
4.4.2.4 Perfil longitudinal del canal principal del año 2012	55
4.4.2.5 Valoración del sistema de alcantarillado.....	57
4.4.3 Obras desarrolladas en el sector Oeste en el año 2017.....	59

4.4.4 Resultados puntuales	60
4.4.5 Conclusiones	61
4.5 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS	61
4.5.1 Características morfométricas de la microcuenca	61
4.5.2 Tiempo de concentración (Tc).....	62
4.5.2.1 Fórmulas consideradas para estimar el tiempo de concentración.....	62
4.5.2.2 Estimación de los tiempos de concentración hasta el año 2014	63
4.5.2.3 Estimación de los tiempos de concentración, según proyecto propuesto	64
CAPÍTULO 5	
ELABORACIÓN DE MAPAS BASE TOPOGRÁFICO	65
5.1 CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS	65
5.1.1 El Modelo Digital de Terreno (MDT).....	65
5.1.2 El Modelo Digital de Elevaciones (MDE)	66
5.1.2.1 Estructuras de codificación de la elevación	66
5.1.2.2 Validación de un Modelo Digital de Elevaciones. Detección y corrección de errores.....	66
5.1.3 Procesamiento de la información mediante Global Mapper	67
5.1.4 Procesamiento de la información mediante ArcMap 10.2.1.....	68
CAPÍTULO 6	
DINÁMICA HÍDRICA DEL SECTOR EN ESTUDIO.....	73
6.1 VALORACIÓN DE LA ESCORRENTÍA SUPERFICIAL	73
6.2 MODELACIÓN DE LA CUENCA A NIVEL LOCAL MEDIANTE LA HERRAMIENTA ARCMAP 10.2.1	74
6.2.1 Interpretación de los resultados	75
6.3 REPRESENTACIÓN DE LA DINÁMICA HÍDRICA POR MEDIO DE ARCSCENE	77
CAPÍTULO 7	
PRECIPITACIONES	79
7.1 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	79
7.1.1 Análisis de precipitaciones – Serie histórica.....	79
7.1.2 Precipitaciones totales	80
7.1.3 Distribución de las precipitaciones	83
7.1.4 Tormenta de diseño	83
7.1.5 Tiempo de Retorno (Tr).....	84
7.1.6 Duración (d).....	85
7.1.7 Distribución espacial	85

7.2 ESTIMACIÓN DE LAS CURVAS “I-D-F”, PARA LA REGIÓN ANALIZADA	85
7.2.1 Distribución temporal interna de las tormentas intensas	87
7.2.2 Tormenta de diseño - Información pluviométrica.....	89
7.2.3 Precipitación efectiva - Pérdidas	91
CAPÍTULO 8	
VALORACIÓN DE LA FLUCTUACIÓN DEL NIVEL FREÁTICO	93
8.1 ÁREA DE ESTUDIO.....	93
8.2 UBICACIÓN DE LOS POZOS DE MONITOREO	93
8.3 FLUCTUACIÓN DEL NIVEL FREÁTICO	94
8.3.1 Variabilidad nivel freático (zona Este)	95
8.4 CONCLUSIONES.....	98
CAPÍTULO 9	
ELABORACIÓN DEL MODELO HIDROLÓGICO.....	99
9.1 MODELACIÓN HIDROLÓGICA.....	99
9.2 DESCRIPCIÓN DEL MODELO APLICADO / HEC-HMS	99
9.2.1 Componentes del Modelo	101
9.2.2 Modelo de cuenca.....	101
9.2.3 Modelo Meteorológico.....	102
9.2.4 Especificaciones de control.....	102
9.2.5 Datos de entrada	102
9.2.6 Fundamentos teóricos de los métodos adoptados de producción y transferencia	103
9.2.6.1 Método para determinar las pérdidas: SCS Curve Number	103
9.2.6.1.1 Determinación del número de curva (CN)	108
9.2.6.2 Método para transformar la lluvia neta en escurrimiento	108
9.2.6.2.1 Hidrograma unitario definido por el usuario.....	108
9.2.6.3 Tránsito de caudales	111
9.2.6.3.1 Modelo de Tránsito de Caudales Método de Muskingum Cunge	112
9.2.7 Calibración del modelo y verificación	115
9.2.7.1 Sensibilidad de los parámetros del Modelo HEC-HMS	116
9.3 ANÁLISIS DEL SISTEMA DE DESAGÜES HASTA EL AÑO 2014.....	116
9.3.1 Identificación de las áreas de aporte existente hasta el año 2014.....	116
9.3.2 Determinación de los parámetros hidrológicos.....	118
9.3.3 Esquema de subcuencas y causas adoptados en HEC-HMS	118
9.3.3.1 Elección del método de simulación.....	119

9.3.4 Pruebas de Calibración del Modelo HEC-HMS	119
9.3.4.1. Sensibilidad de los parámetros del Modelo HEC-HMS	122
9.3.4.2 Prueba de Validación del Modelo HEC-HMS.....	122
9.4 RESULTADOS PRELIMINARES Y VERIFICACIÓN DE LA FUNCIONALIDAD DE LA CANALIZACIÓN EXISTENTE	122
9.4.1 Prueba 1: Sistema de evacuación de aguas pluviales existente en el año 2012 en relación a la tormenta de diseño	122
9.4.1.1 Análisis del funcionamiento hidráulico	123
9.4.1.2 Conclusiones.....	125
9.4.2 Prueba 2: Sistema de evacuación de aguas pluviales existente en el año 2012, en relación a la tormenta de diseño con derivación hacia canal secundario	125
9.4.2.1 Análisis del funcionamiento hidráulico	126
9.4.2.2 Conclusiones.....	127
9.4.3 Prueba 3: Sistema de evacuación de aguas pluviales existente en el año 2012, en relación a una tormenta con Tr de 5 años.....	127
9.4.3.1 Análisis del funcionamiento hidráulico	128
9.4.3.2 Conclusiones.....	128
9.4.4 Prueba 4: Sistema de evacuación de aguas pluviales existente en el año 2012, con derivación hacia canal secundario en relación a una tormenta con Tr de 5 años .	128
9.4.4.1 Análisis del funcionamiento hidráulico	130
9.4.4.2 Conclusiones.....	130
9.4.5 Interpretación global de los resultados.....	130
CAPÍTULO 10	
PROYECTO DE DESAGÜES PLUVIALES.....	133
10.1 SISTEMA DE DESCARGA PROPUESTO.....	133
10.2 DELIMITACIÓN ÁREAS DE APOORTE SEGÚN PROPUESTA	134
10.3 DETERMINACIÓN DE LOS CAUDALES DE DISEÑO Y PREDIMENSIONADO	136
10.4. RESERVORIO DE AGUAS PLUVIALES.....	139
10.4.1 Relevamiento altimétrico sector Reservoirio	140
10.4.1.1 Perfil tipo Reservoirio de aguas.....	141
10.4.1.2 Relación Cota – Volumen de cada Reservoirio	145
10.4.1.3 Ley de descarga de las estructuras de erogación.....	145
CAPÍTULO 11	
MODELACIÓN HIDROLÓGICA EN HEC-HMS DE LAS DIVERSAS PROPUESTAS	147
11.1 PRUEBA 5: SISTEMA DE EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES SIN DERIVACIÓN HACIA CANAL SECUNDARIO EN RELACIÓN A LA TORMENTA DE DISEÑO Tr 5 AÑOS.....	147

11.1.1 Análisis del funcionamiento hidráulico.....	148
11.1.2 Conclusiones	150
11.1.3 Verificación para Tormenta Tr 10 años	150
11.2 PRUEBA 6: SISTEMA DE EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES CON DERIVACIÓN DE 0.5 m ³ /s HACIA CANAL SECUNDARIO EN RELACIÓN A LA TORMENTA DE DISEÑO Tr 5 AÑOS	151
11.2.1 Análisis del funcionamiento hidráulico.....	152
11.2.2 Conclusiones	154
11.2.3 Verificación para Tormenta Tr 10 años	154
11.3 PRUEBA 7: SISTEMA DE EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES CON DERIVACIÓN DE 1.00 m ³ /s HACIA CANAL SECUNDARIO EN RELACIÓN A LA TORMENTA DE DISEÑO Tr 5 AÑOS	155
11.3.1 Análisis del funcionamiento hidráulico.....	156
11.3.2 Conclusiones	158
11.3.3 Verificación para Tormenta Tr 10 años	158
11.4 PRUEBA 8: SISTEMA DE EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES CON DERIVACIÓN DE 1.00 m ³ /s HACIA CANAL SECUNDARIO, SEGÚN NUEVO PLANTEO Y EN RELACIÓN A UNA TORMENTA DE DISEÑO Tr 5 AÑOS.....	159
11.4.1 Análisis del funcionamiento hidráulico.....	160
11.4.2 Conclusiones	162
11.4.3 Verificación para Tormenta Tr 10 años	162
CAPÍTULO 12	
MODELACIÓN HIDROLÓGICA DEL PROYECTO DEFINITIVO.....	163
12.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS OBRAS HIDRÁULICAS QUE INTEGRAN EL SISTEMA DE DESAGÜES PLUVIALES PROPUESTO.....	163
12.1.1 Canalización primaria.....	163
12.1.2 Canalización secundaria	164
12.1.3 Cálculo Estructural	166
12.1.4 Reservoirio de aguas pluviales	168
12.1.4.1 Generalidades	168
12.1.4.2 Diseño Geométrico.....	168
12.1.4.3 Trazado	170
12.1.2.4 Protección de taludes y Coronamiento	170
12.1.2.5 Obras de entrada.....	170
12.1.2.6 Obras de salida	170
12.1.2.7 Fondo del reservoirio.....	172

CAPÍTULO 13

MODELACIÓN HIDROLÓGICA DEL RESERVORIO EN CONDICIONES NATURALES...	173
13.1 MODELACIÓN EN HEC-HMS.....	173
13.2 VALORACIÓN DEL SISTEMA PRINCIPAL Y SECUNDARIO DE EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES, CON VINCULACIÓN DE ÉSTE ÚLTIMO CON EL RESERVORIO NATURAL	174
13.2.1 Valoración del reservorio para Tormenta con Tr 25 años.....	174
13.3 VALORACIÓN DEL SISTEMA PRINCIPAL Y SECUNDARIO DE EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES, CON VINCULACIÓN DEL CANAL PRINCIPAL AL RESERVORIO NATURAL	175
13.3.1 Valoración del reservorio para Tormenta con Tr 25 años.....	176
13.4 VALORACIÓN DEL SISTEMA PRINCIPAL Y SECUNDARIO DE EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES CON DERIVACIÓN TOTAL DE CAUDALES DESDE LAS MISMAS HACIA EL RESERVORIO NATURAL.....	176
13.4.1 Valoración del reservorio para Tormenta con Tr 25 años.....	178
13.4.2 Verificación con tormenta Tr 100 años.....	179

CAPÍTULO 14

CÓMPUTO Y PRESUPUESTO	181
14.1 INTRODUCCIÓN.....	181
14.2 METODO DE ANALISIS.....	181
14.2.1 Descripción de tareas	182
14.2.2 Equipos.....	184
14.2.3 Mano de obra.....	186
14.2.4 Materiales	187
14.2.5 Rendimiento.....	187
14.2.6 Gastos generales.....	188
14.2.7 Beneficio	188
14.2.8 Costo financiero.....	188
14.2.9 Ingresos Brutos.....	188
14.2.10 I.V.A.....	188
14.3 PRESUPUESTO	189

CAPÍTULO 15

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	191
15.1 GENERALIDADES	191
15.1.1 Estudio de impacto ambiental	191
15.1.2 Delimitación del entorno estudiado	191

15.1.3 Previsiones de los efectos que el proyecto generará sobre el medio	192
15.2. PROCESO DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL- METODO PROGNOS	193
15.2.1 Desarrollo metodológico	193
15.2.2 Explicación del desarrollo de la matriz semicuantitativa PROGNOS II	193
15.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS - ETAPA MOVILIZACIÓN DE OBRA.....	195
15.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS – ETAPA DE CONSTRUCCIÓN	197
15.4.1 Resultados Etapa de ejecución	197
15.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS - ETAPA DE OPERACIÓN.....	199
15.5.1 Resultados Etapa de operación	199
15.6. RESULTADOS GLOBALES	201
15.6.1 Conclusiones finales	202
CAPÍTULO 16	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	203
REFERENCIAS	205
ANEXO I: RELEVAMIENTO COLECTOR PRINCIPAL	209
ANEXO II: CARACTERIZACIÓN MICROCUENCA DE ESTUDIO	211
ANEXO III: REGISTRO DE PUNTOS PARA LA CONFORMACIÓN DEL RASTER DE TERRENO	215
ANEXO IV: REGISTRO PRECIPITACIONES – SERIE HISTÓRICA 1967-2016.....	225
ANEXO V: REGISTROS PROFUNDIDAD NIVEL FRÁTICO – SERIE 2005-2016	229
ANEXO VI: RELEVAMIENTO RESERVORIO DE AGUAS PLUVIALES	235
ANEXO VII: PLANILLAS DESPIECE ARMADURA COLECTOR SECUNDARIO – SEGÚN PROYECTO	239
ANEXO VIII: COMPUTO Y PRESUPUESTO - ANÁLISIS COSTOS UNITARIOS.....	241
ANEXO IX: MATRIZ ESTUDIO IMPACTO AMBIENTAL	263
ANEXO X: PLANILLA MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y CONTROL – IMPACTO AMBIENTAL	267
ANEXO XI: RESULTADOS OBTENIDOS EN HEC-HMS SEGÚN PROYECTO PARA Pr 5 y 25 AÑOS	269
ANEXO XII: RESULTADOS OBTENIDOS EN HEC-HMS SEGÚN CANAL EXISTENTE AÑO 2012 PARA Pr 5 AÑOS	277
ANEXO XIII: PLANOS	281

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema generalizador del Ciclo Hidrológico (Chow et al., 1994)	1
Figura 2: División de una cuenca Hidrográfica	3
Figura 3: Influencia de la forma de la cuenca sobre el hidrograma de salida (Bell, 1999)	4
Figura 4: Características de cuencas pequeñas (Bertoni, 2000)	7
Figura 5: Características de cuencas intermedias (Bertoni, 2000)	7
Figura 6: Características de cuencas grandes (Bertoni, 2000)	8
Figura 7: Subsistemas asociados al drenaje urbano (Bedogni, 2019)	9
Figura 8: Representación del comportamiento hidrológico de una cuenca.....	9
Figura 9: Cuenca vertiente como sistema hidrológico (Chow et al., 1994)	10
Figura 10: Influencia de la urbanización sobre la respuesta hidrológica de una cuenca (Bedogni, 2019)	11
Figura 11: Ubicación zona de estudio	21
Figura 12: Temperaturas medias en enero y julio para provincia de Córdoba (ACASE – INTA, 2003)	23
Figura 13: Mapa geomorfológico de la Provincia de Córdoba (Visor GeoINTA, 2015)	24
Figura 14: Región a la que pertenece el área de estudio (Visor GeoINTA, 2015)	24
Figura 15: Área de estudio.....	25
Figura 16: Sector donde se realizaron los ensayos de penetración dinámica	26
Figura 17: Anegamiento en Freyre Córdoba - Año 2012	26
Figura 18: Acciones técnicas realizadas luego del evento ocurrido – Año 2012.....	27
Figura 19: Imágenes representativas de las pérdidas económicas en la región	27
Figura 20: Magnitud del anegamiento es zonas de bajos naturales	28
Figura 21: Zona de bajos naturales, límite interprovincial Córdoba-Santa Fe.....	28
Figura 22: Fotografía representativa de los anegamientos evidenciados en zonas de bajos naturales (enero, 2017).....	28
Figura 23: Anegamientos evidenciados sobre los caminos rurales	29
Figura 24: Colapso del sistema de desagüe	29
Figura 25: Flujo de agua por medio de fisuras encontradas sobre la misma calzada	30
Figura 26: Imagen Landsat, correspondientes al mes de enero de 2017	30
Figura 27 A: Mapa de áreas con anegamiento en superficie, imagen de base, Landsat 8 (Composición color RGB. Bandas 6-5-4, 2014)	31
Figura 28: Sistema de cuencas de la República Argentina (Gaspari et al., 2013)	33
Figura 29: Sistema río Pasaje o Salado (Adaptado de Visor GeoINTA, 2015)	34
Figura 30: Subcuenca correspondiente al sistema del río Salado	35
Figura 31: Cuenca Arroyo Cululú	36
Figura 32: Subcuenca a la que pertenece la zona de estudio	37
Figura 33: Esquema estructural del noreste argentino (Iriondo, 2012)	38
Figura 34 A: Perfil de elevación (Google Earth, 2015)	39
Figura 35: Sentido de la escorrentía superficial en el sector rural	40
Figura 36: Imágenes del instrumental utilizado	41
Figura 37: Puntos relevados conforme a la ubicación de la estación base “A”	41
Figura 38: Extensión de terreno evaluada (primer día de nivelación).....	41
Figura 39: Extensión de terreno evaluada (segundo día de nivelación)	42
Figura 40: Sectores relevados a nivel de microcuenca	42

Figura 41: Fotografías representativa de los puntos relevados	43
Figura 42: Puntos fijos en el sector este y noreste próximos a la localidad	43
Figura 43: Puntos fijos en el sector sur y sureste próximos a la localidad	44
Figura 44: Georreferenciación de los registros con los Puntos Fijos existentes en la zona ..	44
Figura 45: Canalizaciones existentes a nivel microcuenca.....	45
Figura 46: Áreas de aporte sobre cada canalización existente (año 2012)	46
Figura 47 A: Sistema de alcantarillado existente en relación a la Ruta Provincial N°1 (zona cercana a Freyre)	46
Figura 48: Canal Perimetral tramo Oeste.....	47
Figura 49: Ubicación del punto de cierre de la canalización principal.....	48
Figura 50: Sector nivelado según planificación	49
Figura 51: Microcuencas urbanas correspondientes al sector oeste	49
Figura 52: Etapas propuestas para la nivelación.....	50
Figura 53: Instrumental utilizado para la nivelación.....	51
Figura 54: Representación de la metodología adoptada para la nivelación.....	51
Figura 55: Modalidad para numerar los puntos a visar.....	52
Figura 56: Sectores que evidencian un drenaje ineficiente	53
Figura 57: Corrida de agua según la nivelación realizada	54
Figura 58: Características del canal principal en diversas progresivas del mismo	55
Figura 59 A: Perfil longitudinal canal existente en el año 2012 - progresiva 0.00 m a 667.46 m.	56
Figura 60: Alcantarillas existentes hasta el año 2014.....	58
Figura 61: Obras realizadas en marco del Proyecto de desagües “Peri-Rurales” (Fuente: adaptado del Proyecto Desagües Perirurales, 2018)	59
Figura 62: Anegamientos evidenciados durante el relevamiento aéreo del año 2012	60
Figura 63: Modelo Digital de Terreno de la región	68
Figura 64: Puntos considerados para la conformación del Raster.....	70
Figura 65: Raster generado a partir de los datos contenidos en las Planchetas del IGM	72
Figura 66: Sentido de la escorrentía superficial del sector evaluado.....	73
Figura 67: Nube de puntos para generar el Raster en el programa ArcMap	74
Figura 68: Raster generado, visto desde el programa ArcScene.....	75
Figura 69: Valoración altimétrica del entorno a nivel microcuenca	75
Figura 70: Validación del Raster generado	76
Figura 71: Capas constitutivas del sistema configurado en ArcScene	77
Figura 72: Anegamientos evidenciados según el ascenso progresivo del Nivel freático	78
Figura 73: Precipitaciones medias mensuales para un año Hidrológico.....	79
Figura 74: Precipitaciones para un año calendario	80
Figura 75: Precipitaciones anuales y media total para el periodo 1967-2013.....	81
Figura 76: Precipitaciones totales mes diciembre para el periodo 1967-2013.....	81
Figura 77: Distribución de la lluvia media anual en la provincia de Córdoba (García, 2000)	83
Figura 78: Curvas I-D-F Estación Marcos Juarez.....	86
Figura 79: Planilla de cálculo hietograma - Tr 2 años.....	87
Figura 80: Planilla de cálculo hietograma - Tr 5 años.....	88
Figura 81: Planilla de cálculo hietograma - Tr 10 años.....	88
Figura 82: Planilla de cálculo hietograma - Tr 25 años.....	89
Figura 83: Planilla de cálculo hietograma - Tr 100 años.....	89

Figura 84: Tormentas de diseño para 2,5, 10, 25 y 100 años de recurrencia (I-D-F).....	90
Figura 85: Hietograma resultante según lluvia local (elaboración propia basada en Chow, 1993)	91
Figura 86: Ubicación de los pozos de monitoreo correspondientes al sector rural (Google Earth, 2016).....	94
Figura 87: Ubicación de los pozos de monitoreo dentro del ejido urbano (Google Earth, 2016)	94
Figura 88: Fluctuación del nivel freático, sector Este - Pozo N°1	95
Figura 89: Fluctuación del nivel freático, sector Este - Pozo N°3	96
Figura 90: Fluctuación del nivel freático, sector Este - Pozo N°4	96
Figura 91: Fluctuación del nivel freático, sector Este - Pozo N°5	96
Figura 92: Fluctuación del nivel freático, sector Oeste - Pozo N°7	97
Figura 93: Fluctuación del nivel freático, sector Oeste - Pozo N°8.....	97
Figura 94: Fluctuación del nivel freático, sector Oeste - Pozo N°12.....	97
Figura 95: Esquema conceptual del modelo hidrológico HEC-HMS.....	100
Figura 96: Etapas de la modelación hidrológica con HEC-HMS (Freiria, 2014).....	100
Figura 97: Variables del método SCS (Chow et al., 1994)	105
Figura 98: Correlación de CN para calcular el hidrograma de Precipitación de Excesos ..	106
Figura 99: Modelo conceptual del hidrograma Unitario de Clark	109
Figura 100: Efecto de retardo y atenuación en un hidrograma entre la entrada y la salida	112
Figura 101: Efecto del tránsito a lo largo de un canal o un río.....	112
Figura 102: Almacenamiento en prisma y en cuña en un tramo de cauce (Chow et al., 1994)	113
Figura 103: Áreas de aporte sobre canal principal – sector Oeste	117
Figura 104: Esquema de subcuencas y causas adoptados para la simulación con el modelo HEC-HMS del canal colector principal (año 2012)	118
Figura 105: Esquema de subcuencas y causas adoptados para la simulación con el modelo HEC-HMS del canal colector principal y secundario (año 2012)	119
Figura 106: Campos considerados para la calibración y validación del modelo Hidrológico	120
Figura 107: Hidrogramas resultantes sobre colector principal.....	123
Figura 108: Hidrogramas resultantes sobre colector principal y derivación	126
Figura 109: Hidrograma resultante sobre colector principal - tormenta Tr 5 años	127
Figura 110: Hidrograma resultante sobre colector principal y derivación – Tr 5 años.....	129
Figura 111: Hidrograma resultante para el tramo 31-34 (canal principal) - Año 2012.....	131
Figura 112: Hidrograma asociado al tramo 25-28 (canal secundario) - Año 2012.....	131
Figura 113: Hidrograma correspondiente al tramo 25-28 (año 2012).....	132
Figura 114: Hidrograma asociado al tramo 25-28 (canal secundario) - Tr. 5 años	132
Figura 115: Sistema de canalizaciones propuesto	134
Figura 116: Áreas de aporte sobre canalizaciones propuestas	135
Figura 117: Perfil típico y efecto de un reservorio sobre el hidrograma de una cuenca (Bedogni 2019)	140
Figura 118: Localización del área evaluada para conformar el Reservorio	140
Figura 119: Perfil N°1 según relevamiento altimétrico del sector. Progresiva +0.00 m.....	142
Figura 120: Perfil N°3 según relevamiento altimétrico del sector. Progresiva +140.00 m..	142
Figura 121: Perfil N°6 según relevamiento altimétrico del sector. Progresiva +350.00 m..	143

Figura 122: Perfil N°7 según relevamiento altimétrico del sector. Progresiva +420.00 m. .	143
Figura 123: Características del sector en época de sequía.....	144
Figura 124: Características del sector posteriores a precipitaciones recurrentes	144
Figura 125: Relación cota – volumen del reservorio.....	145
Figura 126: Hidrograma resultante sobre la canalización principal – Sin derivación	148
Figura 127: Hidrograma resultante sobre la canalización secundaria –Sin derivación	148
Figura 128: Esquema de subcuencas y causes adoptados para la simulación con el modelo HEC-HMS según proyecto.....	151
Figura 129: Hidrograma resultante en la canalización principal – Derivación 0.5 m3/s	152
Figura 130: Hidrograma resultante sobre la canalización secundaria – Derivación 0.5 m3/s	152
Figura 131: Esquema de subcuencas y causes adoptados para la simulación con el modelo HEC-HMS según proyecto.....	155
Figura 132: Hidrograma resultante sobre la canalización principal – Derivación 1.00 m3/s	156
Figura 133: Hidrograma resultante sobre la canalización secundaria – Derivación 1.00 m3/s	156
Figura 134: Esquema de subcuencas y causes adoptados para la simulación con el modelo HEC-HMS según nueva propuesta.....	159
Figura 135: Hidrograma resultante sobre la canalización principal – Derivación 1.00 m3/s	160
Figura 136: Hidrograma resultante sobre la canalización secundaria - Derivación 1.00 m3/s	160
Figura 137: Perfil tipo de la canalización principal.....	164
Figura 138: Pórtico de marco cerrado.....	165
Figura 139: Dimensiones del conducto	165
Figura 140: Perfil transversal canalización secundaria.....	166
Figura 141: Planilla doblado armadura canalización secundaria – Marco cerrado	167
Figura 142: Corte transversal - diseño factible en el reservorio, progresiva 0.00 m.	168
Figura 143: Propuesta paisajística plantea en el sector del Reservorio.....	169
Figura 144: Canalización terciaria y puntos de descarga final.....	170
Figura 145: Curvas almacenamiento - descarga según 3 Tubos de H°A° Φ 0.60 m.	171
Figura 146: Curva almacenamiento - descarga según 3 Tubos de H°A° Φ 0.80 m.	172
Figura 147: Curva almacenamiento - descarga según 3 Tubos de H°A° Φ 1.00 m.	172
Figura 148: Esquema de subcuencas y causes adoptados para la simulación con el modelo HEC-HMS según propuesta definitiva.....	173
Figura 149: Sistema de desagüe propuesto.....	173
Figura 150: Hidrograma correspondiente al reservorio y curva elevación - almacenamiento Tr 25 años	175
Figura 151: Hidrograma correspondiente al reservorio y curva elevación - almacenamiento Pr 25 años	176
Figura 152: Derivación de caudales provenientes de ambas canalizaciones hacia el reservorio.....	177
Figura 153: Esquema de subcuencas y causes adoptados para la simulación con el modelo HEC-HMS del proyecto con reservorio	177

Figura 154: Hidrograma correspondiente al reservorio y curva elevación -almacenamiento Pr 25 años	178
Figura 155: Resultados obtenidos en HEC-HMS para el Reservorio	178
Figura 156: Curva Almacenamiento-descarga del reservorio - 3 tubos de diam.0.60 m....	179
Figura 157: Porcentajes correspondientes a cada impacto – totalidad de la obra	196
Figura 158: Porcentajes correspondientes a cada impacto – etapa de construcción	197
Figura 159: Porcentajes correspondientes a cada impacto – etapa de operación.....	199
Figura 160: Porcentajes globales correspondientes a cada impacto.....	201

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación del terreno según la pendiente media.....	5
Tabla 2: Planilla modelo utilizada en la nivelación del ejido urbano.....	52
Tabla 3: Valoración de los parámetros característicos - Canal año 2012.....	57
Tabla 4: Parámetros característicos microcuenca - Año 2014.....	62
Tabla 5: Tiempos de concentración.....	64
Tabla 6: Tiempos de concentración – nuevo proyecto.....	64
Tabla 7: Georreferenciación de puntos - Coordenadas UTM.....	71
Tabla 8: Planilla de cálculo - parámetros estadísticos	82
Tabla 9: Guía para la selección del período de retorno	84
Tabla 10: Tiempos de retorno según tipo de obra (Chow et al., 1994).....	84
Tabla 11: Intensidades en mm/h para distintos periodos de retorno (Estación Marcos Juarez)	86
Tabla 12: Valores asociados al hietograma de lluvia puntual	90
Tabla 13: Valores de CN para las diferentes combinaciones hidrológicas suelo-vegetación para las cuencas en Condición II (Chow, 1994)	92
Tabla 14: Registro de la profundidad de los niveles freáticos entre los años 2005 y 2016...	95
Tabla 15: Descripción de los elementos hidrológicos en el modelo HMS (Bastidas, 2015)	101
Tabla 16: Descripción de los métodos del modelo meteorológico (Bastidas, 2015).....	102
Tabla 17: Métodos hidrológicos utilizados en el HEC-HMS.....	103
Tabla 18: Clasificación hidrológica de los suelos.....	104
Tabla 19: Precipitación total en los 5 días anteriores.....	105
Tabla 20: Valor del número de curva para cada tipo de suelo (Chow et al., 1994)	107
Tabla 21: Valores de CN adoptados para el sector en estudio	108
Tabla 22: Planillas de cálculo para calibración del modelo	121
Tabla 23: Caudales resultantes para una tormenta puntual (año 2012).....	123
Tabla 24: Valoración hidráulica del canal año 2012.....	124
Tabla 25: Caudales resultantes para el evento del año 2012 con derivación.....	125
Tabla 26: Valoración hidráulica del canal año 2012 con derivación hacia el canal secundario	126
Tabla 27: Caudales resultantes para una tormenta Tr 5 años	127
Tabla 28: Valoración hidráulica del canal año 2012.....	128
Tabla 29: Caudales resultantes para una tormenta Tr 5 años y derivación	129
Tabla 30: Valoración hidráulica del canal año 2012 con Tr 5 años, con derivación hacia el canal secundario.....	130
Tabla 31: Coeficiente C según tipo de superficie.....	136
Tabla 32: Planilla de cálculo caudal de diseño con Método Racional	137
Tabla 33: Planilla tipo configurada para el predimensionado de cada tramo de la canalización principal.....	138
Tabla 34: Planilla tipo configurada para el predimensionado de cada tramo de la canalización secundaria.....	139
Tabla 35: Planilla relevamiento reservorio	141
Tabla 36: Valores arrojados sobre la curva cota-volumen del reservorio	145
Tabla 37: Caudales resultantes para una tormenta Tr 5 años	147
Tabla 38: Valoración hidráulica de las canalizaciones excavadas in situ.....	149

Tabla 39: Valoración hidráulica de la canalización secundaria (H° A°)	149
Tabla 40: Valoración hidráulica de la canalización principal para Tormenta Tr 10 años	150
Tabla 41: Caudales resultantes para una tormenta Tr 5 años con derivación (0.5 m3/s)...	151
Tabla 42: Valoración hidráulica de las canalizaciones excavadas in situ	153
Tabla 43: Valoración hidráulica de la canalización secundaria (H° A°)	153
Tabla 44: Valoración hidráulica de la canalización principal para Tormenta Tr 10 años	154
Tabla 45: Caudales resultantes para una tormenta Tr 5 años con derivación (1.00 m3/s) .	155
Tabla 46: Valoración hidráulica de las canalizaciones excavadas in situ	157
Tabla 47: Valoración hidráulica de la canalización secundaria (H° A°)	157
Tabla 48: Valoración hidráulica de la canalización principal para Tormenta Tr 10 años	158
Tabla 49: Caudales resultantes para una tormenta Tr 5 años con derivación (1.00 m3/s) .	159
Tabla 50: Valoración hidráulica de las canalizaciones excavadas in situ	161
Tabla 51: Valoración hidráulica de la canalización secundaria (H° A°)	161
Tabla 52: Valoración hidráulica de la canalización principal para Tormenta Tr 10 años	162
Tabla 53: Dimensiones definitivas asociadas a las canalizaciones conformadas sobre terreno natural	163
Tabla 54: Dimensiones definitivas asociadas a los tramos 7,8 y 9 del canal colector principal	164
Tabla 55: Dimensiones definitivas asociadas a la canalización secundaria	165
Tabla 56: Planilla tipo de corte y doblado de armadura	166
Tabla 57: Cálculo caudales de entrada y salida del reservorio	171
Tabla 58: Caudales generados en relación a una tormenta con Tr de 25 años	174
Tabla 59: Descripción de tareas vinculadas al proyecto	182
Tabla 60: Planilla modelo para análisis de precios	183
Tabla 61: Componentes del costo vinculados a los equipos.....	184
Tabla 62: Planilla tipo para el cálculo del costo de utilización de equipos.....	185
Tabla 63: Jornales de salarios básicos (enero 2020).....	186
Tabla 64: Cuadro resumen del costo horario mano de obra	186
Tabla 65: Planilla resumen cálculo costo de materiales	187
Tabla 66: Presupuesto estimado del proyecto de drenaje pluvial	189
Tabla 67: Matriz causa-efecto	193
Tabla 68: Rangos y simbología	194
Tabla 69: Resultados globales – Etapa preliminar.....	195
Tabla 70: Discrepancia de los impactos positivos – Etapa preliminar.....	195
Tabla 71: Discrepancia de los impactos negativos – Etapa preliminar.....	196
Tabla 72: Resultados globales – etapa de construcción.....	197
Tabla 73: Discrepancia de los impactos positivos y negativos – Etapa de construcción	198
Tabla 74: Resultados globales – etapa de operación	199
Tabla 75: Discrepancia de los impactos positivos y negativos – Etapa de operación	200
Tabla 76: Resultados globales – total proyecto	201

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO - GENERALIDADES

1.1 CICLO HIDROLÓGICO

A priori, resulta conveniente resaltar que “el conocimiento particular del movimiento del agua en una cuenca permite organizar, ordenar y planificar la misma. Por ello la caracterización del ciclo hidrológico generará un diagnóstico básico para todo estudio en esta unidad hidrológica” (Gaspari et al., 2013, p.37).

El ciclo hidrológico, también conocido como ciclo del agua, describe el movimiento continuo del agua en la atmósfera, sobre la superficie de la tierra, los océanos y en el subsuelo, incluyendo sus cambios de fase o estado. La cantidad de agua en la Tierra es prácticamente constante; sin embargo, la proporción de agua en sus principales sistemas de reserva (forma sólida, agua dulce, agua salada y agua en atmósfera) varía. Conforme a lo expuesto, y según se observa en la Figura 1, el agua se mueve de un sistema de almacenamiento a otro a través de varios procesos como condensación, precipitación, interceptación por la cubierta vegetal, escorrentía, infiltración, evaporación, etc.

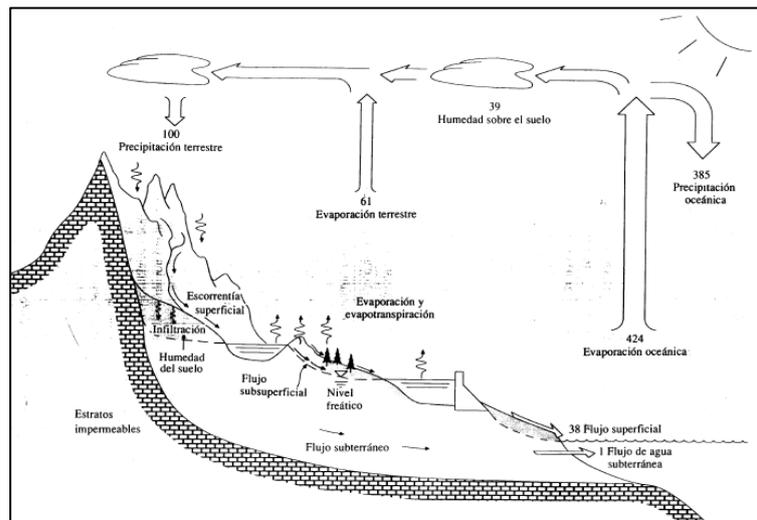


Figura 1: Esquema generalizador del Ciclo Hidrológico (Chow et al., 1994)

El análisis del flujo y almacenamiento de agua en el balance de agua da una visión global de la dinámica del ciclo hidrológico.

El agua que precipita en tierra puede tener varios destinos, donde una parte es devuelta directamente a la atmósfera por evaporación; otra, escurre por la superficie del terreno (escorrentía superficial), pudiendo concentrarse en surcos, originando las líneas de agua. El agua restante puede penetrar en el suelo mediante un proceso de infiltración, alimentando el reservorio del mismo, llenando los intersticios. Una vez saturados los mismos, el movimiento continúa en profundidad (percolación), alimentando el reservorio subterráneo o acuífero. En ocasiones, el agua de infiltración se desplaza horizontalmente en una capa cercana a la superficie, para luego aflorar en un punto de cota topográfica inferior a la cota del punto de infiltración, integrándose al escurrimiento superficial. Dicho proceso se denomina escurrimiento subsuperficial.

El escurrimiento subterráneo, especialmente cuando se da a través de medios porosos, ocurre con gran lentitud y continúa alimentando los cursos de agua mucho después de haber terminado la precipitación que le dio origen.

A nivel de cuencas, parte de la precipitación puede ser retenida por la vegetación, mediante el proceso conocido como intercepción. De este modo, la diferencia entre la precipitación y el volumen de intercepción da lugar al concepto de precipitación efectiva, fracción de agua que llega a la superficie.

La diferencia entre la precipitación efectiva y la infiltración se llama precipitación neta, la cual se desplaza horizontalmente sobre la superficie en forma de escurrimiento superficial. Para que ello ocurra, debe generarse una pequeña lámina sobre el terreno, capaz de vencer las fuerzas de fricción, permitiendo así el movimiento (detención superficial).

Tanto el escurrimiento superficial como el subterráneo alimentan los cursos de agua que descargan en lagos y en océanos. La escorrentía superficial se presenta siempre que hay precipitación y termina poco después de haber finalizado ésta.

1.2 CUENCA HIDROGRÁFICA

El término cuenca hace referencia a un área cuyas aguas afluyen todas a un mismo punto, denominado punto de control o también punto de concentración.

Resulta interesante reflejar lo expresado por Brieva C., donde en un reciente trabajo de investigación, y al referir sobre el tema, señala que:

“El término cuenca imbrífera¹, cuenca de drenaje o simplemente cuenca son distintas formas de denominar a la porción de territorio que drena por un único punto. El límite de una cuenca, llamado divisoria de aguas, está determinado por la forma del terreno (su relieve), y la separa topográficamente de las cuencas adyacentes. En términos hídricos, una cuenca hidrográfica es una unidad natural definida por las divisorias de aguas en un territorio dado, donde las aguas escurren superficialmente hacia un cuerpo de agua común (río, lago, mar). En cambio, cuando hablamos de cuenca hidrológica la asociamos a la unidad territorial en la cual el agua que cae por precipitación, el agua que escurre superficialmente, el agua que se almacena en superficie y el agua subterránea forman parte de un ciclo hidrológico común. Esta relación queda expresada a través de un balance hídrico, donde la diferencia entre los caudales en m^3/s o mm de aguas entrantes y salientes en un tiempo establecido, es igual a la variación del volumen de agua en esa unidad” (Brieva, 2018, p.18).

Por su parte, Llamas (1993) hace un enfoque al origen de la fuente que abastece la cuenca, argumentando que la cuenca es un espacio geográfico cuyos aportes hídricos naturales son alimentados exclusivamente por las precipitaciones y cuyos excedentes en agua o en materias sólidas transportadas por el agua, forman en un punto especial y único una desembocadura o exutorio.

Dado que los suelos y la vegetación están estrechamente vinculados al ciclo del agua, las cuencas hidrográficas constituyen la unidad de planificación más útil para llevar a cabo una gestión integrada del agua y de la tierra.

¹Imbífera, en su etimología procede del latín “imbrifer” lluvioso; formado de “imber” o “imbris” lluvia y del sufijo «fero» del latín «fēre» que quiere decir llevar.

Los servicios y las funciones de las cuencas hidrográficas pueden verse amenazados por la deforestación, el aprovechamiento de madera incontrolado, los cambios en los sistemas agrícolas, el sobrepastoreo y la construcción de carreteras y caminos, la contaminación y la invasión de plantas introducidas, etc.

El deterioro de las funciones de las cuencas hidrográficas tiene importantes consecuencias negativas, ya que podría provocar la erosión y la reducción de la productividad del suelo, la sedimentación de corrientes de agua, embalses y litorales, un aumento de la escorrentía y de inundaciones repentinas, una menor infiltración en las aguas subterráneas, la disminución de la calidad del agua y la pérdida del hábitat acuático y de biodiversidad.

La gestión de cuencas hidrográficas, definida como toda intervención humana destinada a garantizar la utilización sostenible de los recursos naturales de la cuenca, trata de ofrecer soluciones a estas amenazas.

El reconocimiento de la relación entre el uso de la tierra aguas arriba, los rendimientos y la calidad del agua dio lugar al desarrollo de los conceptos de gestión (u ordenación) de las cuencas hidrográficas. La gestión de las cuencas hidrográficas ofrece un marco para integrar diferentes sistemas de uso de la tierra y medios de vida (como la silvicultura, el pastoreo y la agricultura), utilizando el agua como el "punto de entrada" en la formulación de las intervenciones.

El objetivo de la gestión de las cuencas hidrográficas es conservar la gama de servicios ambientales, especialmente los servicios hidrológicos, ofrecidos por una cuenca hidrográfica y reducir o evitar los efectos negativos en las cuencas bajas, aumentando la productividad de los recursos y mejorando los medios de vida locales al mismo tiempo.

Las cuencas hidrográficas representan sistemas dinámicos caracterizados por diversas interacciones y relaciones espaciales entre las personas y el medio ambiente que se manifiestan como redes de sistemas diferentes de uso de la tierra.

Por otro parte, y tal como se aprecia en la Figura 2, resulta conveniente diferenciar entre:

- **Microcuenca:** es donde ocurren interacciones indivisibles entre los aspectos económicos (bienes y servicios producidos en su área), sociales (patrones de comportamiento de los usuarios directos e indirectos de los recursos de la cuenca) y ambientales (relacionados al comportamiento o reacción de los recursos naturales frente a los dos aspectos anteriores).

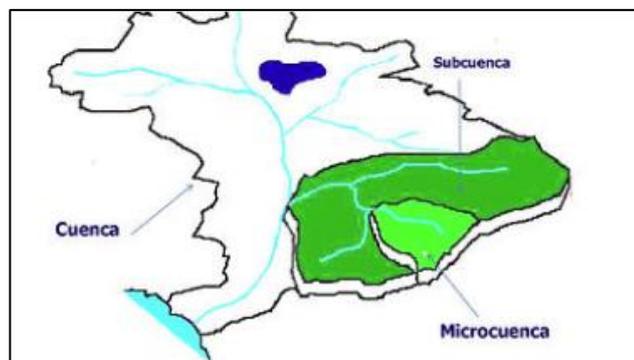


Figura 2: División de una cuenca Hidrográfica

La relación entre cuencas y microcuencas pareciera ser tan sólo una cuestión de escala, pues, mientras la cuenca es la unidad de planeación que permite evaluar, monitorear e identificar prioridades en territorios que pueden abarcar varios municipios o localidades según sea su extensión, la microcuenca es la unidad básica de

planeación, ordenación e intervención ya que por su tamaño permiten establecer acuerdos entre actores locales y fácilmente se adaptan a las unidades de gestión municipal por un lado y por el otro, medir los indicadores de sustentabilidad.

- **Subcuenca:** territorio que drena hacia el cauce principal de una cuenca, el que a su vez está conformado por un grupo de microcuencas.

1.2.1 Caracterización morfométrica de una cuenca

El análisis morfométrico permite conocer las características físicas de una cuenca mediante el estudio de las particularidades de superficie, relieve e hidrografía. Además, permite realizar comparaciones con otras cuencas y ayuda a entender el complejo de su funcionamiento hidrológico y las consideraciones necesarias para su manejo

Las características físicas de la cuenca hidrográfica influyen notablemente sobre la respuesta hidrológica de la misma, mientras que el aspecto hidrológico de la cuenca contribuye considerablemente a la conformación de ellas.

Según Gaspari et al., (2009) el análisis de las características morfométricas y funcionales de una cuenca hidrográfica es básico no sólo para la modelación hidrológica, sino también para determinar el movimiento y captación del agua de lluvia.

1.2.1.1 Parámetros de forma

- Perímetro (P): se define como la longitud del límite exterior de la cuenca, el cual va a depender de la superficie y de la forma de ésta (Llamas, 1993). Se expresa normalmente en m o km.
- Área (A): es la correspondiente a la superficie encerrada por la divisoria de aguas medida en km².
- Factor de forma (IF): Horton en 1932 (citado en Vich, 1999), definió dicho factor como la relación del área de la cuenca y el largo del cauce principal al cuadrado. Permite aproximar el modo en que se regula la concentración del escurrimiento superficial en la cuenca hidrográfica (ver Figura 3). La expresión matemática que define el factor es la siguiente:

$$Ff = \frac{A}{La^2} \quad (1)$$

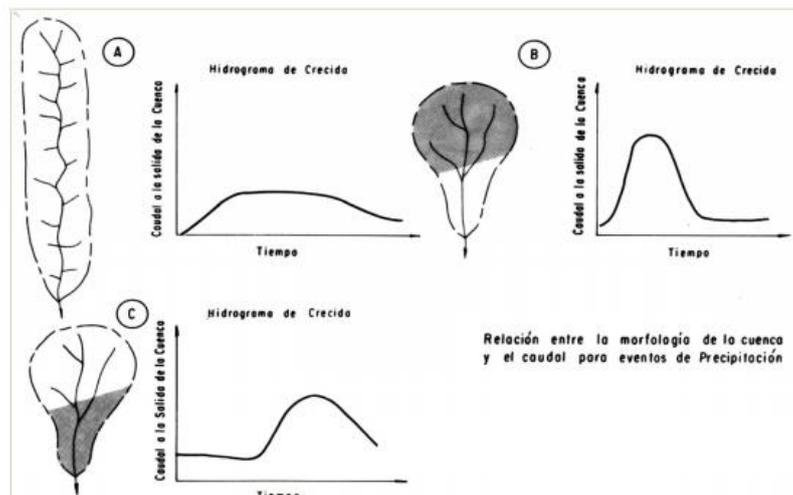


Figura 3: Influencia de la forma de la cuenca sobre el hidrograma de salida (Bell, 1999)

- Coeficiente de compacidad (Kc): Gravelius, en el año 1914 (según cita Vich, 1999) intentó cuantificar la influencia de la forma de la cuenca a partir de un valor numérico; creando el índice de compacidad K_c, que relaciona el perímetro de la cuenca P_u (km) con el perímetro de un círculo cuya área A_c es igual a la de la cuenca A_u (km²). Su expresión es:

$$K_c = 0.28 \frac{P_u}{\sqrt{A_u}} \quad (2)$$

El coeficiente tiene por definición un valor de uno para cuencas imaginarias de forma exactamente circular. Así mismo, el grado de aproximación de este índice a la unidad indicará la tendencia a concentrar fuertes volúmenes de aguas de escurrimiento, siendo más acentuado cuanto más cercano a uno sea, es decir mayor concentración de agua.

- Longitud Axial (La): representa la distancia entre el desagüe y el punto más lejano de la cuenca expresado en km. En otros términos, es la longitud de la línea recta que conecta los puntos extremos de la cuenca en forma aproximadamente paralela al curso principal.
- Ancho promedio (Ap): es la relación entre la superficie de la cuenca con su longitud axial obtenida en km.
- Índice de homogeneidad (Ih): se define como la relación que existe entre el área de la cuenca y un rectángulo de igual superficie, complementario al índice de alargamiento.

1.2.1.2 Parámetros de relieve

- Curva hipsométrica (Ch): es la distribución de las áreas parciales de la cuenca de acuerdo a un rango de elevación. Permite obtener la relación hipsométrica mediante el análisis altitudinal con el límite de la cuenca, el intervalo de altitud seleccionado debe ser una equidistancia para todas las áreas parciales de la cuenca.
- Altura Media (h): este factor expresa la altura definida por el volumen de la cuenca en relación a la superficie de la misma.
- Pendiente media de la cuenca (Pm): está dado por la media ponderada de las pendientes de todas las superficies elementales que contribuyen al escurrimiento
- Coeficiente de rugosidad (Ra): se define como la relación entre el desnivel de la cuenca y su densidad de drenaje, este factor es adimensional.

Heras (citado en Zucarelli 2016) señala que, de acuerdo a las categorías de pendientes medias, los terrenos tienen distintas denominaciones, tal como se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1: Clasificación del terreno según la pendiente media.

Pendiente media (%)	Tipo de relieve
0-3	Plano
3-7	Suave
7-12	Medianamente accidentado
12-20	Accidentado
20-35	Fuertemente accidentado
35-50	Muy fuertemente accidentado
50-75	Escarpado
>75	Muy escarpado

1.2.1.3 Parámetros relativos a la red hidrográfica

- **Características del cauce principal:** El cauce principal es la corriente más importante del sistema de drenaje y sirve para realizar inferencia sobre las condiciones generales del escurrimiento en la cuenca. Para caracterizarlo se utiliza la longitud, que es la medida sobre un mapa, desde el nacimiento hasta la desembocadura de la cuenca. Se expresa en km.
- **Perfil longitudinal y pendiente del cauce principal:** el perfil longitudinal de un río se construye sobre la base de los datos de la longitud y las altitudes por cada segmento. La pendiente entre dos puntos cualesquiera del río está dada por el cociente entre la diferencia de las cotas y la distancia en proyección horizontal que los separa. Los diferentes canales que conforman la red de drenaje poseen cada uno de ellos un perfil diferente, por esta razón la definición de pendiente promedio de los cauces de una cuenca es muy difícil y por lo general, se considera la pendiente del cauce principal I_{cp} .
- **Constante de mantenimiento del canal Ck :** Schumm (según cita Zucarelli, 2016) definió dicha constante como el área mínima necesaria para el desarrollo de una unidad de longitud de cauce. Se halla como el cociente entre al área de la cuenca A_u y la longitud total de los cauces L_t y es el recíproco de la densidad de drenaje.

$$Ck = \sum \frac{A_u}{L_t} = \frac{1}{Dd} \quad (3)$$

- **Frecuencia de canales F :** Zucarelli y Morresi (2000) expresan que dicho parámetro es indicativo del grado de avenamiento de la cuenca, se define como el número de cauces de cualquier orden por unidad de superficie.
- **Densidad de drenaje (Dd):** fue descrito por Horton (1932), donde se relaciona la longitud total de los cursos de agua en una cuenca dada y su área.

$$Dd = \frac{L}{A} \quad (4)$$

Donde L es la longitud de las corrientes efímeras, intermitentes y perennes de la cuenca en (Km) y A es el área de la cuenca en (Km²).

Con el fin de catalogar una cuenca como bien o mal drenada, analizando su densidad de drenaje, se puede considerar que valores de densidad de drenaje próximo a 0.5 km/km² o mayores indican la eficiencia de la red de drenaje.

1.2.2 Clasificación simplificada de las cuencas y técnicas hidrológicas a utilizar

Refiriendo sobre el tema, y tomando en consideración lo plasmado por Zucarelli (2016), es posible realizar una clasificación entre diversas unidades hidrológicas en torno a diversas características físicas. De este modo tenemos:

- **Cuencas pequeñas:** desde el punto de vista hidrológico, son aquellas cuencas que poseen algunas de las siguientes características:
 - La intensidad de la lluvia puede ser asumida uniforme en el tiempo y en el espacio.
 - El escurrimiento se procesa básicamente sobre la superficie del terreno (overland-flow).
 - El proceso de almacenamiento en canales es inexistente o despreciable.

- La duración de las tormentas generalmente excede el tiempo de concentración.

Estas condiciones se presentan, generalmente, para áreas de hasta 1.0 km^2 a 2.5 km^2 (ver Figura 4), donde las técnicas hidrológicas a emplear dependen del grado de precisión requerido; es común el uso de "Métodos paramétricos" tales como el "Método Racional".

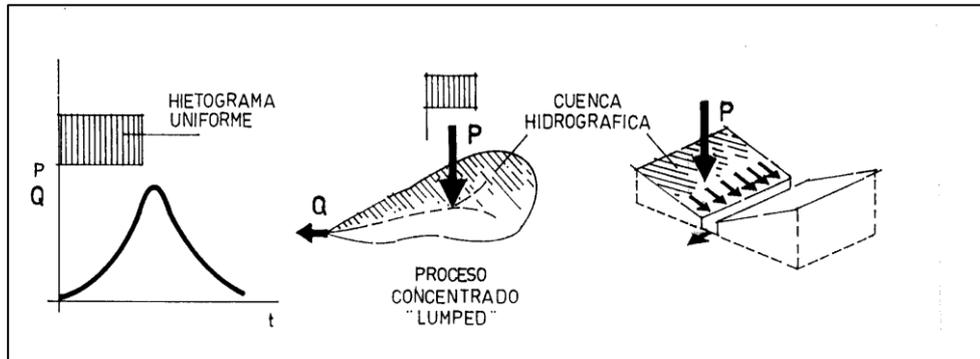


Figura 4: Características de cuencas pequeñas (Bertoni, 2000)

Un enfoque más complejo para representar el escurrimiento sobre el terreno es la "Onda cinemática".

- **Cuencas intermedias:** son aquellas que poseen algunas de las siguientes características, según se observa en la Figura 5:
 - La intensidad de la lluvia se asume uniforme en el espacio, pero variable en el tiempo.
 - El escurrimiento se procesa sobre la superficie del terreno ("overland-flow") y a través de pequeños cursos de agua como ser canaliculos, cunetas, canales naturales, etc. ("stream-channel flow").
 - El proceso de almacenamiento en canales es mínimo, tendiendo a despreciable.
 - El límite superior entre cuencas intermedias y grandes puede definirse en 100 km^2 .

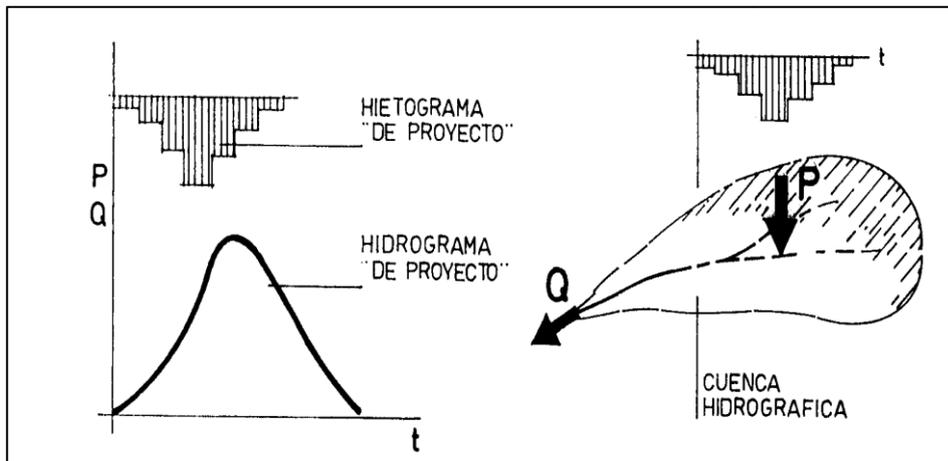


Figura 5: Características de cuencas intermedias (Bertoni, 2000)

- Las técnicas hidrológicas a aplicar dependen del grado de precisión requerida. Si se admite la uniformidad de la lluvia a través del tiempo, se puede aplicar el “Método Racional Generalizado”.
 - Si la lluvia se considera no uniforme en el tiempo, los métodos resultan de una combinación de técnicas que permiten definir la tormenta o hietograma de proyecto, las pérdidas de escurrimiento y el proceso de transformación lluvia-caudal. Entre estos métodos, se encuentran los métodos lineales basados en el concepto del hidrograma unitario (HU) y no lineales como la Onda cinemática.
- **Cuencas grandes:** son aquéllas que poseen algunas de las siguientes características (o ambas):
- La intensidad de la lluvia debe ser asumida como variable en el tiempo y en el espacio.
 - El proceso de almacenamiento en cauces es significativo y, por lo tanto, es importante la atenuación de los picos de crecida.

La Figura 6 sintetiza las características de las cuencas grandes. En estos casos se realiza la subdivisión de la cuenca en subcuencas de menor tamaño, donde cada una de ellas es tratada como cuenca intermedia.

Las técnicas hidrológicas a aplicar contemplan básicamente dos procesos: la transformación lluvia-caudal (P-Q) y la propagación caudal-caudal (Q-Q) ya sea en cursos longitudinales como en reservorios.

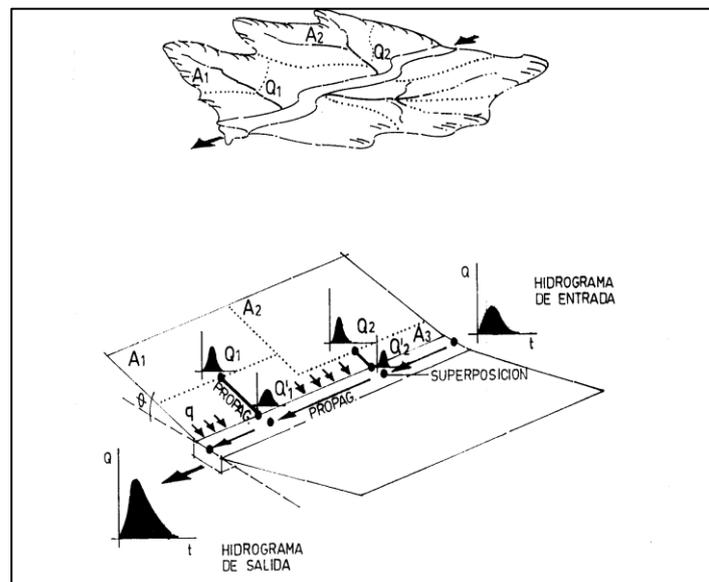


Figura 6: Características de cuencas grandes (Bertoni, 2000)

1.3 MACRO Y MICRO DRENAJE

Tal y como puede observarse en la Figura 7, en toda cuenca hidrográfica urbanizada se deben distinguir dos componentes básicos del sistema de escurrimiento superficial: el “macro” y el “micro” drenaje.

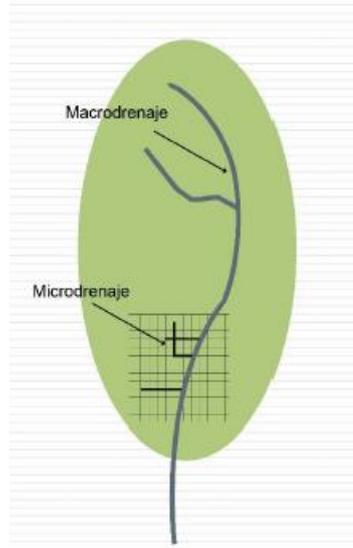


Figura 7: Subsistemas asociados al drenaje urbano (Bedogni, 2019)

El macro drenaje incluye todos los cursos de agua definidos por las depresiones topográficas naturales de la cuenca, aun siendo efímeros. Una característica fundamental del mismo es que siempre existe, incluso cuando no se ejecuten obras específicas; esto es así, ya que el agua siempre escurre por gravedad hacia las depresiones naturales.

Por su parte, el micro drenaje abarca todas las obras de drenaje realizadas en áreas urbanas donde el escurrimiento natural suele no estar bien definido, siendo determinado por la ocupación del suelo; en otras palabras, constituye la definición artificial del sistema de drenaje. En un área urbana, el subsistema de micro drenaje típicamente incluye al trazado de las calles, los sistemas de cordón-cuneta y/o alcantarillas, las bocas de tormentas y los sistemas de conducción subterránea hasta el macro drenaje.

1.4 CONCEPTO DE SISTEMA

De acuerdo a lo descrito por Chiavenato (1999), un sistema es un conjunto de elementos (partes u órganos componentes del sistema) dinámicamente relacionados, en interacción que desarrollan una actividad (operación o proceso del sistema) para lograr un objetivo o propósito (finalidad del sistema), operando con datos, energía o materia (insumos o entradas de recursos necesarios para poner en marcha el sistema), unidos al ambiente que rodea el sistema (con el cual se relaciona dinámicamente), y para suministrar información, energía o materia (salidas o resultados de la actividad del sistema).

En torno a lo expuesto, y por medio de la figura 8, se pretende reflejar en forma esquemática el concepto de sistema.

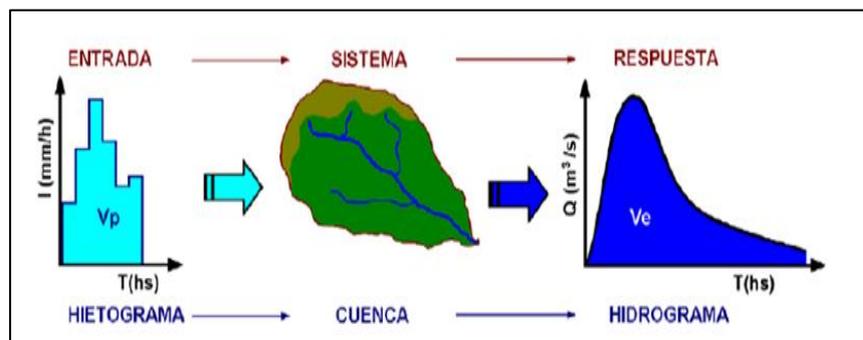


Figura 8: Representación del comportamiento hidrológico de una cuenca

Ferrer Veliz, según cita Vich (1999), define un sistema como una entidad integrada o conjunto holístico de componentes relacionadas entre sí, los cuales conforman una estructura coherente, armónica, discreta, separada de su entorno por una frontera o límite de intercambio de permeabilidad variable, dentro de la cual operan las funciones propias o definidas del sistema.

En todo sistema sus componentes están relacionados entre sí, de modo tal que el cambio en uno de ellos afectará en los demás, generando esto un reajuste total hacia un nuevo estado de equilibrio.

Cada uno de los elementos o procesos integrantes de un sistema hidrológico es el resultado de complicadas interrelaciones de muchos factores de gran variabilidad espacial y temporal.

En síntesis, un sistema hidrológico es:

- Físico, porque que pertenece al mundo real.
- Secuencial, debido a que consta de una entrada, una salida y un medio de trabajo (materia, energía, información), que pasa a través del sistema.
- Dinámico, porque recibe ciertas entradas cuantitativas y actúa de manera controlada, bajo restricciones definidas, para producir una serie de salidas cuantitativas.

1.4.1 Carácter sistémico de la cuenca

El estudio del ciclo hidrológico sobre una cuenca puede ser tratado como un sistema, cuyas componentes son precipitación, evaporación, escorrentía y otras fases del ciclo donde el agua es compartida y circula a través de toda la cuenca, en diversas formas y mecanismos (ver Figura 9). Las componentes pueden agruparse en subsistemas del ciclo total, en función del medio donde se desarrollan:

- Atmósfera: contiene los procesos de precipitación, evaporación, interceptión y transpiración.
- Superficie: contiene los procesos de escorrentía superficial y afloramientos de aguas subterráneas.
- Subsuelo: contiene los procesos de infiltración, percolación, flujo subsuperficial y subterráneo.

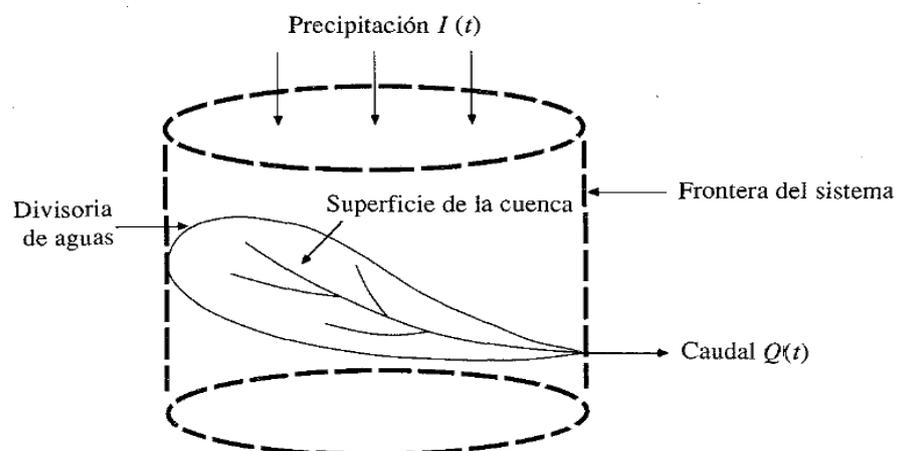


Figura 9: Cuenca vertiente como sistema hidrológico (Chow et al., 1994)

Todo sistema hidrológico se encuentra separado de otras unidades similares por una frontera, la cual se corresponde con una superficie continua, definida en tres direcciones, que encierra la estructura del sistema. Cuando se trata del subsistema de agua superficial, la frontera es una línea conocida como divisoria de aguas.

La estructura del sistema hidrológico es una superficie o volumen en el espacio, rodeado de una frontera, que acepta aguas y otras entradas; operando con ellas internamente y produciéndolas como salida. La estructura para los flujos superficiales abarca todos los caminos por los que circula el agua hasta que abandona el sistema.

Una cuenca está compuesta por un territorio y una red de drenaje. El territorio está delimitado por una divisoria y formada por las vertientes sobre la cual se asienta la vegetación. La red de drenaje está formada por cauces, a través de los cuales circulan las aguas del escurrimiento concentrado, cuya densidad depende de las condiciones topográficas y geológicas.

La vertiente y la red de drenaje se hallan apoyadas sobre los estratos subyacentes del subsuelo, cuyas características intrínsecas determinan la capacidad para la recepción, almacenamiento y liberación de las aguas infiltradas.

1.5 LA HIDROLOGÍA EN MEDIO URBANO

Fernández (2004) resalta que el desarrollo de nuevas actividades urbanas provoca cambios que, desde el punto de vista de las aguas lluvias, se traducen en una modificación importante de los cauces naturales de drenaje, la pérdida de capacidad de infiltración de los suelos, la disminución del almacenamiento superficial y el aumento de contaminantes en el agua.

La urbanización aguas arriba modifica el hidrograma que reciben estas zonas, de forma que se incrementan el volumen de escorrentía y el caudal máximo. Asimismo, es menor el tiempo que transcurre entre el inicio de la escorrentía provocada por la lluvia y el máximo caudal (disminuye el tiempo de concentración). Todo ello, conlleva que la zona aguas abajo este afectada con mayor frecuencia por caudales que pueden crear problemas de inundación, tanto más importantes cuanto menor sean la pendiente.

Seguidamente, y por medio de la Figura 10, se puede comprender el impacto que genera todo proceso de urbanización sobre la respuesta hidrológica de una cuenca.

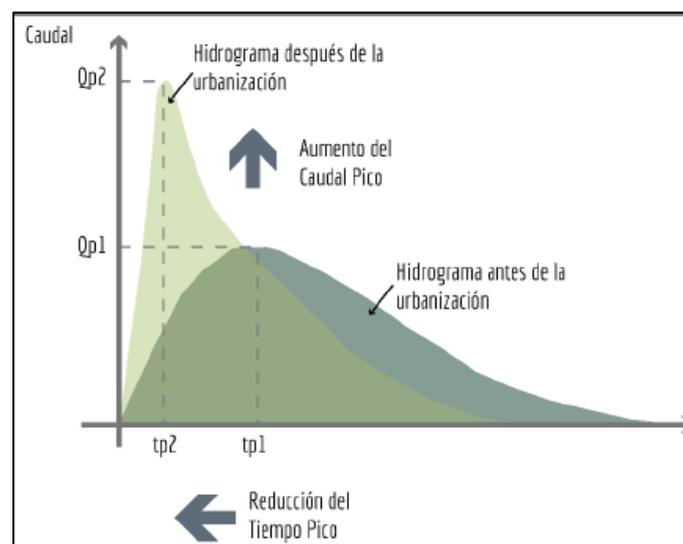


Figura 10: Influencia de la urbanización sobre la respuesta hidrológica de una cuenca (Bedogni, 2019)

Conforme destacan Gómez y Dolz (1994), el estudio del drenaje urbano requiere el análisis detallado de tres fenómenos de carácter hidrológico-hidráulico: la caracterización de la lluvia, la transformación de la lluvia en escorrentía superficial con el fin de obtener los hidrogramas de entrada en la red de drenaje (colectores) y la propagación de estos hidrogramas por la red de colectores.

Más aun, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura² (UNESCO), según cita Bedogni (2019), ejemplifica a través de algunas situaciones medias el impacto que la urbanización produce en las áreas urbanizadas:

- Un aumento de la impermeabilidad de 40% produce una disminución del 50% en los tiempos de distribución del escurrimiento y un aumento del 90% del caudal máximo de las crecidas;
- Cuando la densidad poblacional pasa de 0,4 hab/ha a 50 hab/ha los tiempos de distribución de los escurrimientos se reducen a la décima parte y los volúmenes escurridos aumentan diez veces;
- La evapotranspiración se reduce en un 38 %;
- El escurrimiento superficial aumenta en un 88 %.

Tucci (citado en Bedogni, 2019) analizó la variación del coeficiente de escurrimiento entre áreas rurales y urbanas, concluyendo que para sectores con urbanización media esta variación puede llegar a valores del orden del 200 %. Para la ciudad de Rafaela Bertoni (2001) determinó, en base a datos hidrológicos y de urbanización, que un crecimiento del 15 % en el porcentaje de urbanización representó 140 % de reducción del tiempo de concentración y 100 % de aumento del caudal de punta específico.

En resumen, las urbanizaciones generan afectaciones a nivel de cuenca, las cuales se resumen seguidamente:

- Un aumento del volumen total de escorrentía como consecuencia de la reducción de la infiltración. Esto se debe a la elevada impermeabilidad de las cuencas urbanas.
- El proceso de concentración de caudal ocurre con mayor rapidez, pues se alcanzan velocidades mucho más elevadas debido al decremento de la rugosidad de los cauces.
- Aumenta el caudal punta, debido al aumento de la impermeabilidad del terreno y el decremento de la rugosidad de los cauces.
- Se acorta el tiempo de concentración (tiempo que tarda una gota desde el punto más alejado de la salida de la cuenca en alcanzar dicha salida), como consecuencia del aumento de velocidades.
- La calidad del agua de escorrentía se deteriora pues al circular por la superficie arrastra todo tipo de elementos existentes en la ciudad.

² La UNESCO es un organismo especializado de NNUU creado el 16 de noviembre de 1945 y cuya misión es contribuir a la consolidación de la paz, la erradicación de la pobreza, el desarrollo sostenible y el diálogo intercultural mediante la educación, las ciencias, la cultura, la comunicación y la información

1.5.1 Tratamiento típico del problema de las inundaciones urbanas

Tucci (citado en Bedogni, 2019) en relación a las inundaciones urbanas, también conocidas como de drenaje urbano, resalta que:

“Se trata de aquellas inundaciones originadas por lluvias intensas o abundantes que superan la capacidad de conducción del sistema pluvial urbano. También son conocidas como aquellas que el aumento de su frecuencia y magnitud se debe fundamentalmente al proceso de ocupación del suelo con superficies impermeables y redes de conducciones de los escurrimientos”

No menos importante, es destacar que la atención a los problemas del drenaje generalmente se realiza sólo inmediatamente después de su ocurrencia, resultando en obras cuya vida útil es reducida.

Por otro lado, es común que cuando un loteo es proyectado los municipios solamente exigen que el mismo presente un plan de drenaje pluvial, eficiente del sector, sin considerar el impacto del aumento del caudal máximo aguas abajo. Por tal motivo, se comprende el por qué a nivel urbano los efectos hidrológicos sólo se verifican hacia aguas abajo, donde quien impermeabiliza no sufre las consecuencias.

1.5.1.1 Medidas Estructurales y No Estructurales

Existen dos tipos básicos de medidas para lograr el manejo y control del drenaje pluvial urbano: estructurales y no estructurales.

Las medidas estructurales son de tipo preventivo y regulatorio, se relacionan con la ejecución de obras hidráulicas (presas, diques laterales, canales, conductos, etc.), tanto en la cuenca hidrográfica como sobre los cursos de agua que actúan de colectores principales del sistema. Las medidas no estructurales también se circunscriben en el ámbito preventivo (zonificación de áreas inundables, planes de alerta y seguros contra inundaciones) y presuponen una convivencia razonable de la población con los problemas derivados de los procesos naturales. Vale hacer mención que las mismas intentan compatibilizar los costos de obras a ejecutarse con los recursos realmente disponibles.

Medidas Estructurales

Incluyen obras que objetivan:

- Acelerar el escurrimiento: a través de sistemas de conducciones subterráneas, canalizaciones, diques laterales de contención, disminución de la rugosidad, cortes de meandros, aumentos de pendiente, etc.
- Desviar el escurrimiento: canales o conductos de desvío (alivio) para aguas máximas.
- Retardar el escurrimiento: micro embalses de retención o de retardo a nivel del micro drenaje (hasta domiciliarios), en sistemas de conductos o a nivel del macro drenaje urbano (atenuadores de crecidas).
- Reducir el escurrimiento: mediante superficies filtrantes y conductos subterráneos de drenaje que permiten una filtración controlada. Entre las superficies filtrantes se incluyen las áreas parquizadas y los pavimentos porosos.

Medidas No Estructurales

A diferencia de las medidas estructurales, no actúan sobre la avenida en sí, alterando sus características hidrológicas o hidráulicas, sino que modifican la susceptibilidad de la zona inundable frente a los daños por inundación. Esas medidas se pueden clasificar en los siguientes grupos:

- Modificación de la susceptibilidad al daño de las estructuras existentes: instalación de cierres y uso de materiales resistentes al agua, relocalización o protección de las propiedades de valor dentro de los edificios, localización de edificios y sus contenidos fuera de un área susceptible de daños por inundaciones.

- Control del futuro desarrollo en la zona inundable: zonificación de la llanura de inundación y restricciones a los usos del suelo, seguro frente a inundaciones.

- Mejora de la respuesta frente a las inundaciones mediante mecanismos de previsión: instalación de sistemas de previsión de avenidas y aviso con un plan de evacuación apropiado.

Según expresa Tucci (2007), la medida estructural puede crear una falsa sensación de seguridad, permitiendo la ampliación de la ocupación de las áreas inundables, que en el futuro pueden resultar en daños significativos. Las medidas no estructurales, en conjunto con las anteriores o sin éstas, pueden minimizar significativamente los perjuicios con un costo menor.

Las posibles actuaciones no estructurales complementan las medidas estructurales por encima de su umbral de protección, teniendo una gran efectividad y en general un coste económico sensiblemente inferior a éstas. No obstante, plantean dificultades de aplicación y requieren una difícil coordinación entre las distintas administraciones implicadas. Entre ellas, se pueden citar:

- Educación e información de la población con relación a su convivencia con los procesos de inundación en zonas de alto riesgo, aún con obras de defensa debidamente implementadas.
- La concientización de las limitaciones de las medidas estructurales de ingeniería para actuar como único medio efectivo para mitigar y revertir los niveles de vulnerabilidad.
- Las medidas de control y aviso previo son fundamentales en la mitigación de los efectos de las crecidas. Es apropiada la conformación de sistemas que cuenten con el instrumental adecuado y las herramientas de cálculo que brinden la mayor precisión posible al pronóstico. No obstante, las medidas temporarias y transitorias que pueden implementarse con medios simples y confiables, deben ser fuertemente consideradas a fin de no reproducir en el futuro algunos de los problemas detectados durante el evento analizado.
- La permanente actualización de los mapas de riesgo hídrico y su correlación con el desarrollo urbano.

CAPÍTULO 2

MARCO REGLAMENTARIO

Importante es destacar que la provincia de Córdoba cuenta con una extensa trayectoria en cuanto a organismos que han tenido a su cargo el manejo de los recursos hídricos provinciales. La Dirección de Hidráulica se creó en el año 1938 por Ley N° 3.732, asumiendo un rol preponderante en el desarrollo de los recursos hídricos provinciales. En el año 1978 se cambia su denominación original por Dirección Provincial de Hidráulica.

Con el correr de los años, en 1992 bajo la Ley N° 8218, se crea la Dirección Provincial de Agua y Saneamiento (DIPAS) por fusión de la Dirección Provincial de Hidráulica y el Ente Provincial de Obras Sanitarias.

La autoridad de aplicación del Código de Aguas en la provincia ha ido mutando entonces de Dirección de Hidráulica, luego Dirección Provincial de Agua y Saneamiento (DIPAS) y posteriormente la autoridad de aplicación pasó a ser la Subsecretaría de Recursos Hídricos, en la órbita del Ministerio de Obras y Servicios Públicos, Secretaría de Obras Públicas, aunque no exista norma que expresamente lo determine. Actualmente la autoridad de aplicación del Código de Aguas es la Secretaría de Recursos Hídricos y Coordinación, pero en la órbita del Ministerio de Agua, Ambiente y Servicios Públicos.

Tal como cita Vera (2015), se puede plasmar un resumen de aquellas normativas que en esencia constituyen el encuadre jurídico general vigente aplicable, especialmente para la etapa de ejecución y operación de los Proyectos en estudio.

2.1. LEGISLACIÓN NACIONAL

2.1.1 Constitución Nacional, Arts. N°41, N°43 y N°124

En virtud de la reforma del año 1994, se incorporó a la Carta Magna el capítulo de los "Nuevos derechos y garantías", que comprende los artículos N°36 al N°43.

Más precisamente, el Art. N°41 consagra el derecho de todos los habitantes a un ambiente sano, equilibrado y apto para el desarrollo de actividades productivas, impone el deber de preservarlo y la obligación prioritaria de recomponerlo cuando sea dañado. Impone a las autoridades nacionales y locales el deber de proveer a la protección de aquel derecho, la utilización racional de los recursos naturales, la preservación del patrimonio natural y cultural y de la diversidad biológica, y la información y educación ambientales. A tal fin, otorga competencia a la Nación en el dictado de normas que contengan los presupuestos mínimos de protección ambiental, debiendo respetar las jurisdicciones locales, en tanto que las provincias deben emitir los instrumentos legales necesarios para complementar aquellas a nivel local.

De conformidad con el Art. N°124, corresponde a las provincias el dominio originario de los recursos naturales existentes en su territorio.

El Art. N°43 otorga legitimación al afectado, al defensor del pueblo y a las asociaciones ambientalistas registradas conforme a la ley, para reclamar mediante acción expedita y rápida de amparo contra todo acto u omisión de autoridades públicas o de particulares que en forma actual o inminente lesione, restrinja, altere o amenace, con arbitrariedad o ilegalidad manifiesta, los derechos que protegen el ambiente.

2.1.2 Ley N°25.675 – Ley General del Ambiente

Sancionada el 6 noviembre de 2002, y promulgada el día 27 del mismo mes y año, la denominada “Ley General del Ambiente” (LGA) establece los presupuestos mínimos y los principios de la política ambiental nacional. Estas disposiciones son operativas, de orden público y rigen para todo el territorio de la Nación. Las mismas se utilizarán para la interpretación y aplicación de la legislación específica sobre la materia.

Consagra, entre otros, los siguientes principios:

- Prevención: Las causas y fuentes de los problemas ambientales deberán atenderse en forma prioritaria e integrada, tratando de prevenir los efectos negativos que pudieren tener sobre el ambiente.
- Precautorio: Cuando exista peligro de daño grave e irreversible deberán tomarse todas las medidas necesarias para evitar su producción, sin que sea justificación la inexistencia de certeza científica o ausencia de información al respecto.
- Responsabilidad: El generador de efectos degradantes del ambiente, actuales o futuros, es responsable de los costos de las acciones preventivas y correctivas de recomposición, sin perjuicio de la vigencia de los sistemas de responsabilidad ambiental que correspondan.

En su Art. N°8 establece como instrumento de la política ambiental la evaluación de Impacto Ambiental. Además de ello, los estudios de impacto ambiental deberán contener, como mínimo, una descripción detallada del proyecto de la obra o actividad a realizar, la identificación de las consecuencias sobre el ambiente, y las acciones destinadas a mitigar los efectos negativos.

La información Ambiental, se encuentra prevista en el Art. N°16 y establece también la obligación de las personas jurídicas, públicas o privadas de proporcionar información ambiental. Por otra parte, en los Arts. N°27 al N°33 se define al daño ambiental como toda alteración relevante que modifique negativamente el ambiente.

2.1.3 Ley N° 25.688 – Régimen de gestión ambiental de aguas

Sancionada el 28 de noviembre del año 2002 y promulgada el 30 de diciembre del mismo año, establece los presupuestos mínimos ambientales para la preservación de las aguas, su aprovechamiento y uso racional. Dispone que las cuencas hídricas superficiales, como unidades ambientales de gestión del recurso, se consideren indivisibles. Establece normas relativas a la utilización de las aguas. Crea los comités de cuencas hídricas.

2.1.4 Ley N°25.831 – Acceso a la información Ambiental

Sancionada el 26 de noviembre de 2003 y promulgada el 6 enero de 2004, establece:

Artículo 1: la presente ley establece los presupuestos mínimos de protección ambiental para garantizar el derecho de acceso a la información ambiental que se encuentre en poder del Estado, tanto en el ámbito nacional como provincial, municipal y de la Ciudad de Buenos Aires, como así también de entes autárquicos y empresas prestadoras de servicios públicos, sean públicas, privadas o mixtas.

Artículo 2: hace mención al concepto de información ambiental, entendiéndose por información ambiental toda aquella información en cualquier forma de expresión o soporte relacionada con el ambiente, los recursos naturales o culturales y el desarrollo sustentable. En particular:

- El estado del ambiente o alguno de sus componentes naturales o culturales, incluidas sus interacciones recíprocas, así como las actividades y obras que los afecten o puedan afectarlos significativamente.
- Las políticas, planes, programas y acciones referidas a la gestión del ambiente.

Artículo 3: hace mención a lo relacionado al acceso a la información, dictaminando que será libre y gratuito para toda persona física o jurídica, a excepción de aquellos gastos vinculados con los recursos utilizados para la entrega de la información solicitada. Para acceder a la información ambiental no será necesario acreditar razones ni interés determinado. Se deberá presentar formal solicitud ante quien corresponda, debiendo constar en la misma la información requerida y la identificación del o los solicitantes residentes en el país, salvo acuerdos con países u organismos internacionales sobre la base de la reciprocidad.

En ningún caso el monto que se establezca para solventar los gastos vinculados con los recursos utilizados para la entrega de la información solicitada podrá implicar menoscabo alguno al ejercicio del derecho conferido por esta ley.

Artículo 6: expresa lo relacionado a Centralización y difusión, denotando que la autoridad ambiental nacional, a través del área competente, cooperará para facilitar el acceso a la información ambiental, promoviendo la difusión del material informativo que se genere en las distintas jurisdicciones.

2.1.5 Decreto PEN Nro. 674/89 – Protección de los Recursos Hídricos Superficiales y Subterráneos

Establece como objetivos conseguir y mantener un adecuado nivel de calidad de las aguas subterráneas y superficiales, evitar cualquier acción que pudiera ser causa directa o indirecta de degradación de los recursos hídricos, favorecer el uso correcto y la adecuada explotación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos y proteger la integridad y buen funcionamiento de las instalaciones de la ex empresa Obras Sanitarias de la Nación (hoy AySA).

2.1.6 Ley N°19.587 – Seguridad e Higiene - Reglamentarias y modificatorias

La Ley 19587 y sus decretos Reglamentarios 351/79 y 1338/96 determinan las condiciones de seguridad que debe cumplir cualquier actividad industrial en todo el territorio de la República Argentina. Establece las condiciones de higiene y seguridad en el trabajo que se aplicarán a todos los establecimientos donde se desarrollen tareas de cualquier índole o naturaleza, con la presencia de personas físicas. En particular, dispone que el empleador deberá:

- Eliminar, aislar o reducir los ruidos y/o vibraciones perjudiciales para la salud de los trabajadores.
- Evitar la acumulación de desechos y residuos que constituyan un riesgo para la salud, efectuando la limpieza y desinfecciones periódicas pertinentes.
- Depositar con el resguardo consiguiente y en condiciones de seguridad las sustancias peligrosas.

Por su parte el Decreto 911/96 reglamenta la ley 19587 específicamente en las actividades de la industria de la construcción.

2.2 LEGISLACIÓN PROVINCIAL

2.2.1 Constitución de Córdoba

La Constitución de Córdoba ha dado suma importancia al cuidado del ambiente, dedicándole en numerosas partes especial atención. Está contemplado en las “Declaraciones de fe política” y considerado dentro de los “derechos sociales” y “deberes”. Así pues, se destacan los siguientes artículos:

Artículo 11.- El Estado Provincial resguarda el equilibrio ecológico, protege el medio ambiente y preserva los recursos naturales

Artículo 38.- Los deberes de toda persona son:

1. Cumplir la Constitución Nacional, esta Constitución, los tratados interprovinciales y las demás leyes, decretos y normas que se dicten en su consecuencia.
2. Honrar y defender la Patria y la Provincia.
3. Participar en la vida política cuando la ley lo determine.
4. Resguardar y proteger los intereses y el patrimonio cultural y material de la Nación, de la Provincia y de los Municipios.
5. Contribuir a los gastos que demande la organización social y política del Estado.
6. Prestar servicios civiles en los casos que las leyes así lo requieran.
7. Formarse y educarse en la medida de su vocación y de acuerdo con las necesidades sociales.
8. Evitar la contaminación ambiental y participar en la defensa ecológica.
9. Cuidar su salud como bien social.
10. Trabajar en la medida de sus posibilidades.
11. No abusar del derecho.
12. Actuar solidariamente.

Artículo 53.- La ley garantiza a toda persona, sin perjuicio de la responsabilidad del Estado, la legitimación para obtener de las autoridades la protección de los intereses difusos, ecológicos o de cualquier índole, reconocidos en esta Constitución.

Artículo 59.- La salud es un bien natural y social que genera en los habitantes de la Provincia el derecho al más completo bienestar psicofísico, espiritual, ambiental y social.

Artículo 66.- Toda persona tiene derecho a gozar de un medio ambiente sano. Este derecho comprende el de vivir en un ambiente físico y social libre de factores nocivos para la salud, a la conservación de los recursos naturales y culturales y a los valores estéticos que permitan asentamientos humanos dignos, y la preservación de la flora y la fauna.

El agua, el suelo y el aire como elementos vitales para el hombre, son materia de especial protección en la Provincia.

El Estado Provincial protege el medio ambiente, preserva los recursos naturales ordenando su uso y explotación, y resguarda el equilibrio del sistema ecológico, sin discriminación de individuos o regiones.

Para ello, dicta normas que aseguren:

1. La eficacia de los principios de armonía de los ecosistemas y la integración, diversidad, mantenimiento y recuperación de recursos.
2. La compatibilidad de la programación física, económica y social de la Provincia, con la preservación y mejoramiento del ambiente.
3. Una distribución equilibrada de la urbanización en el territorio.
4. La asignación prioritaria de medios suficientes para la elevación de la calidad de vida en los asentamientos humanos.

Artículo 68.- El Estado Provincial defiende los recursos naturales renovables y no renovables, en base a su aprovechamiento racional e integral, que preserve el patrimonio arqueológico, paisajístico y la protección del medio ambiente.

La tierra es un bien permanente de producción; la ley garantiza su preservación y recuperación, procura evitar la pérdida de fertilidad, la erosión y regula el empleo de las tecnologías de aplicación.

Las aguas que sean de dominio público y su aprovechamiento, están sujetas al interés general. El Estado reglamenta su uso racional y adopta las medidas conducentes para evitar su contaminación

Artículo 104.- Corresponde a la Legislatura Provincial dictar normas generales sobre la preservación del recurso suelo urbano, referidas al ordenamiento territorial, y protectoras del medio ambiente y del equilibrio ecológico (Inciso 21).

Artículo 186.- Son funciones, atribuciones y finalidades inherentes a la competencia municipal atender las siguientes materias: salubridad; salud y centros asistenciales; higiene y moralidad pública; ancianidad, discapacidad y desamparo; cementerios y servicios fúnebres; planes edilicios, apertura y construcción de calles, plazas y paseos; diseño y estética; vialidad, tránsito y transporte urbano; uso de calles y subsuelo; control de la construcción; protección del medio ambiente, paisaje, equilibrio ecológico y polución ambiental; faenamiento de animales destinados al consumo; mercados, abastecimiento de productos en las mejores condiciones de calidad y precio; elaboración y venta de alimentos; creación y fomento de instituciones de cultura intelectual y física y establecimientos de enseñanza regidos por ordenanzas concordantes con las leyes en la materia; turismo; servicios de previsión, asistencia social y bancarios (Inciso 7).

2.2.2 Ley N°7.343

Modificada por Leyes N°8.300, N°9.117 y N°9035: Principios Rectores para la Preservación, Conservación, Defensa y Mejoramiento del Ambiente, publicada en el boletín oficial el día 27 de septiembre del año 1985. El objeto de esta ley, descrito en el artículo N°1, es la preservación, conservación, defensa y mejoramiento del ambiente. Enuncia lo que considera de interés provincial y cuáles son los bienes jurídicos protegidos. Por ser las empresas susceptibles o capaces de degradar el medio ambiente, deben tomar todos los recaudos necesarios a los fines de evitar la degradación del medio ambiente.

Artículo 49: las personas, sean éstas públicas o privadas responsables de obras y/o acciones que degraden o sean susceptibles de degradar el ambiente, quedan obligadas a presentar, conforme el reglamento respectivo, un estudio e informe de evaluación de impacto ambiental en todas las etapas de desarrollo de cada proyecto.

Artículo 50: las obras y/o actividades que degraden o sean susceptibles de degradar el ambiente en forma corregible y que se consideren necesarias por cuanto reportan beneficios sociales y económicos evidentes, sólo podrán ser autorizadas si se establecen garantías, procedimientos y normas para su corrección. En el acto de autorización se establecerán las condiciones y restricciones pertinentes.

Artículo 52: expresa un listado de actividades consideradas como degradantes o susceptibles de degradar el ambiente, entre las mismas se destacan:

- Las que contaminan directa o indirectamente el suelo, agua, aire, flora, fauna, paisaje, y otros componentes tanto naturales como culturales del ecosistema.
- Las que modifiquen la topografía.
- Las que modifiquen los márgenes, cauces, caudales, régimen y comportamiento de las aguas superficiales o aguas lóxicas.

2.2.3 Ley N°10.208– Política Ambiental Provincial

Sancionada el 11 de junio del año 2014, determina la política ambiental provincial. La misma es de orden público y se incorpora al marco normativo ambiental vigente en la Provincia (Ley N°7.343, normas concordantes y complementarias), modernizando y definiendo los principales instrumentos de política y gestión ambiental y estableciendo la participación ciudadana en los distintos procesos de gestión. El Artículo N°7 del Capítulo I dispone que el Ministerio de Agua, Ambiente y Servicios Públicos o el organismo que en el futuro lo sustituyere sea la Autoridad de Aplicación de la presente Ley.

En su capítulo II establece los Instrumentos de Política y Gestión Ambiental Provincial, los cuales se enumeran en el artículo N°8: El ordenamiento ambiental del territorio; La evaluación de impacto ambiental; La evaluación ambiental estratégica; Los planes de gestión ambiental; Los sistemas de gestión ambiental; El control de las actividades antrópicas; La fijación de estándares y normas; La educación ambiental; La información y diagnóstico ambiental; La participación ciudadana para la convivencia ambiental; El seguro ambiental; Las medidas de autogestión, incentivos y alicientes ambientales.

Así como la Ley N°7.343, la presente incluye tres anexos: el Anexo I detalla una lista de proyectos sujetos obligatoriamente a presentación de ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y AUDIENCIA PÚBLICA; el Anexo II, enumera proyectos obligatoriamente sujetos a presentación de Aviso de Proyecto y condicionalmente sujetos a presentación de EsIA; el Anexo III, referido al Aviso de Proyecto, contiene una Guía para la confección del Resumen de la Obra y/o acción propuesta.

2.2.4 Ley N°5.589 – Código de aguas

Modificada por las Leyes N°8.853 y N°8.928. El artículo N°193 bis, agregado por Ley N°8.928, prevé ciertas restricciones adicionales para el otorgamiento de permisos de uso en el área denominada de planicies de inundación o zonas inundables y zonas de riesgo hídrico (conforme lo define el Art. N°194) respecto a la explotación de áridos. Entre tales restricciones se contempla la obligación de presentar un ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL obligatorio conforme a la Ley N°7.343 y sus decretos reglamentarios, y el Título XIII del Código de Minería de la Nación.

CAPÍTULO 3

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1 UBICACIÓN

Freyre es una localidad situada en el departamento San Justo, provincia de Córdoba, encontrándose a 240 km de la ciudad capital y a 30 km de San Francisco (ver Figura 11). La principal actividad económica es la agrícola-ganadera con explotación lechera y, según el INDEC (2010), su población es de 6.620 habitantes.

La vinculación con el Norte y Sur del territorio se materializa mediante la Ruta Provincial N°1 (pavimentada). Por su parte, la ruta E95 permite la comunicación con la provincia de Santa Fe (Este); mientras que una densa red de caminos rurales facilita la circulación entre localidades vecinas.

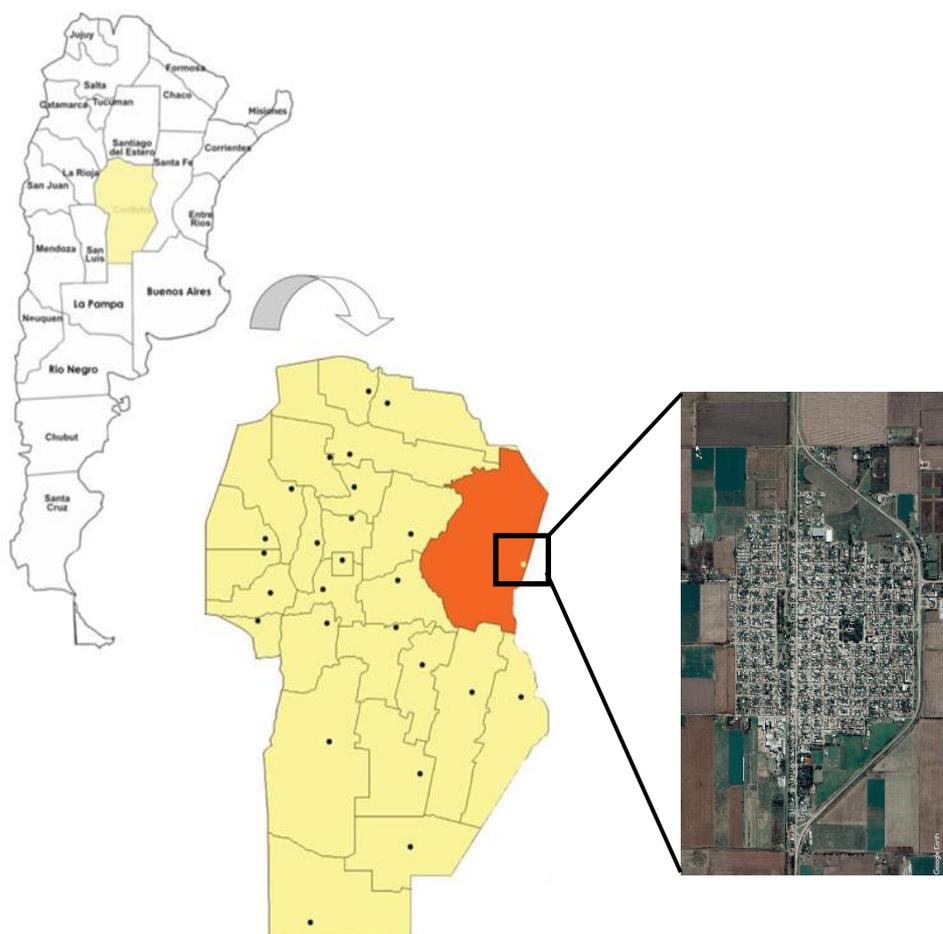


Figura 11: Ubicación zona de estudio

El área de estudio comprende una importante fracción de la localidad de Freyre y zona rural aledaña. La misma forma parte de cuenca de río Salado, más precisamente se sitúa dentro de la denominada subcuenca del Arroyo Cululú.

3.2 CARACTERÍSTICAS GEOFÍSICAS DE LA REGIÓN

Tomando en consideración lo expuesto por Freiria (2014), puede decirse que la Provincia de Córdoba cuenta con una graduación de climas desde subhúmedo, en la porción oriental, hasta áridos en los límites con las provincias de San Luis, La Rioja y Catamarca, los cuales se ven reflejados en las características de la superficie del suelo.

El clima de un lugar o de una región es el resultante de la acción de diversos factores, por lo general, de índole geográfica. Estos se enumeran a continuación:

- **Latitud:** La Provincia de Córdoba se encuentra extendida, en su totalidad, en la zona templada, pues su extremo norte se encuentra, aproximadamente, a los 29° 30' de latitud sur y el extremo austral a los 35°. La relativamente pequeña diferencia en la duración del día, entre verano e invierno, contribuye a disminuir la amplitud térmica anual y dar un carácter de clima templado a toda la provincia incluyendo a la región de estudio.
- **Relieve:** Una gran parte del territorio provincial está constituido por planicies o llanuras. Por otro lado, el cordón serrano tiene eje central en la dirección Norte a Sur. El área analizada presenta un relieve de baja pendiente con zonas deprimidas, lo que brinda al sistema un drenaje lento, el que, sumado a la falta de mantenimiento de alcantarillados existentes, genera grandes almacenamientos locales de las aguas de lluvia y anegaciones de una amplia zona productiva.
- **Naturaleza física de la superficie:** El carácter físico de la superficie del territorio provincial es un importante factor climático. El aumento de la deficiencia hídrica hacia el oeste determina un tapiz vegetal que acompaña dicha deficiencia: desde superficies verdes casi permanentes en el extremo oriental, a amarillo pajizo hacia el extremo central y occidental, salvo en época estival. La cuenca en estudio se encuentra en el extremo oriental de la provincia, más precisamente en el Noreste provincial, donde el gran desarrollo de la actividad agrícola en la región ha contribuido a la extinción casi total de los montes y pastizales para darle paso a zonas de cultivos, con el consecuente cambio en el uso de suelo; lo que a su vez trae aparejado un cambio en las condiciones de escurrimiento natural, siendo uno de los factores importantes que contribuye al aumento de caudales que escurren por dicha región y afectan tanto a las zonas rurales como a las localidades ubicadas en la misma.
- **Régimen de Lluvias:** Existen dos épocas de marcada diferencia en cuanto a la distribución de las precipitaciones. La época lluviosa de septiembre a abril, en este periodo se produce la mayor parte de la precipitación total, con un pico entre los meses de febrero y abril, y la época de sequía de mayo a septiembre. La zona de estudio presenta una media anual cercana a los 800 mm.
 - **Régimen Térmico:** La Provincia presenta un clima caracterizado por ser templado con invierno seco (Cwa) en la clasificación climática de Köppen³. Se han registrado temperaturas estivales absolutas de 42,6 °C y las invernales absolutas han llegado a los -6 °C. Lo anteriormente expuesto, puede ser apreciado por medio de la Figura 12.

³La clasificación climática de Köppen fue creada en 1900 por el geógrafo especializado en climatología ruso de origen alemán Wladimir Peter Köppen. Consiste en una clasificación climática natural mundial que identifica cada tipo de clima con una serie de letras que indican el comportamiento de las temperaturas y precipitaciones que caracterizan cada clima.

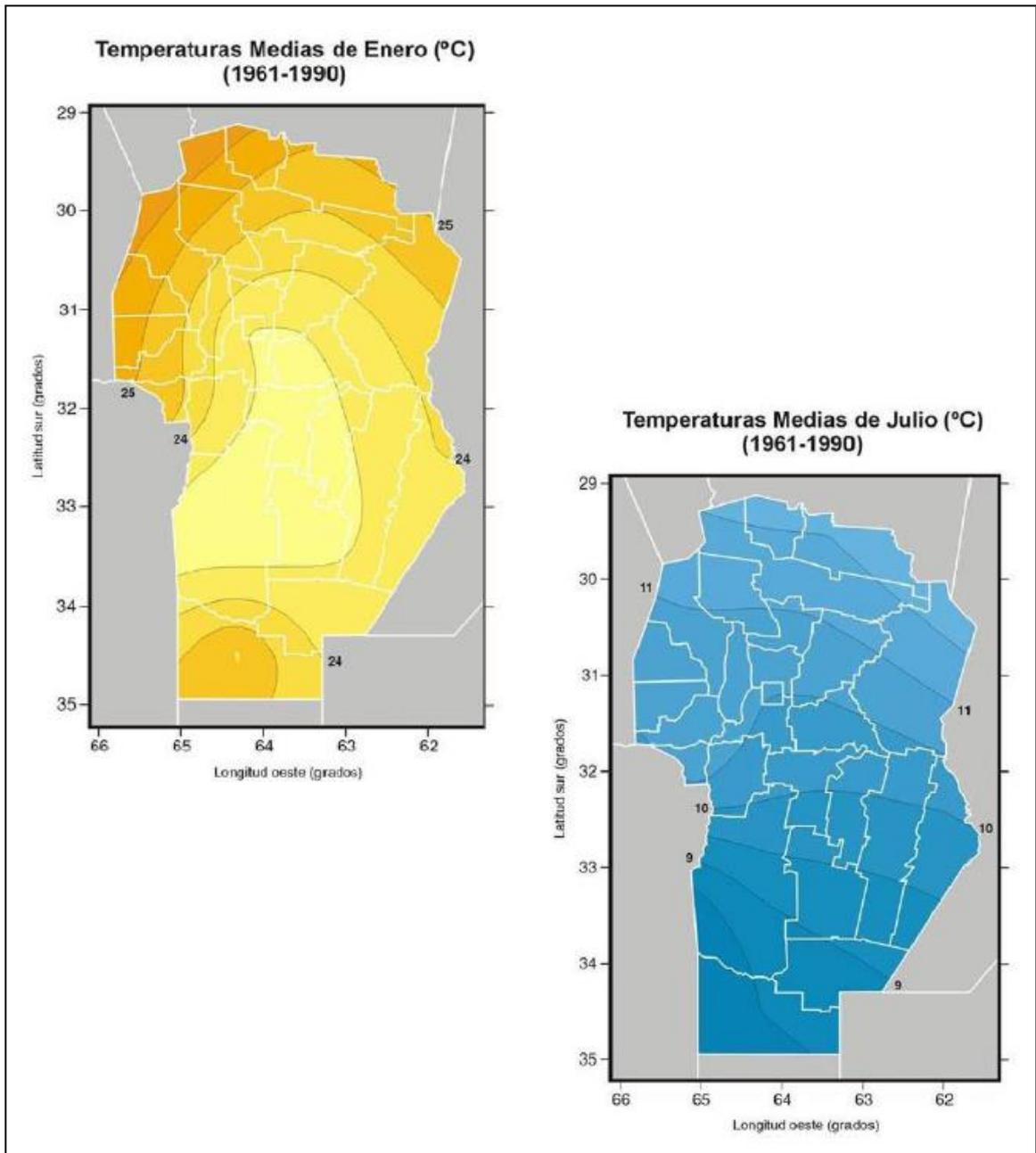


Figura 12: Temperaturas medias en enero y julio para provincia de Córdoba (ACASE – INTA, 2003)

3.2.1 Caracterización del suelo a nivel regional

Según se aprecia en la figura 13, y mediante el uso del Visor GeoINTA⁴, se deduce que la zona en estudio se circunscribe dentro de la denominada Pampa Loessica Altos de Morteros, la que se caracteriza por un relieve muy plano, donde el nivel freático fluctuante próximo a la superficie define condiciones para un drenaje algo deficiente, cualidad que se evidencia en muchos de los suelos locales.

⁴ GeoINTA es un sistema de información creado por profesionales del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), de libre acceso, que permite consultar mapas, sus bases de datos asociadas, imágenes y fotomosaicos de manera simple.

Fueron los procesos geomorfológicos los que dieron origen a un material específico, a un relieve determinado y a una edad de formación del paisaje y de los suelos; aquellos que, en conjunto con el clima y la vegetación, adquieren mayor relevancia y permiten entender la distribución de los tipos de suelos a nivel de toda una región.

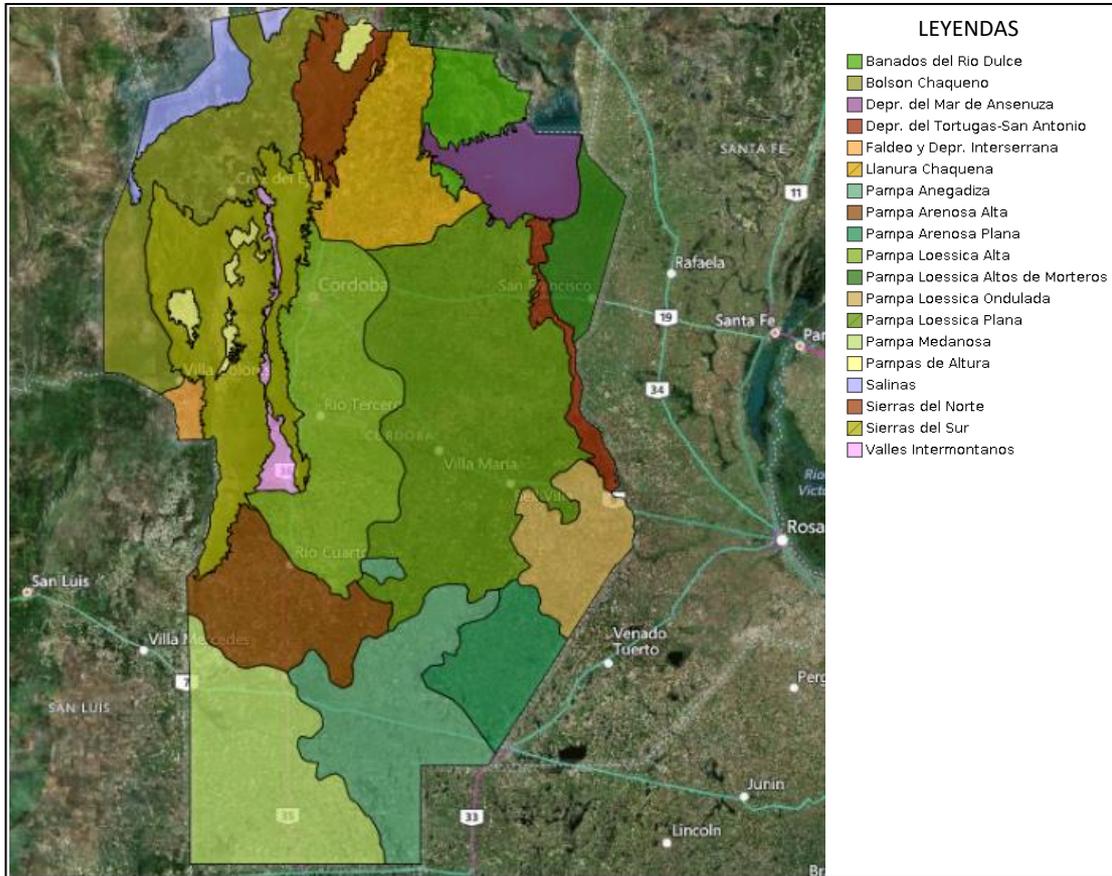


Figura 13: Mapa geomorfológico de la Provincia de Córdoba (Visor GeoINTA, 2015)



Figura 14: Región a la que pertenece el área de estudio (Visor GeoINTA, 2015)

La zona a la que se hace mención comprende una amplia región caracterizada superficialmente por la presencia de materiales originarios loésicos, de textura franco limosa a franco arcillo limosa en toda su extensión. Los sedimentos fluviales, de textura variada, son frecuentes en la unidad de la Pampa Loésica Plana, los que, por razones topográficas, están ausentes en este gran ambiente. La Cañada de las Encrucijadas o Depresión de Jean Maire marca el límite oriental de corrientes fluviales del pasado, las que fueron conducidas directamente al Norte. Por esta razón, en esta Planicie Alta Santafesina, los sedimentos fluviales o aluviales no constituyen materiales parentales de los suelos.

3.3 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Mediante la Figura 15 se resalta la zona donde mayormente estuvieron focalizadas las tareas de campo. En tal sentido, se resalta que los relevamientos a nivel urbano se circunscribieron en el sector cuya denominación catastral es S01 C01. Sin embargo, fue necesaria la valoración de parcelas a nivel rural, con el fin de enriquecer el conocimiento de la microcuenca.



Figura 15: Área de estudio

En rigor, puede señalarse que el área en estudio no presenta una cuenca hidrográfica definida al no poseer ríos, ni arroyos con cauce permanente. En función de ello, las aguas escurren lentamente en direcciones variables en búsqueda del desnivel, advirtiéndose una ligera direccionalidad hacia el este.

3.3.1 Caracterización suelo local

Seguidamente, se detallarán las características de los suelos locales, cuya información técnica forma parte de un estudio de suelo realizado en terrenos donde se emplazan los silos de la Cooperativa Agrícola, Ganadera y de Consumo Freyre Ltda. Dicha labor, fue realizada en 2013 por un grupo de profesionales, con el fin de poder determinar las características físicas y mecánicas del suelo en un sector particular, sitio donde se iba a construir una estructura prefabricada de H° A°. En tal sentido, se realizaron ensayos de penetración dinámica continua de 9.00 m de profundidad, cuyos resultados se describe brevemente:

- Horizonte superior: Localizado entre la superficie y los -3.00 m, formado por limos arcillosos, coloración castaño oscura, plásticos, compresibles, humedad natural normal/elevada, baja compacidad, estables ante las excavaciones.
- Horizonte medio: Ubicado entre los -3.00 m y los -7.00 m constituidos por limos arcillosos, castaños oscuros, saturados, cementación diseminada, compacidad media, potencialmente desmoronables.
- Horizonte inferior: Detectado a partir de los -7.00 m hasta la profundidad estudiada (9.00 m), observando la presencia de limos arcillosos, castaños oscuros, plásticos, saturados, cementados, elevada compacidad, estables.

La Figura 16 señala el terreno donde se realizó el estudio de suelo descrito (recuadro en color rojo), y cuyo análisis concluye sobre la homogeneidad del perfil geotécnico y sus propiedades mecánicas.



Figura 16: Sector donde se realizaron los ensayos de penetración dinámica

3.4 PROBLEMÁTICA DE LA CUENCA

La Región Noreste de la provincia de Córdoba ha sufrido, en los últimos tiempos, graves problemáticas socio-económicas, vinculadas fundamentalmente a los anegamientos ocurridos a nivel rural. Su denominador común ha sido las abundantes precipitaciones, cuya recurrencia es cada vez mayor. Tal es así que, en diciembre de 2012 y más precisamente entre los días 17 y 22, en Freyre se registraron 449 mm, lo que ocasionó el colapso de los sistemas de desagüe pluviales existentes, provocando anegamientos en toda la zona. En torno a lo expresado, la Figura 17 plasma la situación crítica que ha padecido la localidad y cuyas consecuencias perduraron por varias semanas.

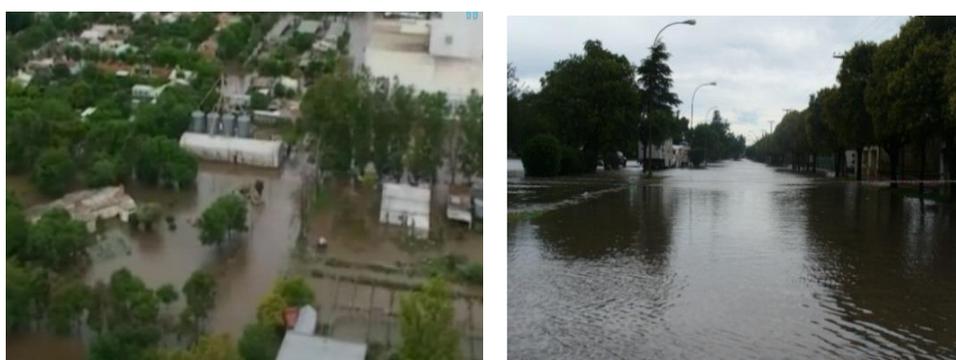


Figura 17: Anegamiento en Freyre Córdoba - Año 2012

El evento extraordinario, obligó a la Municipalidad a emprender acciones técnicas sobre el canal oeste, con el objeto de encausar el agua pluvial proveniente del sector urbano y áreas rurales. Sin embargo, todo ello se efectuó sin análisis previos que permitan adoptar soluciones adecuadas. Así mismo, se efectuaron labores asociadas a la generación de nuevas canalizaciones, con el fin de evacuar más rápidamente los caudales resultantes hacia aguas abajo, según se aprecia en la Figura 18



Figura 18: Acciones técnicas realizadas luego del evento ocurrido – Año 2012

Tal y como se expresó, los anegamientos ocurridos a nivel rural afectaron enormemente la producción agrícola, y en especial a aquella correspondiente a la cuenca lechera. Por medio de la Figura 19, se denota la magnitud de dicha problemática, donde los anegamientos dejaron al descubierto las zonas de bajos naturales, cuya evacuación del agua sólo fue posible por medio de infiltraciones y/o mediante procesos de evaporación en periodos de sequía.



Figura 19: Imágenes representativas de las pérdidas económicas en la región

La Figura 20 refleja aún más la problemática sufrida en la región, siendo ésta una fotografía captada meses posteriores al evento ocurrido en diciembre del año 2012; donde el agua, en algunos campos, llegó a superar el nivel de los alambrados perimetrales.



Figura 20: Magnitud del anegamiento en zonas de bajos naturales

La ubicación de la parcela, a la que se hace mención, es resaltada más precisamente en la Figura 21, la cual se encuentra paralela a la ruta provincial E95 previo al límite interprovincial Córdoba-Santa Fe. Del mismo modo, se puede evidenciar cómo dicha ruta oficia de estructura de contención, interfiriendo en la dinámica hídrica de la zona e impidiendo el normal sentido de escorrentía de las aguas pluviales, esto es desde el sector Oeste hacia el sector Este, según pendiente natural.



Figura 21: Zona de bajos naturales, límite interprovincial Córdoba-Santa Fe



Figura 22: Fotografía representativa de los anegamientos evidenciados en zonas de bajos naturales (enero, 2017)

No menos importante, es resaltar que los caminos rurales fueron colapsados, lo que imposibilitó el tránsito vehicular por un largo tiempo, afectando no sólo el transporte de la producción agrícola, sino también la comunicación entre localidades vecinas. En tal sentido, la Figura 23 ilustra la problemática mencionada anteriormente.



Figura 23: Anegamientos evidenciados sobre los caminos rurales

Vale mencionar que el ascenso del nivel freático, fruto de la infiltración de volúmenes importante de agua debido a las abundantes precipitaciones, ha potenciado la problemática. Así pues, se destacan los inconvenientes relacionados con la higiene y salubridad, dado que en ciertos sectores del pueblo aún se hallan los denominados pozos absorbentes. De este modo, la Figura 24 ponen de manifiesto lo expresado, donde la saturación del sistema ocasionó el vertido de los excedentes hacia las mismas calles.

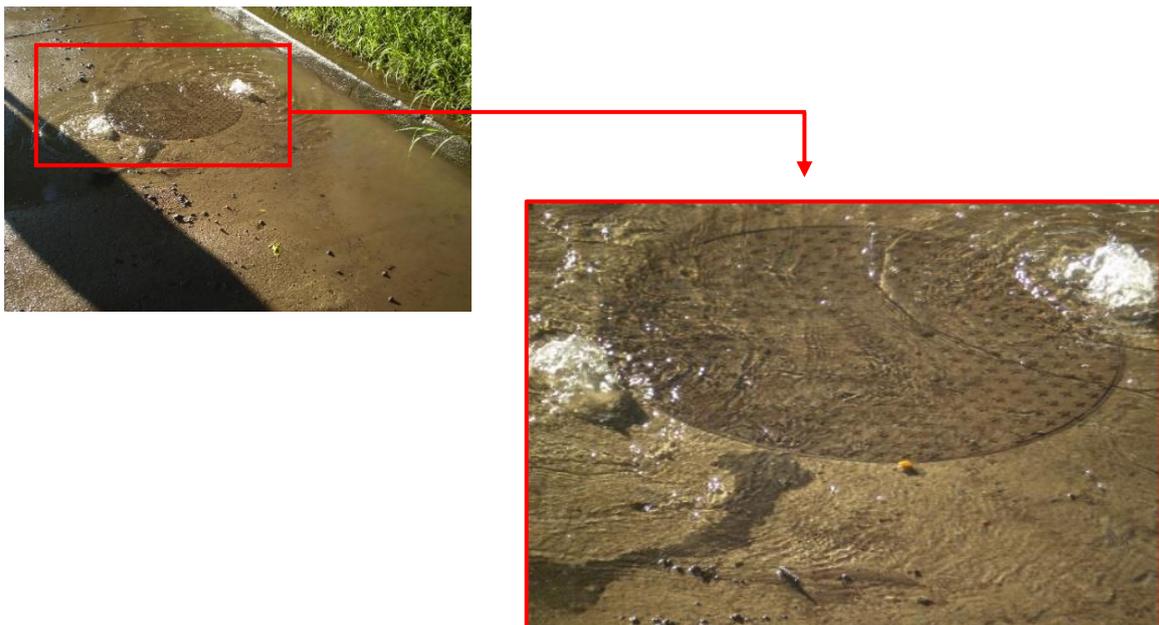


Figura 24: Colapso del sistema de desagüe

Asimismo, la elevación del NF trajo aparejado otras problemáticas como lo es la pérdida de capacidad portante del terreno, lo que a su vez presupone posibles daños en el paquete estructural de las calzadas. En tal sentido, por medio de la Figura 25 se observa que el agua encontraba como salidas aquellas vinculadas a fisuras y/o juntas del mismo pavimento, situación observada en diversas calles de la localidad.



Figura 25: Flujo de agua por medio de fisuras encontradas sobre la misma calzada

3.4.1 Imágenes satelitales de las zonas anegadas

Con la intención de comprender aún más la problemática en cuestión, menester es visualizar las imágenes satelitales registradas en dicho periodo (Ver Figura 26), las que ponen en evidencia que, entre fines del año 2016 y a principios del año 2017, fueron afectadas 70.000 ha aproximadamente.

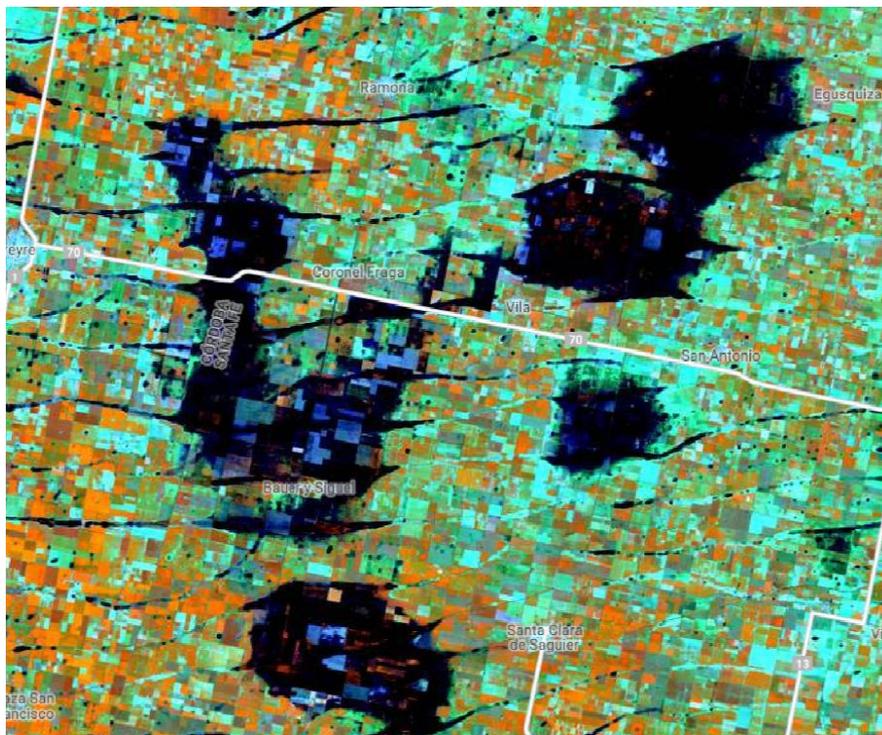


Figura 26: Imagen Landsat, correspondientes al mes de enero de 2017

En referencia al área de estudio, se debe expresar que han sido 2.700 hectáreas las anegadas en el departamento San Justo, perteneciente a la provincia de Córdoba. Lo expresado, puede visualizarse por medio de las Figuras 27 A y 27 B, haciendo la salvedad que dicho procesamiento de datos no fue realizado por el autor del presente Proyecto.

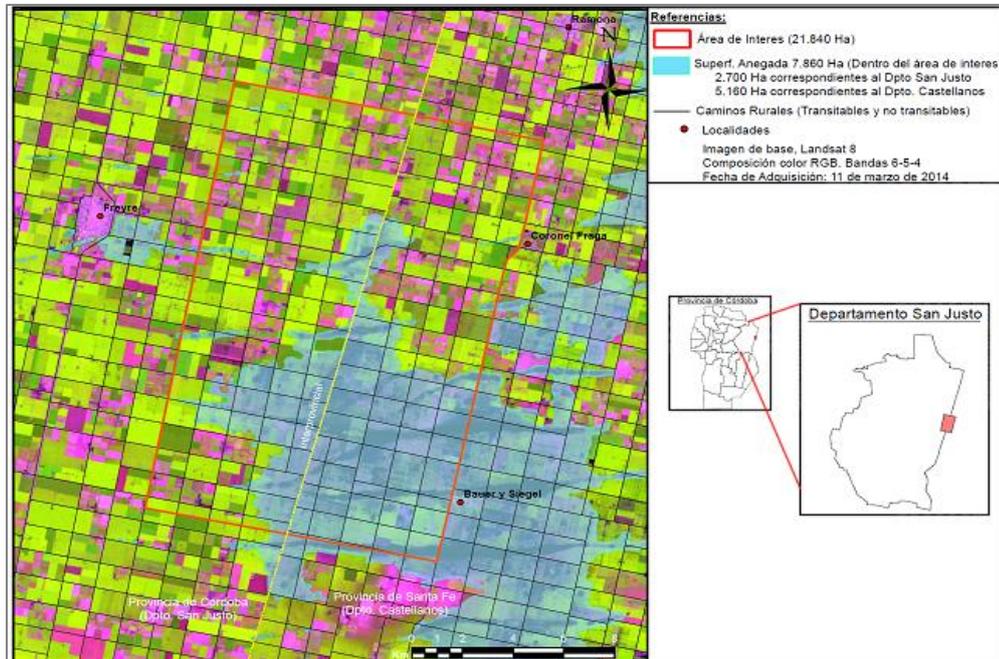


Figura 27 A: Mapa de áreas con anegamiento en superficie, imagen de base, Landsat 8 (Composición color RGB. Bandas 6-5-4, 2014)

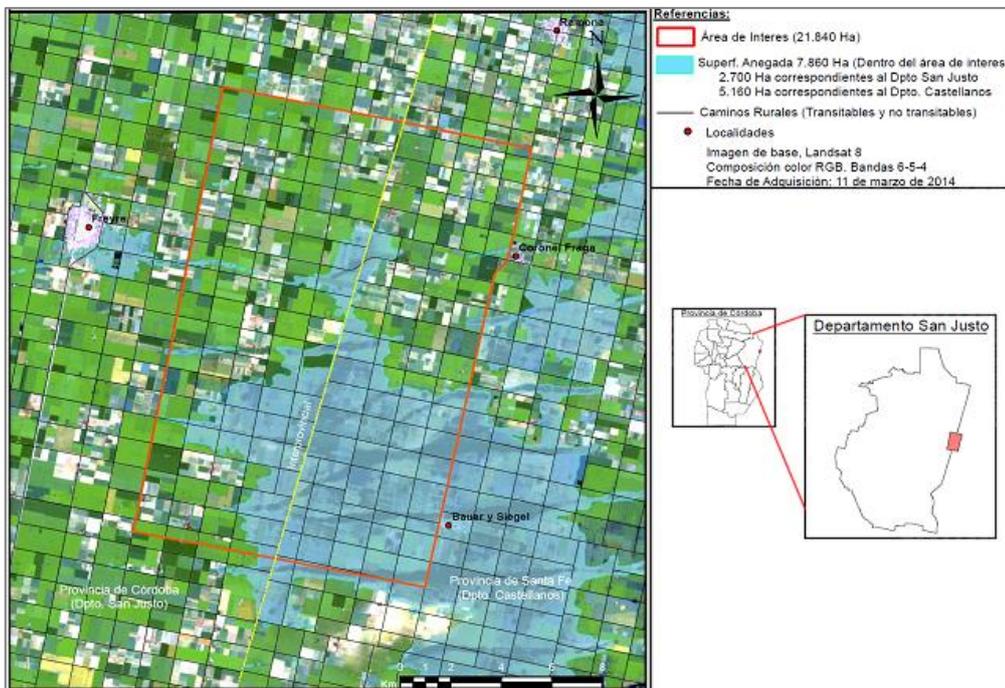


Figura 27 B: Mapa de áreas con anegamiento en superficie, imagen de base, Landsat 8 (Composición color RGB. Bandas 7-6-3, 2014)

CAPÍTULO 4

ESTUDIO HIDROLÓGICOS

4.1. SISTEMA CUENCA

De modo generalizado, y conforme a lo plasmado mediante la Figura 28, se puede expresar que la localidad de Freyre forma parte del sistema Paraná, y dentro del mismo pertenece a la cuenca del Río Salado. En este sentido, el gran interrogante planteado fue saber si verdaderamente Freyre hace su aporte a dicha cuenca, o bien al sistema Mar Chiquita debido a su proximidad a la laguna. Para dar respuesta a ello, es que se describen datos relevantes del área de estudio, lo que permitirá justificar lo anteriormente expresado.

- **Cuencas y regiones hídricas superficiales**

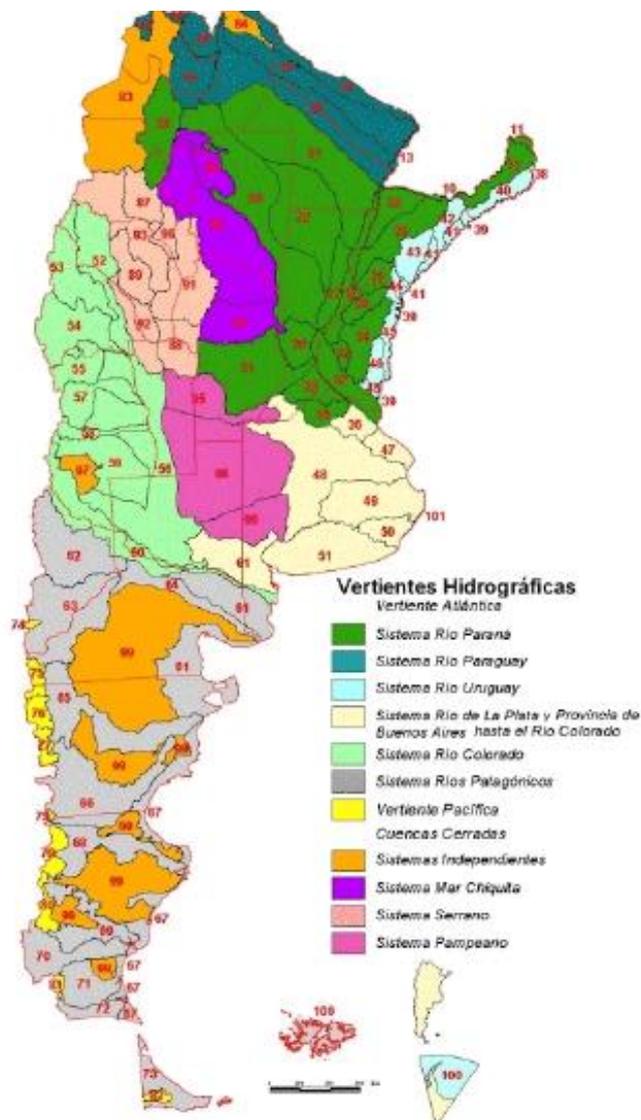


Figura 28: Sistema de cuencas de la República Argentina (Gaspari et al., 2013)

4.1.1 Sistema Río Pasaje o Juramento

Seguidamente, a través de la Figura 29 se advierte que Freyre se ubica dentro de la cuenca del Río Pasaje o Juramento, cuyo análisis se basa en la información contenida en el visor GeoINTA.

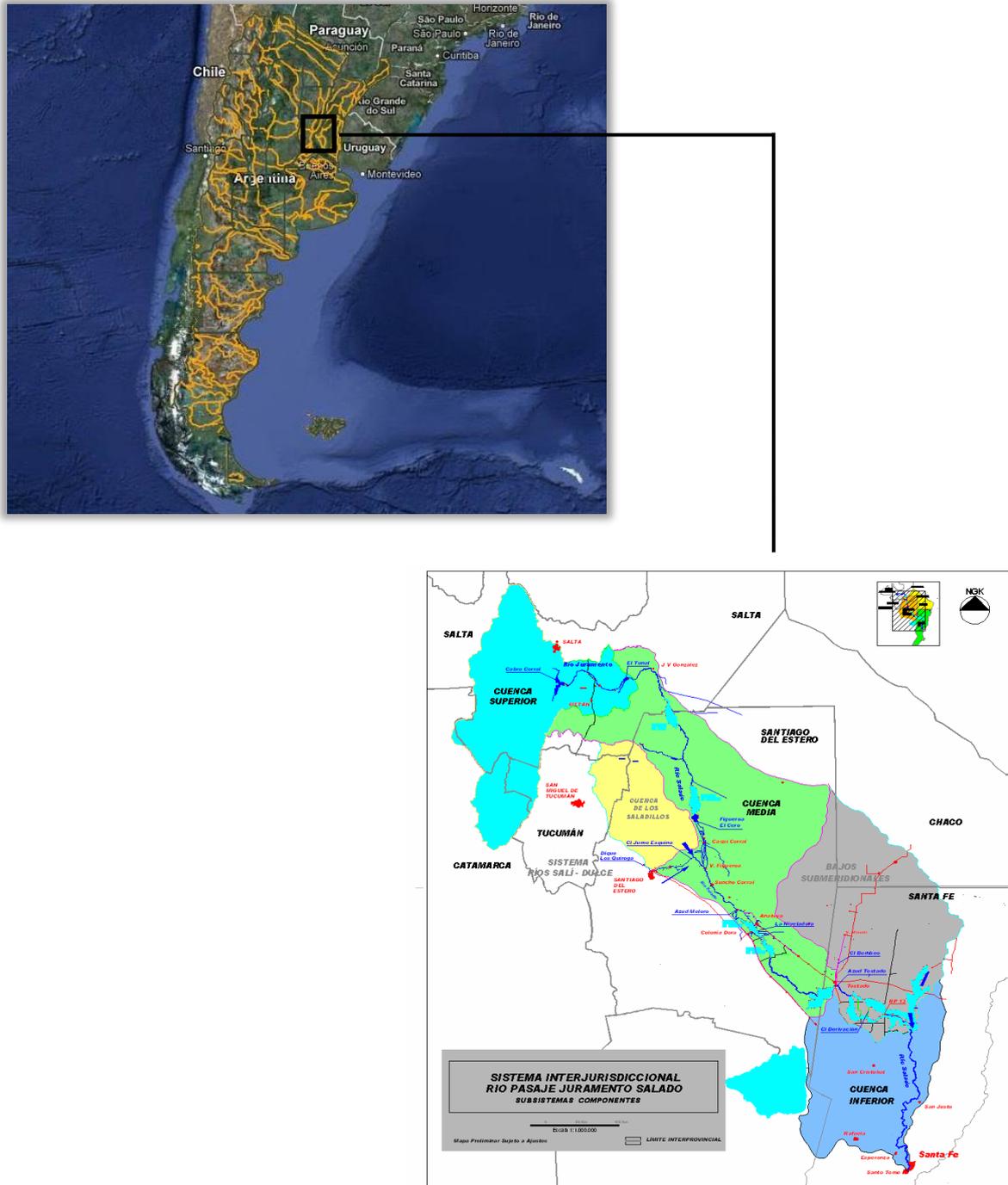


Figura 29: Sistema río Pasaje o Salado (Adaptado de Visor GeoINTA, 2015)

Según Ferreira (citado en Bacchiaga et al., 2003), la cuenca del Río Salado se extiende por las provincias de Salta, Catamarca, Tucumán, Santiago del Estero, Chaco y Santa Fe. Abarca una superficie total aproximada de 247.000 km² y su longitud de curso es de aproximadamente 1.500 km.

La cuenca puede caracterizarse en tres grandes componentes, de funcionamiento hidrológico diferenciado: superior, medio e inferior. Más precisamente, y en torno al área de estudio, se debe ubicar a la misma en la cuenca inferior (ver Figura30), donde convencionalmente se considera que ésta última se desarrolla en la provincia de Santa Fe, a partir del punto en el cual el río ingresa a la misma, a la altura de la ciudad de Tostado. Dicha área posee una superficie de 55.950 km².

Cabe señalar que las divisorias de aguas superficiales son difusas en muchos sectores y sufren permanentes modificaciones por acción del hombre, fundamentalmente a través de obras de canalización o alteo de caminos. En tal sentido, se destaca que los canales presentan baja capacidad de transporte, donde el agua captada por los mismos es llevada hacia áreas con mayor pendiente, produciendo en todos los casos una disminución del tiempo de concentración de la cuenca y una menor permanencia del agua en superficie. Todo lo anterior, refleja una alteración dinámica de los límites naturales de las cuencas, las que se ajustan a partir de la definición de la nueva red de drenaje.

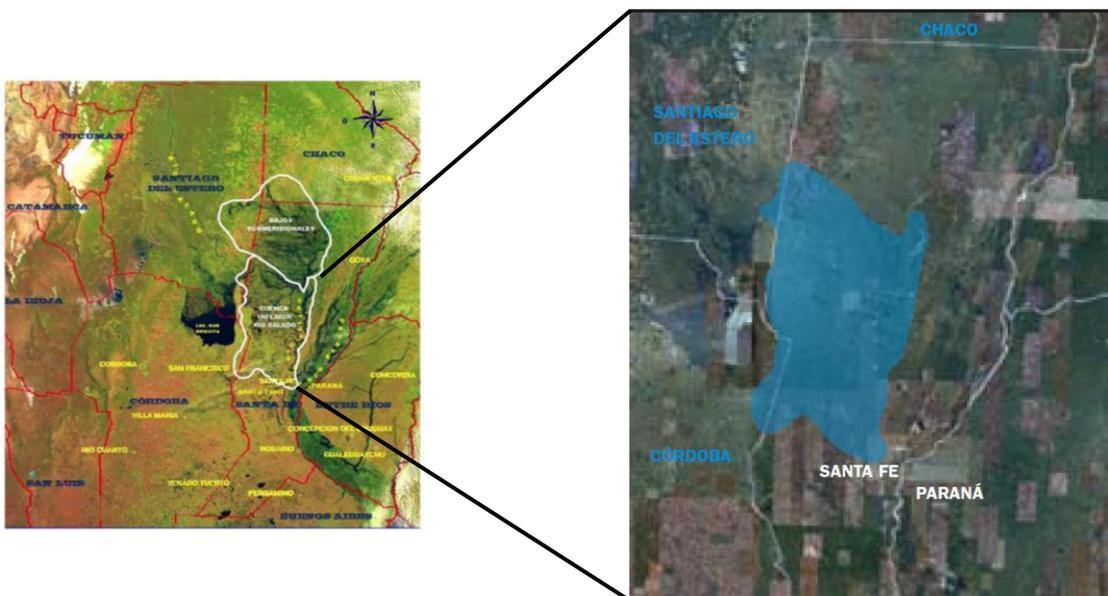


Figura 30: Subcuenca correspondiente al sistema del río Salado

Finalmente, y tal como destaca Ferreira (citado en Bacchiega et al., 2003), la cuenca inferior del Río Salado es un sistema de llanura, la que conforma una transición entre dos grandes regiones naturales: la llanura chaqueña (al norte) y la llanura pampeana (al sur). Gran parte de la misma se asemeja a un plano suavemente inclinado, con pendientes regionales hacia el Este, variables entre 0,01% y 0,05%”

4.1.2 Subcuenca arroyo Cululú

Según Kröhling y Brunetto (2013), la cuenca del arroyo Cululú es la mayor de las subcuencas que componen la cuenca fluvial del Salado y la ubicada más al sur de todas las subcuencas, con unos 130 km de longitud O-E y 100 km de ancho y una superficie de 6.834 km² (Figura 31). Su morfología está claramente controlada por lineamientos tectónicos de orientación general N-S y NE-SO y NO-SE. Sus cabeceras se encuentran en el NE de la provincia de Córdoba y NO de la provincia de Santa Fe, en un área plana, de pendiente general muy suave hacia el este.

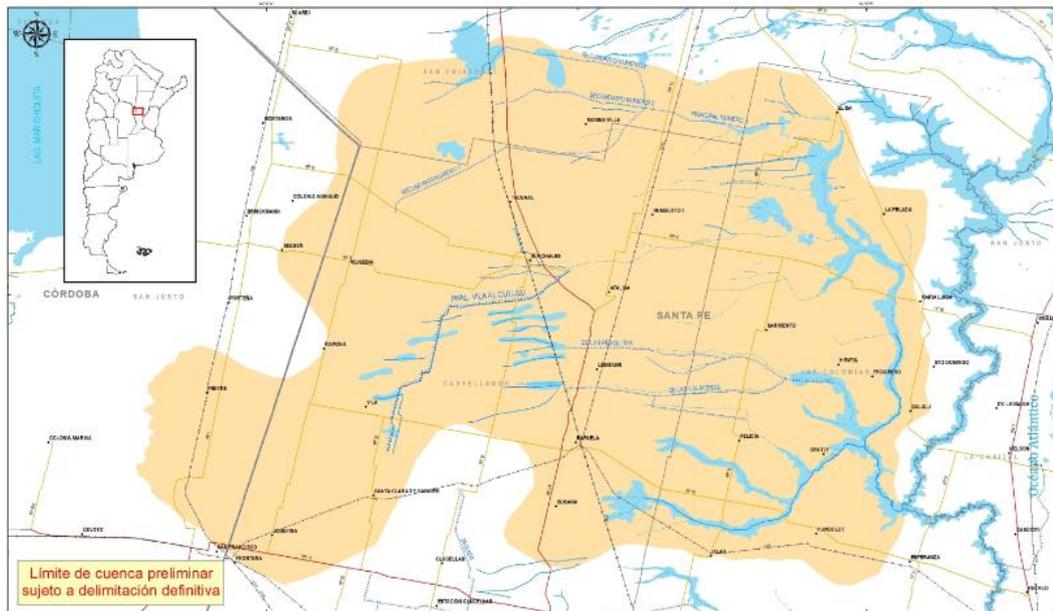


Figura 31: Cuenca Arroyo Cululú

Desde el punto de vista hidrológico la cuenca del Cululú es una típica cuenca de llanura, caracterizada por divisorias amplias y una red hidrográfica formada por cañadas interconectadas (con fuerte control estructural), que hacia el este se integran en valles fluviales hasta alcanzar el colector. La dinámica hídrica actual está definida por factores geológicos y climáticos. Entre los factores geológicos domina el estilo tectónico, caracterizado por lineamientos de rumbo NNO-SSE, NNE-SSO, NE-SO y NO-SE, que delimitan bloques elevados, hundidos y basculados, con rechazos de pocos metros, pero que en una región de llanura producen efectos morfológicos de primer orden.

Particularmente esta cuenca comprende dos provincias geomorfológicas, abarcando la alta cuenca del Cululú un área de la Pampa Norte, con excepción del este de la misma, que forma parte del Chaco. Ambas provincias conforman la llanura argentina, una superficie donde los procesos morfogenéticos tienen una tendencia a crear formas del paisaje deposicionales (geoformas de acumulación), tales como dunas, albardones, etc. Aunque la altura de dichas geoformas es modesta, en estas regiones planas ellas tienen una influencia de primer orden en la dinámica general. Varios procesos son típicos de estas áreas, tales como inundaciones extendidas en el tiempo, sedimentación generalizada, meteorización profunda y formación de costras.

Dávila et al., (citado en Kröhling y Brunetto, 2013) expresan que la cuenca hídrica del Cululú se encuentra localizada dentro de una cuenca geológica mayor denominada cuenca de antepaís. Las depresiones de gran escala regional se forman por la subsidencia tectónica que genera el peso de las rocas levantadas en el frente montañoso de las Sierras de Córdoba. La asimetría de la cuenca es resultado de este fenómeno. Dicha estructura está conformada por una gran depresión ocupada por las redes fluviales del este de la provincia de Córdoba y la laguna Mar Chiquita, una región elevada en el oeste de Santa Fe denominada de Bloque San Guillermo y una región deprimida, ocupada por las redes fluviales del río Salado y el Paraná, al este de la provincia de Santa Fe.

El modelo de deformación de la corteza terrestre en esta región se asemeja al de deformación de una viga que tiene una carga en su extremo occidental y se flexura por efecto de dicho peso (masa montañosa). Parte de la viga, adyacente a la carga se deforma hacia abajo (cuencas fluviales y laguna Mar Chiquita), generándose un domamiento (deformación hacia arriba) en una posición periférica, el cual corresponde a la posición del Bloque de San Guillermo. Detrás de dicho sector positivo, la viga se deforma suavemente hacia abajo (se asemeja al área inundable por las redes fluviales del este de Santa Fe). Esta estructura mayor, que representa la deformación de onda larga, ha sido condicionada posteriormente por desplazamientos sobre fallas y fracturas de primer orden (Brunetto, 2008). Así la cuenca se ha dividido en bloques menores, que han sufrido movimientos relativos

4.1.3 Subcuenca canal Vila-Cululú

En relación a la subcuenca del canal Vila-Cululú (ver Figura 32), Mitri A. expuso sobre el tema, considerando que:

“La cuenca de aporte del Canal Vila Cululú tiene 300.000 ha, compartida con la Provincia de Córdoba. De hecho, es la 2° en magnitud (en cuanto a áreas compartidas) después de la cuenca de la Laguna La Picasa. Se trata de una cuenca con un sistema típico donde, luego de pérdidas principalmente por evaporación, el agua termina en un punto: la Cañada Sunchales y de allí deriva hacia el Canal Cululú y por éste al Río Salado” (Mitri, 2014).

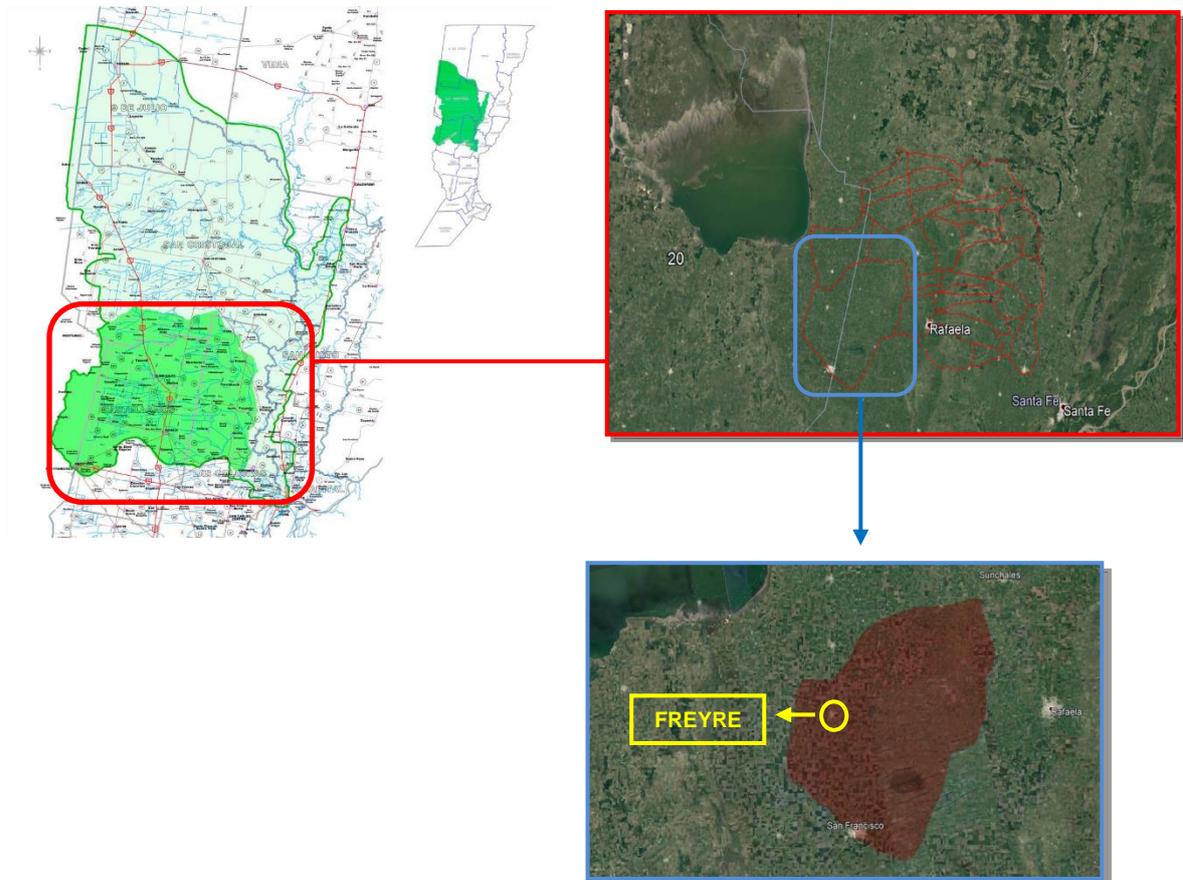


Figura 32: Subcuenca a la que pertenece la zona de estudio

El Instituto Nacional del Agua (INA), con la inspección del Ministerio de Aguas, Servicios Públicos y Medio Ambiente (MASPYMA), hizo una delimitación de cuencas y subcuencas de la provincia de Santa Fe, trabajo encomendado por el gobierno provincial a partir de la inundación del año 2003, y que fuera terminado no hace mucho tiempo. En torno al mismo, se puede afirmar que el área de estudio (zona rural de Freyre) pertenece a la cuenca del canal Vila-Cululú.

Por otra parte, y a fin de fundamentar el por qué Freyre pertenece a la cuenca del Río Salado, fue necesario abordar el campo de la Geología. De este modo, vale resaltar que la localidad se halla en una zona que forma parte de un alto topográfico conocido como Bloque Elevado de San Guillermo (BESG), limitado por fracturas y reactivado por movimientos neotectónicos (ver Figura 33). La elevación corresponde un área alta de la llanura limitada por fracturas y fallas, en donde el límite oeste queda definido por la falla Tostado Selva, la cual tiene aproximadamente 400 km de longitud, desde Tostado hasta el río Carcarañá. Un aspecto particular de la misma, es que posee traza irregular compuesta por una sucesión de segmentos rectos de 10 a 30 km de largo, con orientación variable. Topográficamente, el bloque oriental es 25 a 30 m más alto que el occidental en Mar Chiquita; dicha fractura se representa bajo el número 3 en la siguiente figura aclaratoria.

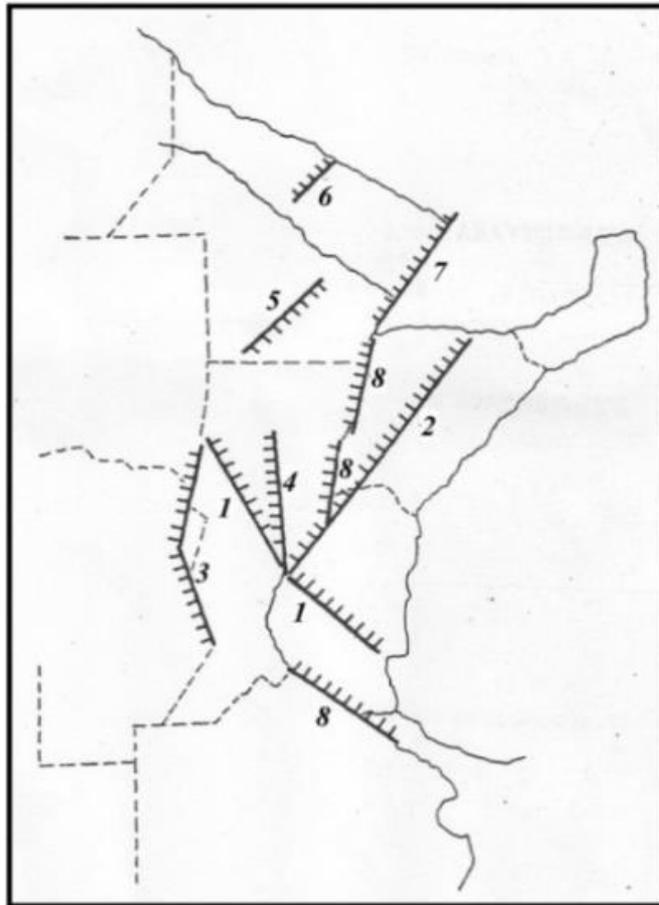


Figura 33: Esquema estructural del noreste argentino (Iriondo, 2012)

4.1.4 Perfil de elevación según traza generada

Por medio del uso de herramientas informáticas, y más precisamente las disponibles en el programa “Google Earth”, se puede obtener el perfil de elevación de toda traza que se genere. De este modo, la correspondiente a la zona de análisis, extendida hasta territorios de la provincia de Santa Fe, presenta un perfil como el que se puede observar en las siguientes Figuras 34-A y 34-B.

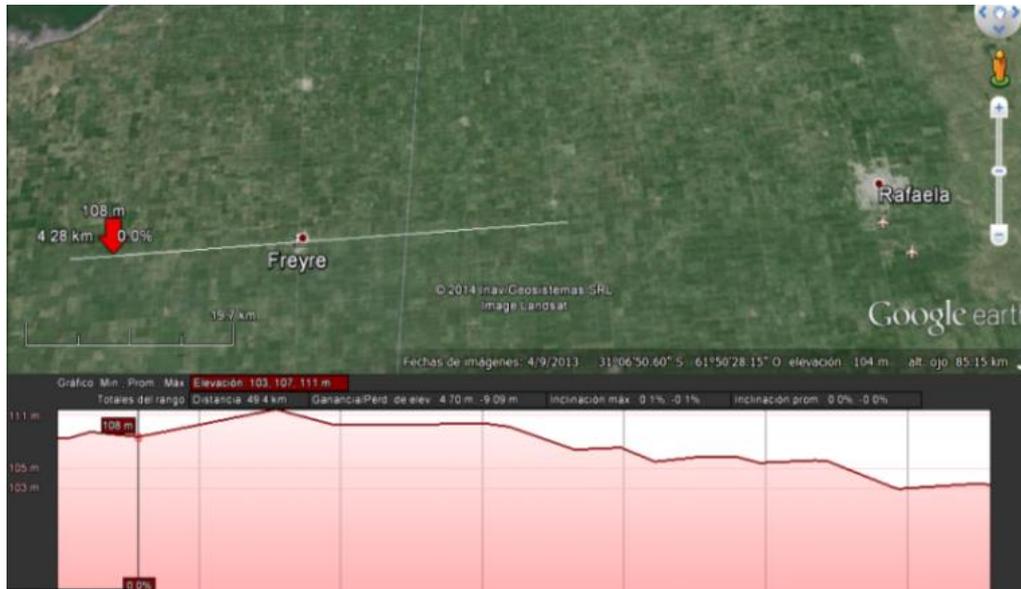


Figura 34 A: Perfil de elevación (Google Earth, 2015)

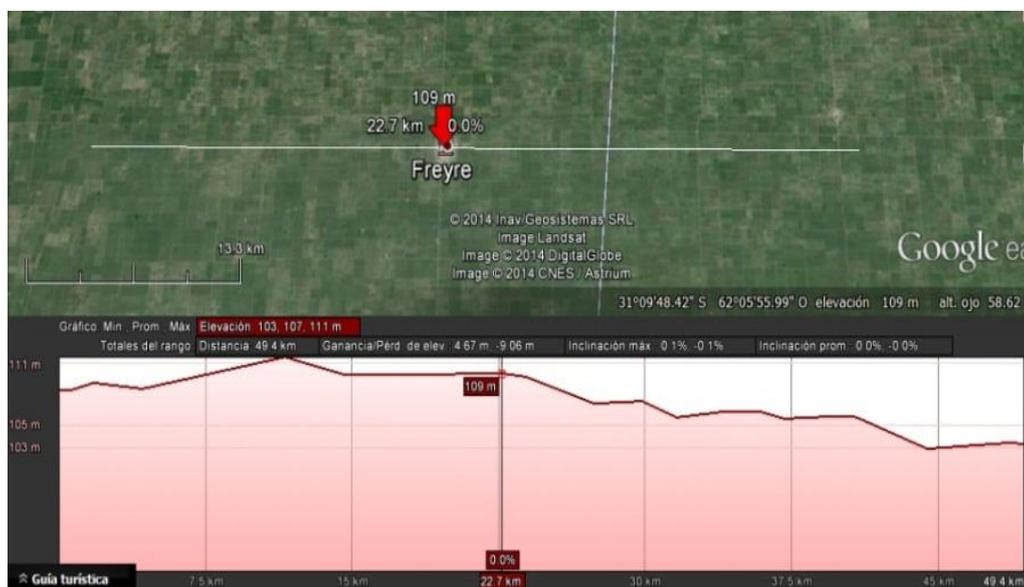


Figura 34 B: Perfil de elevación (Google Earth, 2015)

Las imágenes anteriores ponen de manifiesto la tendencia de escorrentía superficial de la zona en estudio, cuya pendiente natural direcciona las aguas desde el sector oeste hacia la provincia de Santa Fe (este).

4.2 DELIMITACIÓN DE LA MACROCUENCA

4.2.1 Valoración de las áreas de aporte

Para la delimitación de las diversas áreas de aporte, se llevó a cabo un análisis detallado sobre las cartas del Instituto Geográfico Militar⁵ (IGM), escala 1:50.000, las que a su vez fueron actualizadas en torno a la infraestructura existente (caminos, ferrocarriles, canales y alcantarillas), a través de un reconocimiento en el campo. Como resultado de lo anterior, se pudo determinar el probable sentido de escorrentía superficial de las aguas pluviales, tal y como refleja la Figura 35, ello cuando la capacidad de absorción de los suelos es superada.



Figura 35: Sentido de la escorrentía superficial en el sector rural

4.2.2 Relevamiento plani-altimétrico del sector

Para poder delimitar la “macrocuenca rural”, fue necesario ampliar el registro de datos disponibles, en cuanto a cotas se trate. De este modo, fueron identificados aquellos puntos de interés, los que en esencia permitieron discretizar el área de estudio. Los mismos, fueron adecuadamente distribuidos sobre la zona, considerando la importancia que reviste el conocimiento del sentido de escorrentía de las aguas pluviales.

4.2.2.1 Metodología - instrumental de trabajo

El equipo utilizado fue un GPS de simple frecuencia, marca Magellan (ver Figura 36), donde en primera instancia se debió determinar la ubicación de la estación base; dado que su posicionamiento debía asegurar la cobertura total de la zona a relevar.

⁵ El IGM es el Organismo Nacional responsable de la elaboración y actualización de la cartografía básica del territorio argentino. Desde comienzos del siglo XX ha trabajado activamente en el desarrollo de la producción de cartografía oficial en escalas 1:50.000, 1:100.000, 1:250.000 y 1:500.000, además de diversos mapas nacionales y provinciales en formatos especiales.



Figura 36: Imágenes del instrumental utilizado

Debido a la autonomía en la batería del GPS (máximo de 8 horas), se decidió planificar el relevamiento a lo largo de dos días. En el primer de ellos, se registraron las mediciones de los puntos resaltados en la Figura 37, y cuya primer estación base se identificó como “Est. A”.



Figura 37: Puntos relevados conforme a la ubicación de la estación base “A”

En función de lo anteriormente expresado, dicha primera etapa de mediciones permitió cubrir una superficie del orden de los 10,5 km², según se visualiza en la Figura 38.



Figura 38: Extensión de terreno evaluada (primer día de nivelación)

En el segundo día de relevamiento en campo, se efectuó un nuevo posicionamiento de la estación base, conforme a los puntos de interés que aún restaban por valorar. De este modo, las tareas se focalizaron fundamentalmente en terrenos situados al noroeste de la localidad, donde se abordó un área de 36 km² aproximadamente, tal y como se resalta en la Figura 39.

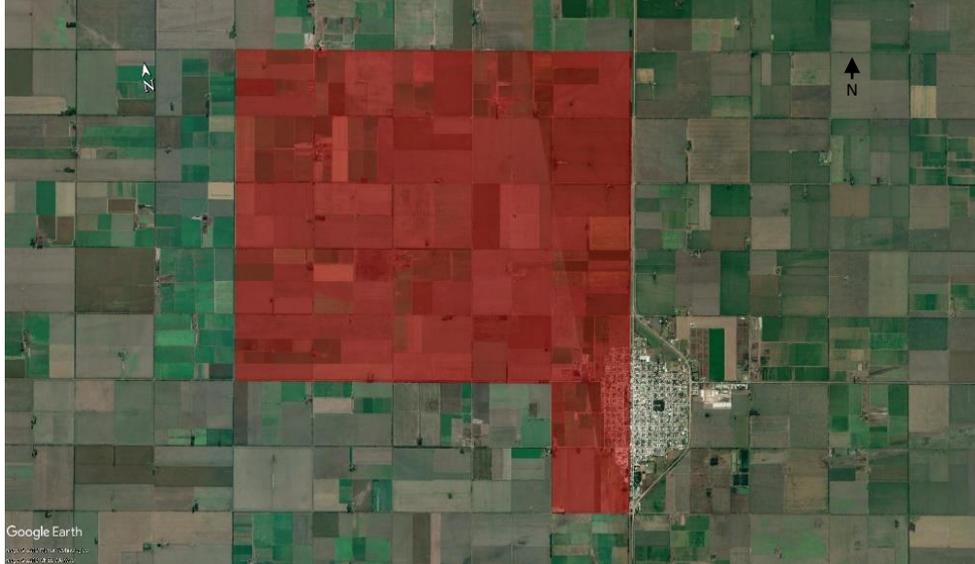


Figura 39: Extensión de terreno evaluada (segundo día de nivelación)

No menos importante es hacer mención al relevamiento realizado sobre otros sectores, cuyos datos enriquecieron aún más la valoración de la macrocuenca. Dichas zonas son las resaltadas en color verde y amarillo, según se aprecia en la Figura 40.



Figura 40: Sectores relevados a nivel de microcuenca

Cabe agregar que, en relación a las figuras plasmadas, cada uno de los puntos incluyeron una serie de al menos ocho mediciones. Esto se debe a que, por esquina, se pretendía obtener los valores de cotas asociados a fondo de cuneta; terreno natural; centro de calle; y, en caso de existencia, los registros de las alcantarillas de cruce (ver Figura 41). De este modo, y en función de la importancia del punto a medir, el tiempo de permanencia promedio del GPS (estación móvil) sobre cada uno fue de 4 a 5 minutos.



Figura 41: Fotografías representativa de los puntos relevados

4.2.2.2 Georreferenciación de puntos

A los fines de validar el relevamiento realizado, es que se optó por georreferenciar cada una de las lecturas, respecto de los puntos fijos encontrados en las planchetas del IGM, y cuyas cotas sobre el nivel de mar se hallan expresadas en las mismas. De esta manera, y mediante lo resaltado en las Figuras 42 y 43, se denota que fueron hallados cinco puntos fijos cercanos en la región, de los cuales sólo uno presentaba un adecuado estado de conservación.



Figura 42: Puntos fijos en el sector este y noreste próximos a la localidad

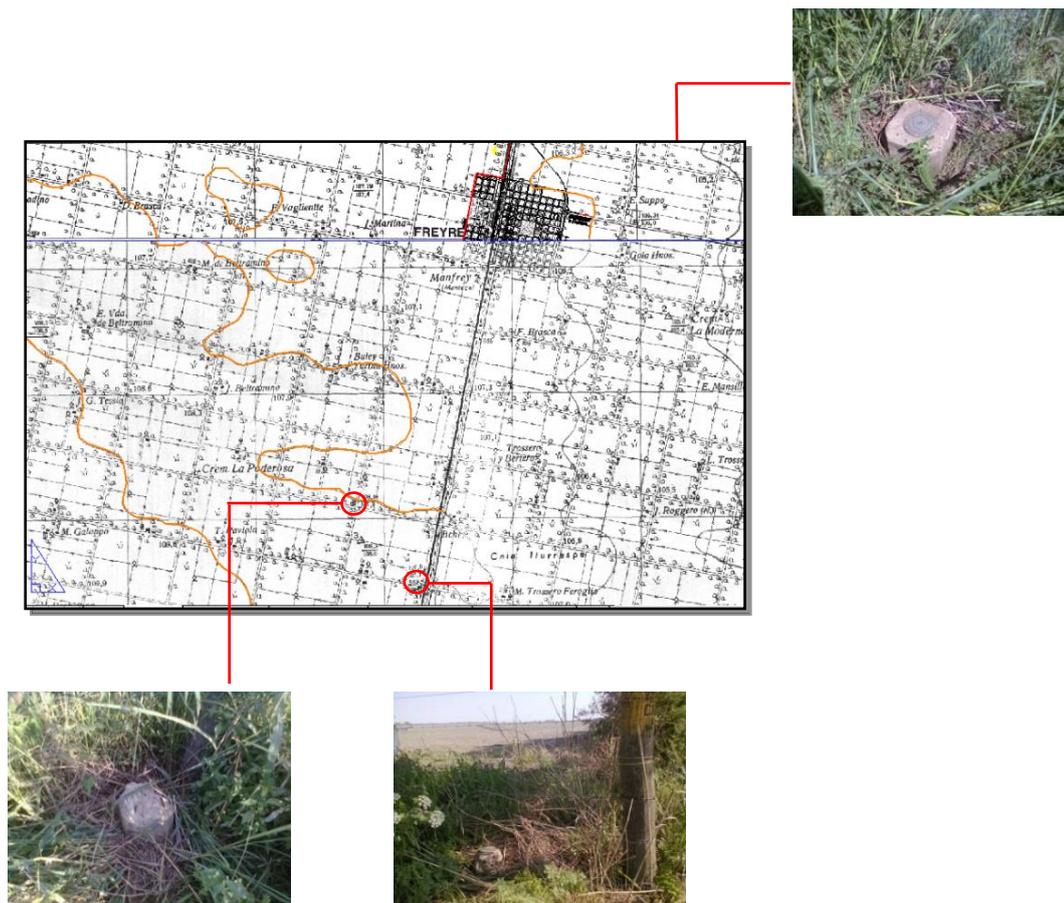


Figura 43: Puntos fijos en el sector sur y sureste próximos a la localidad

En virtud del estado físico que presentaban los puntos fijos hallados, es que se optó por considerar sólo dos de ellos para georreferenciar el relevamiento realizado; labor que consistió en posicionar el GPS sobre los mismos, tal como se visualiza en la Figura 44.



Figura 44: Georreferenciación de los registros con los Puntos Fijos existentes en la zona

4.3 VALORACIÓN DE LAS MICROCUENCAS A NIVEL RURAL

4.3.1 Relevamiento de las obras existentes

A priori, fueron identificadas las canalizaciones existentes hasta el año 2016, a modo de valorar el sistema de evacuación de aguas pluviales en su totalidad, siendo ideal un funcionamiento sistemático de los mismos. Como se podrá visualizar en la Figura 45, cada uno de los canales representa a su vez divisorias de agua, lo que trae consigo una variancia respecto de las áreas de aporte al sistema; las cuales deben tenerse en consideración a la hora de valorar la capacidad de conducción en cada uno de ellos.

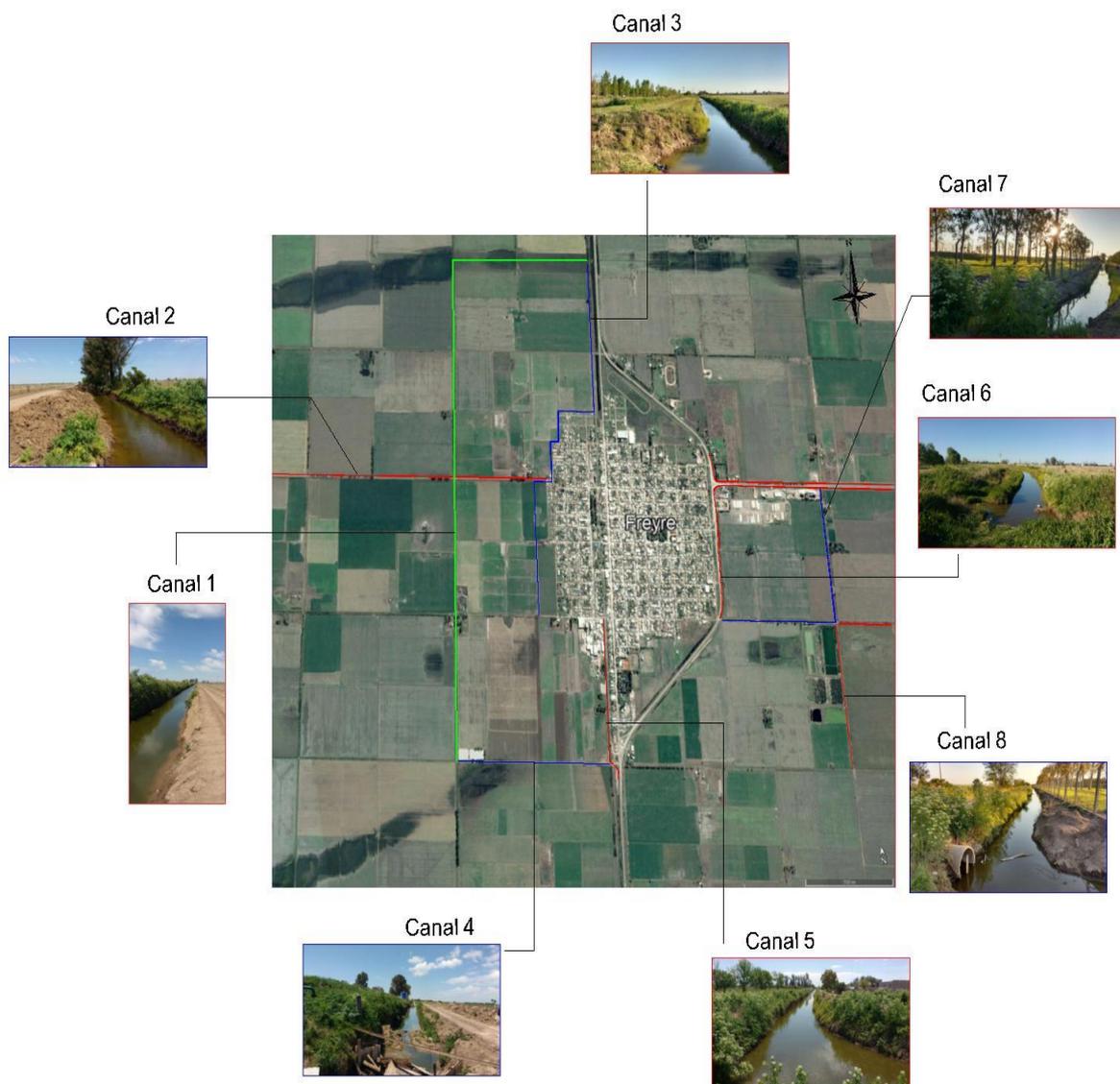


Figura 45: Canalizaciones existentes a nivel microcuenca

4.3.1.1 Delimitación de las áreas de aportes según las canalizaciones existentes

En relación al sector oeste de la localidad, se procedió a delimitar el área de aporte hacia las canalizaciones allí existentes (Figura 46), cuya discretización se tratará posteriormente en el Capítulo 7.

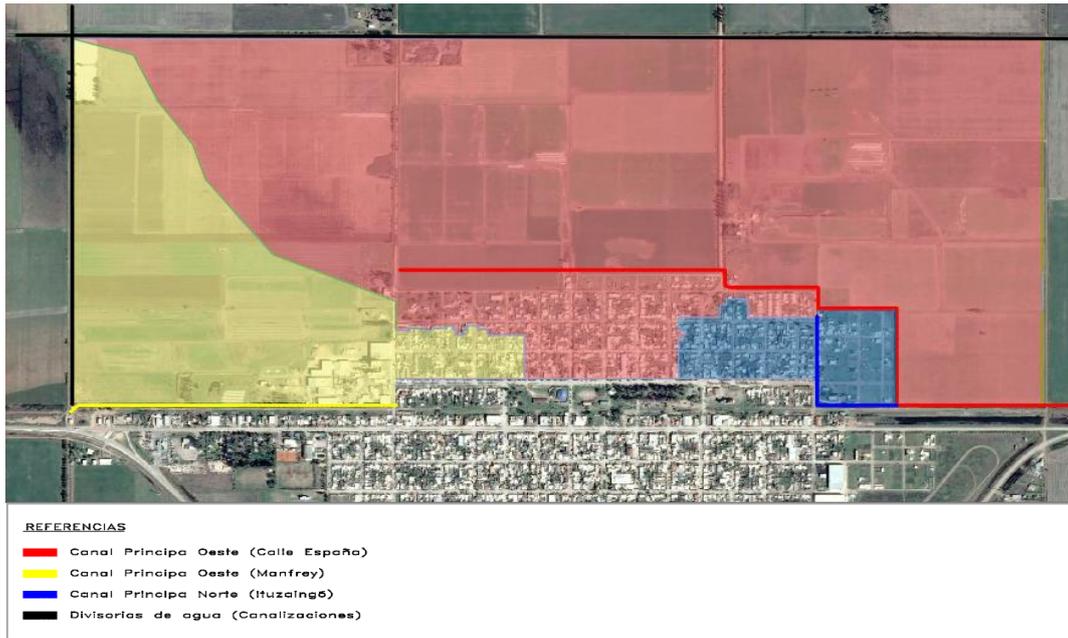


Figura 46: Áreas de aporte sobre cada canalización existente (año 2012)

4.3.2 Alcantarillas asociadas a la Ruta Provincial N°1

De modo complementario, se relevó la divisoria de aguas materializada a través de la Ruta Provincial N°1, lo que implicó considerar el sistema de alcantarillado existente, en relación a las descargas aguas abajo. Lo anteriormente expresado es reflejado mediante las Figuras 47 A y 47B.



Figura 47 A: Sistema de alcantarillado existente en relación a la Ruta Provincial N°1 (zona cercana a Freyre)

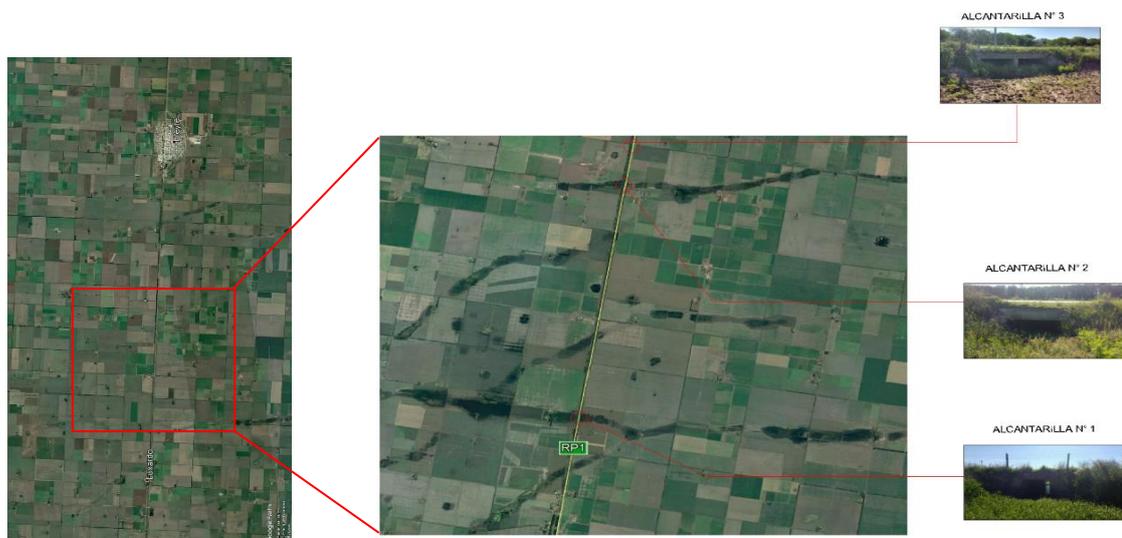


Figura 47 B: Sistema de alcantarillado existente en relación a la Ruta Provincial N°1 (zona cercana a Estación Luxardo)

4.4 VALORACIÓN DE LA MICROCUENCA A NIVEL URBANO

4.4.1 Diagnóstico del sistema de desagües pluviales hasta el año 2014

Partiendo de lo valorado, puede expresarse que hasta el año 2014 la localidad de Freyre presentaba un sistema de desagües pluviales y saneamiento basado en canales internos y externos, mayormente a cielo abierto. Conforme fueron pasando los años, el mismo no se lo ha modernizado, ni ampliado debidamente, lo que permitió denotar la falta de concordancia no sólo en relación con el crecimiento de la localidad, sino también con los cambios en los regímenes de lluvias. Cabe señalar que, a consecuencia de esto, se fueron evidenciando eventos cada vez más impactantes, perjudiciales y de gran deterioro sobre la región en general.

Particularmente, el sistema operaba a partir de la captación de los excedentes hídricos a través de una red de canales, a los que se pueden denominar “primarios” (trazo en color verde según Figura 48), excavados en tierra, con cruces y encuentros entubados, cuya traza direccionaba las aguas pluviales hacia sectores de menor pendiente.

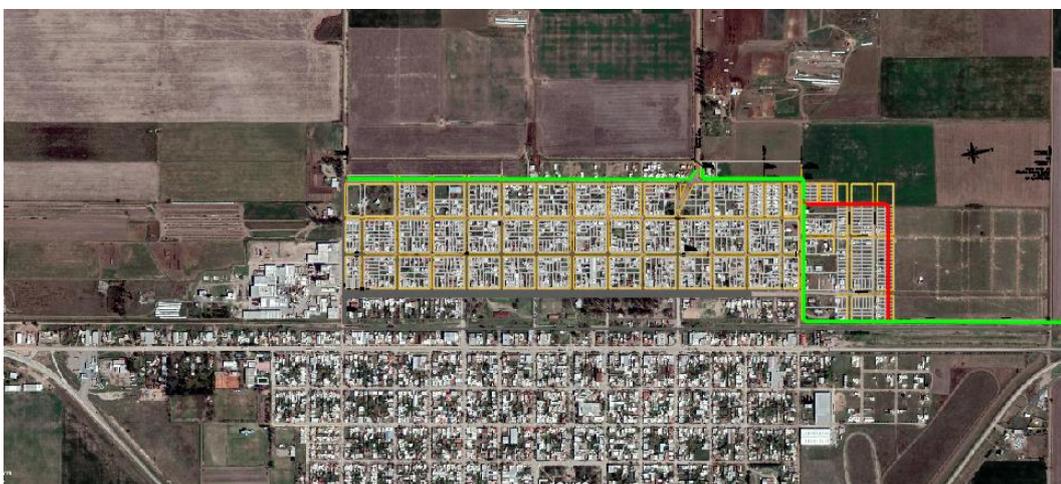


Figura 48: Canal Perimetral tramo Oeste

En base a la figura anterior, se agrega que el trazo de color rojo refleja la nueva canalización, construida a posteriori de los anegamientos registrados en diciembre de 2012.

Vale resaltar que los caudales conducidos por el canal principal correspondían, en parte, al generado por áreas urbanas, quedando representada ésta por unas 42 manzanas aproximadamente. Ahora bien, previo al evento del año 2012, sólo existían ocho alcantarillas de descarga al mismo, con las que se pretendía drenar la totalidad del área en cuestión.

El punto de cierre del sistema se materializa por medio de alcantarillas de cruce, las que se corresponden a las existentes al Norte de la localidad; esto es en relación a las vías férreas y a la Ruta Provincial N°1, según Figura 49.



Figura 49: Ubicación del punto de cierre de la canalización principal

4.4.2 Levantamiento topográfico

4.4.2.1 Microcuencas urbanas

Con el objeto de analizar la escorrentía de las aguas pluviales, dentro del ejido urbano, es que se realizó un levantamiento topográfico, cuya extensión abarcó aproximadamente 42 Manzanas. El sector en cuestión estuvo comprendido entre el Boulevard 9 de Julio - calle España (sentido Oeste-Este); y entre calle Güemes - calle Itzaingó (sentido Sur-Norte), tal como se visualiza en la Figura 50.

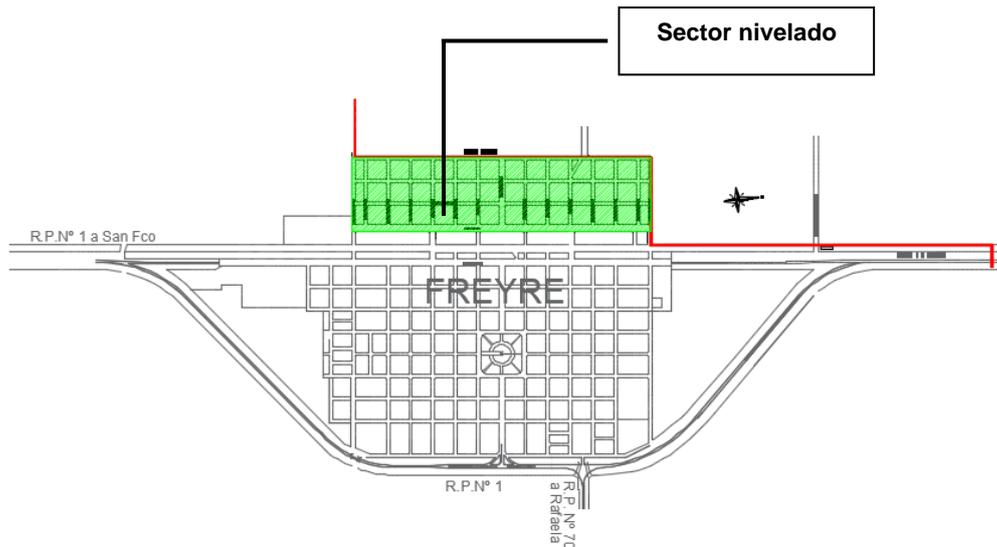


Figura 50: Sector nivelado según planificación

Partiendo del reconocimiento realizado en 2013, y teniendo en consideración la ubicación que presentaban las alcantarillas en relación al colector principal, se puede afirmar que ha existido una intencionalidad por generar un determinado número de unidades hidrológicas, tendientes a descargar el excedente hídrico sobre el colector principal. Lo anterior se refleja en la Figura 51, cuyo análisis se corresponde con la primera etapa de nivelación.

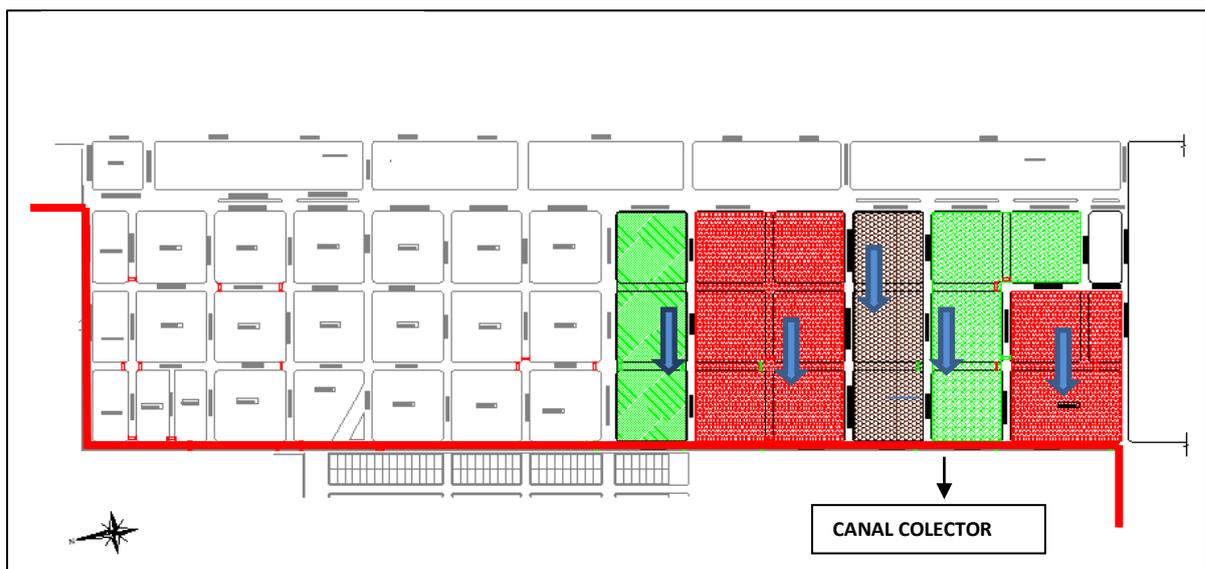


Figura 51: Microcuencas urbanas correspondientes al sector oeste

La nivelación realizada en el sector implicó el relevamiento de una gran cantidad de puntos por Manzana; entre ellos:

- Fondo de cuneta.
- Centro de calle.
- Umbrales.
- Intrauno en la entrada de los tubos.
- Intrauno en la salida de los tubos.

A su vez, se materializó el posicionamiento de los puntos fijos que sirvieron de referencia, siendo que no existían registros de los mismos. Del mismo modo, y por medio de la nivelación, se demostró fehacientemente el número de unidades hidrológicas existentes.

4.4.2.2 Metodología de trabajo

Con el objeto de planificar adecuadamente la nivelación a realizar, es que inicialmente se evaluó el número de puntos a considerar, los que en esencia brindarían la información necesaria en relación al objetivo propuesto. Tal es así, que se optó por dividir al sector urbano en tres zonas (Figura 52), cuyas superficies fueron relativamente equivalentes.

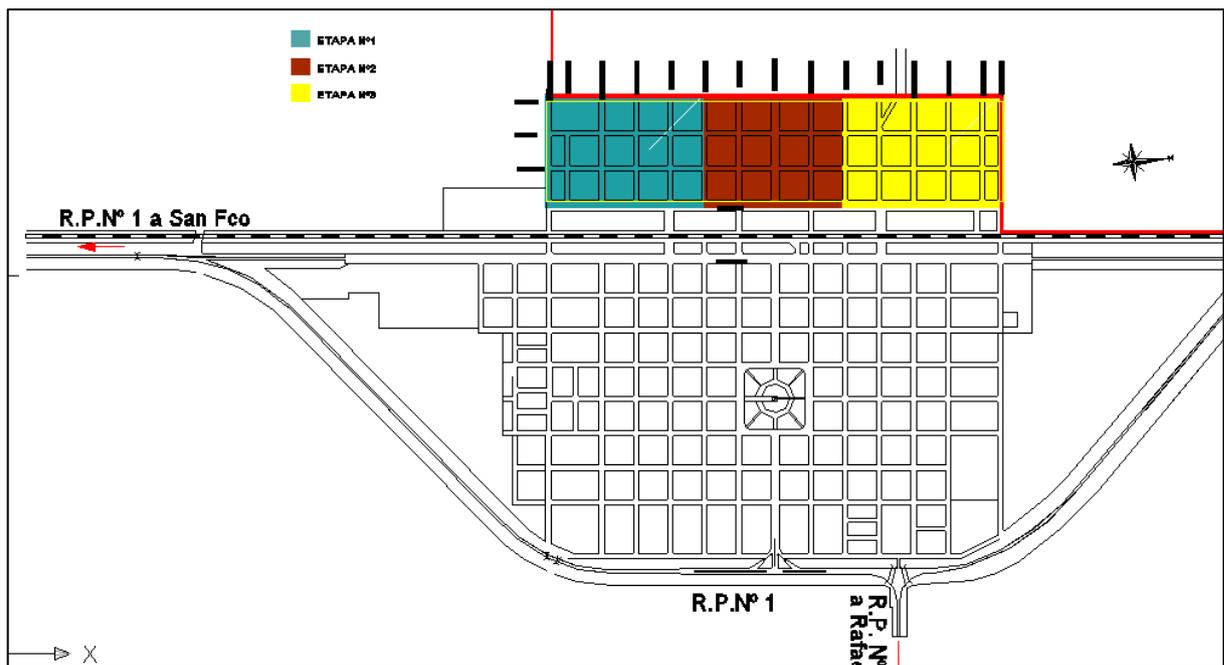


Figura 52: Etapas propuestas para la nivelación

4.4.2.2.1 Instrumental utilizado

Para el estudio técnico y descriptivo del terreno se hizo uso del siguiente instrumental topográfico:

- Nivel Óptico Topcon At-G6.
- Regla de nivelación telescópica.
- Cinta métrica con extensión de 30 m.



Figura 53: Instrumental utilizado para la nivelación

4.4.2.2 Estación por esquinas

Como se podrá observar en la Figura 54, para generar dinamismo en la nivelación, se optó por hacer estación en cada esquina, lo que permitió visualizar una mayor cantidad de puntos.

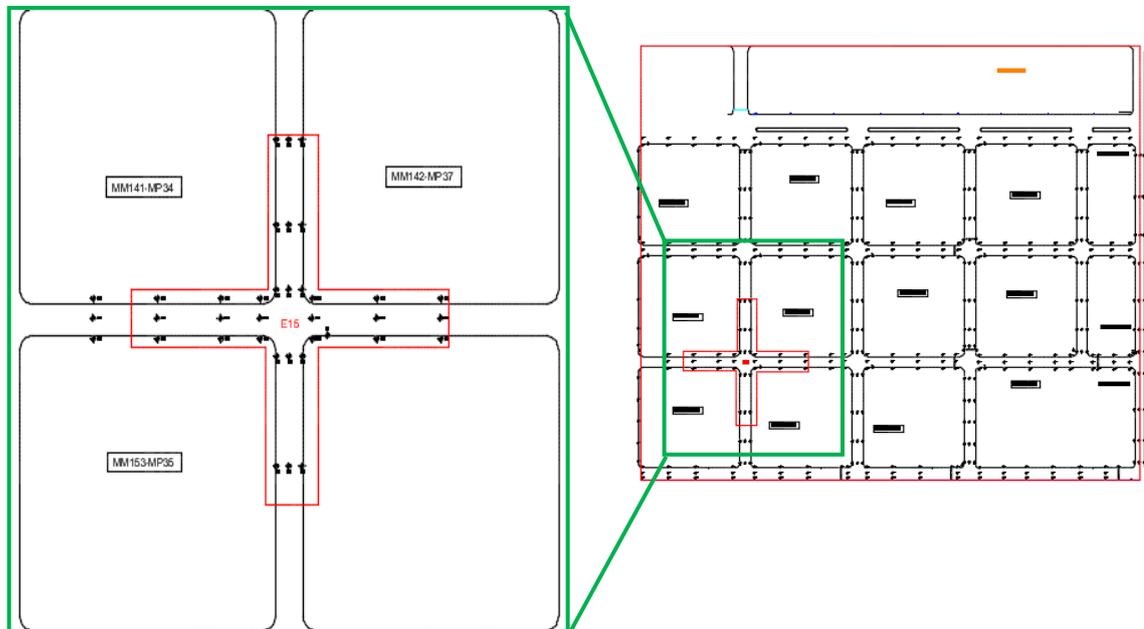


Figura 54: Representación de la metodología adoptada para la nivelación

4.4.2.2.3 Numeración de los puntos a visualizar

La forma de identificar cada punto se debe a una secuencia lógica, donde la descripción de cada uno de ellos y, por zona, corresponde a una numeración que se inició de abajo hacia arriba; para luego continuar de derecha a izquierda, según se plasma en la Figura 55.

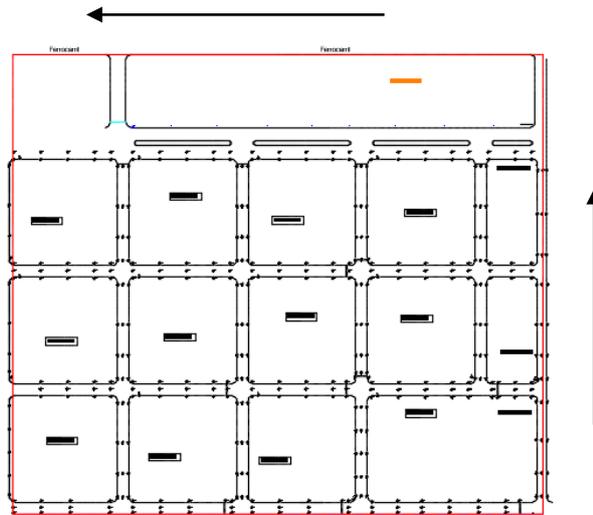


Figura 55: Modalidad para numerar los puntos a visar

4.4.2.2.4 Modelo de planillas de nivelación

El modo de registrar cada uno de los valores fue a través de planillas, cuyo formato tipo se plasma en la Tabla 2.

Tabla 2: Planilla modelo utilizada en la nivelación del ejido urbano

ESTACIÓN "15"					
PUNTO VISADO	LECTURA		PLANO VISUAL	COTA	OBSERVACIONES
	ATRÁS	ADELANTE			
156	1.29		11.62	10.33	Punto fijo
279		1.42	11.62	10.2	Fondo de cuneta
280		1.31	11.62	10.31	Eje de calle
281		1.55	11.62	10.07	Fondo de cuneta
282		1.32	11.62	10.3	Fondo de cuneta
283		1.22	11.62	10.4	Eje de calle
284		1.33	11.62	10.29	Fondo de cuneta
148		1.36	11.62	10.26	Fondo de cuneta
144		1.21	11.62	10.41	Fondo de cuneta
150		1.57	11.62	10.05	Fondo de cuneta
151		1.27	11.62	10.35	Fondo de cuneta
152		1.25	11.62	10.37	Eje de calle
153		1.32	11.62	10.3	Fondo de cuneta
147		1.5	11.62	10.12	Fondo de cuneta
146		1.17	11.62	10.45	Eje de calle
145		1.35	11.62	10.27	Fondo de cuneta
144		1.32	11.62	10.3	Fondo de cuneta
143		1.25	11.62	10.37	Eje de calle
142		1.78	11.62	9.84	Punto fijo
285		1.64	11.62	9.98	Fondo de cuneta
286		1.2	11.62	10.42	Eje de calle
287		1.45	11.62	10.17	Fondo de cuneta
288		1.58	11.62	10.04	Fondo de cuneta
289		1.25	11.62	10.37	Eje de calle
290		1.19	11.62	10.43	Fondo de cuneta
291		1.55	11.62	10.07	Fondo de cuneta
292		1.16	11.62	10.46	Eje de calle
293		1.27	11.62	10.35	Fondo de cuneta

4.4.2.3. Sentido del escurrimiento según nivelación

Conforme los resultados obtenidos, se consolidó la hipótesis de no responder el sistema a una planificación adecuada. Es decir, partiendo de la idealización de las unidades hidrológicas urbanas, las que surgieron de considerar la ubicación de cada una de las alcantarillas existentes, se concluyó que eran varios los sectores que, debido a las características físicas que presentaban, no permitían un adecuado escurrimiento del agua pluvial; más aún, existían otros cuyo sentido de escorrentía resultaban ser opuesto a los que teóricamente debían evidenciarse, ello para una descarga adecuada.

A partir de la discretización por sectores, análisis que se realizó mediante el procesamiento de la información registrada, se determinaron las zonas donde era imperiosa la necesidad de iniciar labores técnicas, tendientes a lograr un mejor funcionamiento del sistema de desagüe pluvial. Dichos sectores se los ha resaltado en color rojo (Figura 56), ello en marco de ir comprendiendo la dinámica hídrica del sector Oeste de Freyre. Así mismo, por medio de la figura 57 se puede observar el sentido que la corrida de agua presentaba, sobre todo en las zonas en donde se efectuó la nivelación y cuyas líneas de flujo se corresponden en su mayoría a cunetas existentes.

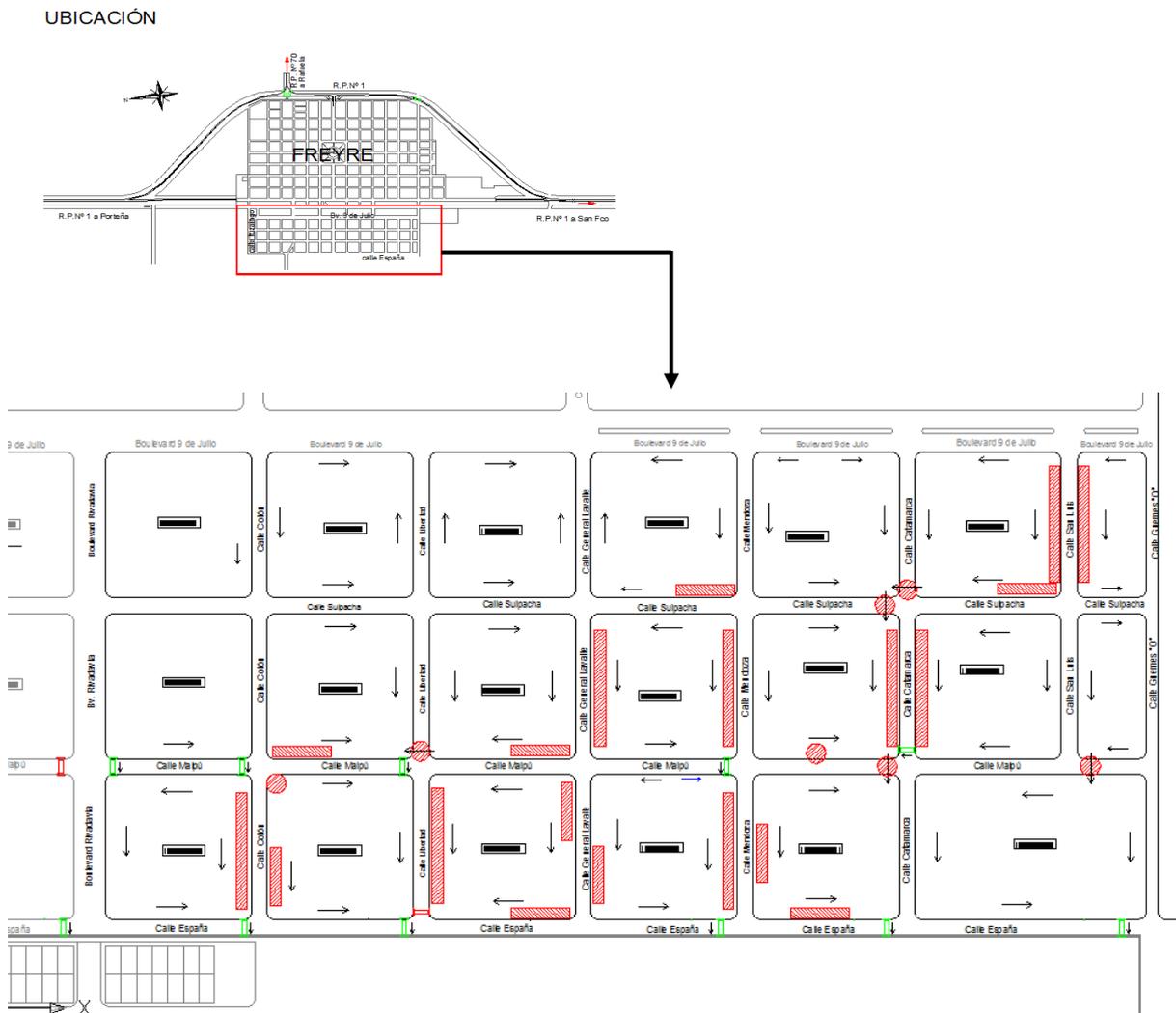


Figura 56: Sectores que evidencian un drenaje ineficiente

4.4.2.4 Perfil longitudinal del canal principal del año 2012

Fruto del relevamiento, se constató que el canal perimetral principal presentaba una longitud de 3362.30 m, desde el punto de inicio (intersección de las calles Güemes y España) al punto considerado como descarga, tal y como se aprecia en la Figura 58.



Figura 58: Características del canal principal en diversas progresivas del mismo

Partiendo de las labores y estudios planialtimétricos realizado por el Ingeniero Tarallo G. en 2014, sobre el canal Oeste (calle España), se puede afirmar que existían tramos del mismo que presentaban pendiente negativa, y en consecuencia una traza irregular en relación a la solera del mismo, todo ello reflejado mediante las Figuras 59 A y 59 B. Así mismo, se resalta otra de las cualidades que caracterizaban al canal, como lo era la escasa pendiente, siendo ésta de solo 0.39 m en torno a su longitud total (3362.30 m).

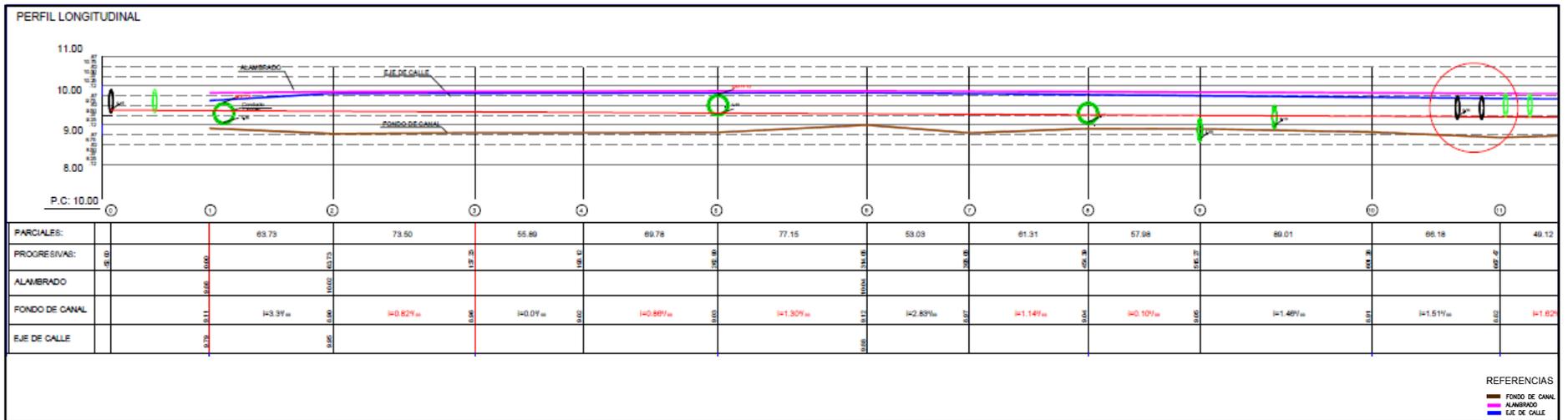


Figura 59 A: Perfil longitudinal canal existente en el año 2012 - progresiva 0.00 m a 667.46 m.

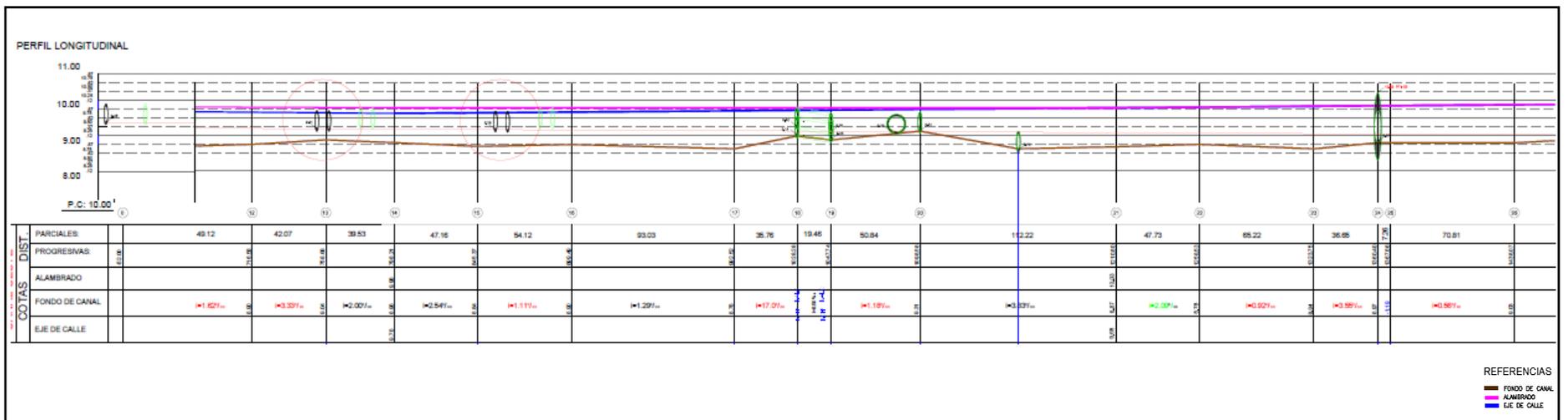


Figura 59 B: Perfil longitudinal canal existente en el año 2012 - progresiva 667.46 m a 1438.07 m.

Por medio de la Tabla 3, se presenta el formato de planilla conformada con el fin de valorar las características geométricas e hidráulicas del colector principal; y así poder determinar los requerimientos técnicos según los eventos considerados.

Tabla 3: Valoración de los parámetros característicos - Canal año 2012

VALORACIÓN CANALIZACIONES AÑO 2012											
SECTOR	TRAMO	PARÁMETROS - CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS									
		Longitud m	Tirante m	Ancho solera m	Talud (H:V)	Cota fondo de Canal		Pendiente m/m	Valor absoluto pendiente	n Manning	
						Punto inicio	Punto Salida				
OESTE (Calle España)	0 1	52.00	0.91	1.48	0.5:1	9.46	9.11	0.00673	0.00673	0.035	
	1 2	63.73	1.12	1.27	0.5:1	9.11	8.9	0.00330	0.00330	0.035	
	2 3	73.50	0.85	1.54	0.5:1	8.90	8.96	-0.00082	0.00082	0.035	
	3 4	55.89	0.85	1.54	0.5:1	8.96	9.02	-0.00107	0.00107	0.035	
	4 5	69.78	0.90	1.49	0.5:1	9.02	9.03	-0.00014	0.00014	0.035	
	5 6	77.15	0.82	1.57	0.5:1	9.03	9.12	-0.00117	0.00117	0.035	
	6 7	53.03	1.06	1.33	0.5:1	9.12	8.97	0.00283	0.00283	0.035	
	7 8	61.31	0.84	1.55	0.5:1	8.97	9.04	-0.00114	0.00114	0.035	
	8 9	57.98	0.90	1.49	0.5:1	9.04	9.05	-0.00017	0.00017	0.035	
	9 10	89.01	1.05	1.34	0.5:1	9.05	8.91	0.00157	0.00157	0.035	
	10 11	66.18	1.00	1.39	0.5:1	8.91	8.82	0.00136	0.00136	0.035	
	11 12	49.12	0.83	1.56	0.5:1	8.82	8.9	-0.00163	0.00163	0.035	
	12 13	42.07	0.77	1.62	0.5:1	8.90	9.04	-0.00333	0.00333	0.035	
	13 14	39.53	0.99	1.40	0.5:1	9.04	8.96	0.00202	0.00202	0.035	
	14 15	47.16	1.03	1.36	0.5:1	8.96	8.84	0.00254	0.00254	0.035	
	15 16	54.12	0.85	1.54	0.5:1	8.84	8.9	-0.00111	0.00111	0.035	
	16 17	93.03	1.03	1.36	0.5:1	8.90	8.78	0.00129	0.00129	0.035	
	17 18	35.76	0.55	1.85	0.5:1	8.78	9.14	-0.01007	0.01007	0.035	
	18 19	19.46	1.00	1.39	0.5:1	9.14	9.05	0.00462	0.00462	0.035	
	19 20	50.84	0.65	1.75	0.5:1	9.05	9.31	-0.00511	0.00511	0.035	
	20 21	112.22	1.35	1.04	0.5:1	9.31	8.87	0.00392	0.00392	0.035	
	21 22	47.73	1.00	1.39	0.5:1	8.87	8.78	0.00189	0.00189	0.035	
	22 23	65.22	0.85	1.54	0.5:1	8.78	8.84	-0.00092	0.00092	0.035	
	23 24	36.65	0.78	1.61	0.5:1	8.84	8.97	-0.00355	0.00355	0.035	
NORTE (Calle Ituzzaingó)	24 25	7.26	0.90	1.49	0.5:1	8.97	8.98	-0.00138	0.00138	0.035	
	25 26	70.81	0.86	1.53	0.5:2	8.98	9.03	-0.00071	0.00071	0.035	
	26 27	74.15	0.86	1.53	0.5:3	9.03	9.08	-0.00067	0.00067	0.035	
	27 28	64.20	0.92	1.48	0.5:4	9.08	9.075	0.00008	0.00008	0.035	
	28 29	51.48	0.92	1.47	0.5:5	9.08	9.06	0.00029	0.00029	0.035	
	29 30	55.08	1.14	1.25	0.5:6	9.06	8.83	0.00418	0.00418	0.035	
	30 31	59.13	0.80	1.59	0.5:7	8.83	8.94	-0.00186	0.00186	0.035	
(Calle 25 de Mayo)	31 32	62.40	1.30	1.09	0.5:8	8.94	8.55	0.00625	0.00625	0.035	
	32 33	45.77	0.86	1.53	0.5:9	8.55	8.6	-0.00109	0.00109	0.035	
	33 34	44.63	0.99	1.40	0.5:10	8.60	8.52	0.00179	0.00179	0.035	
	34 35	101.74	0.93	1.46	0.5:11	8.52	8.5	0.00020	0.00020	0.035	
	35 36	99.35	1.06	1.33	0.5:12	8.50	8.35	0.00151	0.00151	0.035	
	36 37	75.83	0.93	1.46	0.5:13	8.35	8.33	0.00026	0.00026	0.035	
	37 38	82.85	0.94	1.45	0.5:14	8.33	8.3	0.00036	0.00036	0.035	
	38 39	85.12	0.89	1.50	0.5:15	8.30	8.32	-0.00023	0.00023	0.035	
	39 40	101.98	1.03	1.36	0.5:16	8.32	8.2	0.00118	0.00118	0.035	
	40 41	36.40	0.29	2.11	0.5:17	8.20	8.82	-0.01703	0.01703	0.035	
	41 42	883.67	1.01	1.38	0.5:18	8.72	8.72	0.00000	0.00000	0.035	

4.4.2.5 Valoración del sistema de alcantarillado

Como se podrá apreciar en la Figura 60, las alcantarillas de cruce estaban conformadas por tubos de diámetro 400mm, donde el estado de algunos de ellos no era el óptimo. A su vez, resulta conveniente expresar que dicho diámetro no fue determinado en base a estudios hidráulicos, mediante los cuales se hubiese garantizado un adecuado desempeño del sistema, ello en relación a caudales de cierta magnitud.

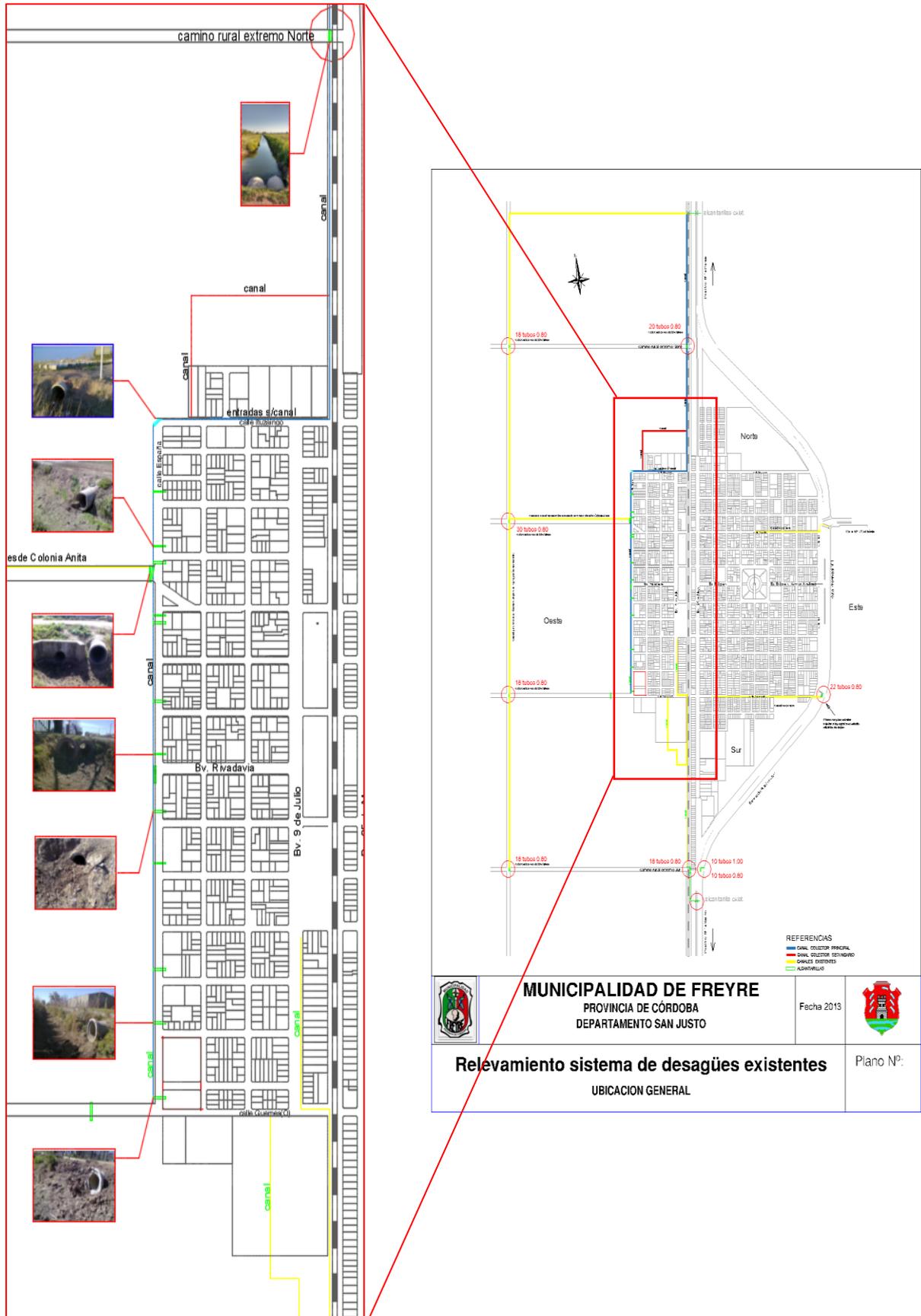


Figura 60: Alcantarillas existentes hasta el año 2014

4.4.3 Obras desarrolladas en el sector Oeste en el año 2017

Frente a la necesidad de dar respuesta a la problemática expuesta, es que en el año 2016 se inició el proyecto de desagües denominado “Peri-Rurales”⁶. A la fecha, las obras que ejecuta el gobierno de Córdoba, con el apoyo del municipio local, registra un avance del 95%.

Como dato de importancia, cabe resaltar que la traza original del “canal colector principal” fue desplazada aproximadamente 70 m hacia el Oeste, recibiendo éste las descargas de las microcuencas urbanas por medio de sistemas de bocas de tormenta y canalizaciones internas. Lo anteriormente expresado se representa mediante la Figura 61.

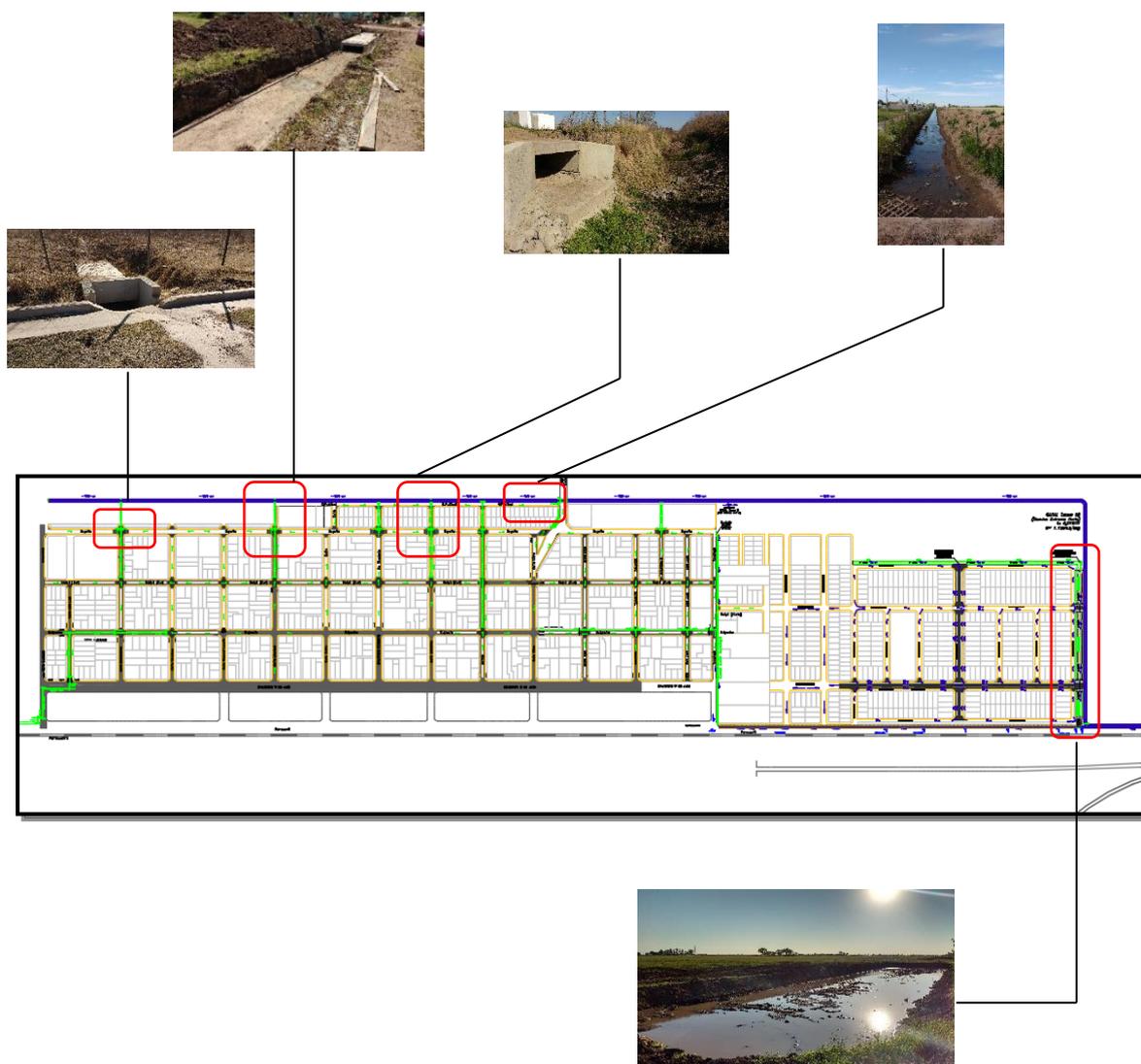


Figura 61: Obras realizadas en marco del Proyecto de desagües “Peri-Rurales” (Fuente: adaptado del Proyecto Desagües Perirurales, 2018)

⁶ Obra de sistematización de desagües del sector oeste de Freyre, la cual forma parte del Plan Director Hídrico, financiada con fondos aportados por el gobierno de la provincia de Córdoba a través de la Comunidad Regional San Justo.

4.4.4 Resultados puntuales

Producto de la nivelación, se pudo comprender aún más la problemática sufrida en el año 2012. Por medio de la Figura 62, se observa cómo la capacidad de conducción del colector principal fue superada, al punto de no cumplimentar la funcionalidad para el cual fue proyectado.

Asimismo, se resalta la dinámica hídrica del sector, cuyo análisis y valoración de caudales fueron tratados convenientemente en el Capítulo 9. No obstante, se visualiza que los mismos han sido de una magnitud tal que saturaron el sistema de desagües en su totalidad.



Figura 62: Anegamientos evidenciados durante el relevamiento aéreo del año 2012

4.4.5 Conclusiones

El diseño y funcionamiento del entramado de captación y conducción, de las aguas pluviales, no respondía a las condiciones y parámetros que debieran tenerse en cuenta para un desempeño adecuado.

Se evidenció una falta de mantenimiento en las canalizaciones existentes, principalmente en lo que respecta a intensidad de la tarea, la cual es sólo de modo parcial, incompleto e ineficiente.

La localidad de Freyre carecía de un adecuado sistema de desagües pluviales que satisfaga las necesidades planteadas, situación que se agravó en torno a las cualidades de la zona, cuyo denominador común son la escasa pendiente y el nivel freático muy alto.

El anexo de un mayor número de alcantarillas de descarga al canal principal, luego del año 2012, no se correspondió a un estudio detallado al respecto, sino más bien a una necesidad de dar solución inmediata a un sector del pueblo cuyo nivel de agua generó consecuencias negativas en materia de infraestructura y salud pública.

Asimismo, se debe dejar en claro que si hubiese existido un sistema de desagües de aguas pluviales adecuado, con estudios hidráulicos e hidrológicos que lo fundamenten, el mismo hubiera colapsado, dado que el evento ocurrido en el mes de diciembre del año 2012 fue extraordinario, sobre todo si se considera que precipitaron 449mm, lo que equivale a expresar que los caudales erogados fueron muy superiores a los que se hubiesen generado con tiempos de recurrencia del orden de los 5, 10 y 25 años, por ejemplo.

En otras palabras, y por medio de la Figura 60, se puso de manifiesto no sólo la falta de mantenimiento, sino también el estado inapropiado que presentaban los tubos que descargaban las aguas pluviales hacia el canal principal.

Finalmente, y en relación al comportamiento del escurrimiento observado, se resalta que, si se parte de considerar eventos asociados a lluvias ordinarias, en la mayoría de los sectores se aprecia un escurrimiento escaso, donde el agua se infiltra prácticamente en el lugar donde se ocasiona la lluvia, producto de las pendientes extremadamente bajas. Así mismo de existir excedentes, éste alcanza las cunetas y con cierta lentitud sigue la pendiente natural de las mismas. Sin embargo, para lluvias asociadas a recurrencia elevadas y de larga duración, el agua tiende a circular por los caminos rurales. Por lo expuesto, es de esperarse una acumulación de agua, sobre todo en zonas deprimidas; más aún si se considera que las características naturales de la macrocuenca han sido alteradas por acciones antrópicas.

4.5 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS

4.5.1 Características morfométricas de la microcuenca

Una vez concluida la delimitación de la macrocuenca en estudio, se procedió a la identificación de todas las características morfométricas de la misma, mencionadas anteriormente en la sección 1.2.1. A partir de esto, fue posible conocer de un modo más certero la respuesta y comportamiento de la microcuenca frente a precipitaciones de gran magnitud. Para la determinación de dichas características, fue necesario conocer las longitudes de los cauces, las áreas de subcuencas y las pendientes; datos obtenidos del relevamiento y posterior cómputo de toda la información disponible. Así mismo, se hizo uso de algunas funciones del programa informático "AutoCad", en su versión 2015.

En función de lo expuesto, y por medio de la tabla 4, se detallan las características que presentaba la microcuenca hasta el año 2014.

Tal y como se expresa en el Capítulo 9, el análisis se circunscribe en considerar 17 unidades hidrológicas, existentes en el año 2012, según la distribución del sistema de alcantarillado y descargas, todo ello en relación al colector principal.

Tabla 4: Parámetros característicos microcuenca - Año 2014

DATOS CUENCAS						
SUBCUENCAS CUENCA OESTE - FREYRE						
SUBCUENCA	PARAMETROS GEOMÉTRICOS					
	AREA (m ²)	LONGITUD (m)	DESNIVEL (m)	PENDIENTE (m/m)	AREA (Km ²)	Area (ha)
URB-I	25944.00	567.00	0.30	0.000529	0.0259	2.594400
URB-II	52020.00	335.00	0.20	0.000597	0.0520	5.202000
URB-III	53304.00	322.00	0.18	0.000559	0.0533	5.330400
URB-IV	42508.00	325.80	0.17	0.000522	0.0425	4.250800
URB-V	32622.00	412.50	0.20	0.000485	0.0326	3.262200
URB-VI	48281.50	335.00	0.18	0.000537	0.0483	4.828150
URB-VII	25969.00	324.00	0.20	0.000617	0.0260	2.596900
URB-VIII	37351.00	367.00	0.15	0.000409	0.0374	3.735100
URB-IX	97839.00	605.00	0.26	0.000430	0.0978	9.783900
URB-X	23715.90	98.00	0.03	0.000306	0.0237	2.371590
URB-XI	55032.00	295.00	0.12	0.000407	0.0550	5.503200
RURAL-I	460780.00	1070.00	0.25	0.000234	0.4608	46.078000
RURAL-II	235455.50	859.30	0.25	0.000291	0.2355	23.545550
RURAL-III	229237.90	863.00	0.25	0.000290	0.2292	22.923790
RURAL-IV	418459.60	887.00	0.25	0.000282	0.4185	41.845960
RURAL-V	256093.70	846.00	0.25	0.000296	0.2561	25.609370
RURAL-VI	832805.70	1338.50	0.25	0.000187	0.8328	83.280570

4.5.2 Tiempo de concentración (Tc)

Se define “Tc”, al tiempo mínimo necesario para que todos los puntos de una cuenca estén aportando agua de escorrentía de forma simultánea al punto de salida, punto de desagüe o punto de cierre. En esencia, está determinado por el tiempo que tarda en llegar a la salida de la cuenca el agua que procede del punto hidrológicamente más alejado, y representa el momento a partir del cual el caudal de escorrentía es constante.

Existen múltiples expresiones para el cálculo del tiempo de concentración propuestas por diferentes autores: Temez (1991); Williams (1922); Kirpich (1940); California Culvert Practice (1955); Giandotti (1934); S.C.S (1986); Ventura-Heras (Henderson y Wooding, 1964); Bransby Williams (1922); Pasini (1914); Izzard (1946); Federal Aviation Administration (1970); USACE (1962); Morgan y Linsley (1965), Aron y Enborge (1973).

4.5.2.1 Fórmulas consideradas para estimar el tiempo de concentración

- **Método de California:** Conocida también como La fórmula de California Culverts Practice. Esencialmente es la ecuación de Kirpich, desarrollada para pequeñas cuencas montañosas en California (Chow, 1994).

$$tc = 0.871 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385} \quad (5)$$

Siendo:

- L: longitud del cauce más largo en km.
 - H: desnivel máximo de la cuenca en m.
 - tc: tiempo de concentración expresado en horas (h).
- **Método de Kirpich:** Utilizable en cuencas de tamaño medio, pendiente considerable y diseñada para suelos dedicados al cultivo. Este indicador fue propuesto por Kirpich (1940), cuya expresión matemática es la siguiente (Wanielista, 1997):

$$tc = 0.066 \left(\frac{L}{\sqrt{i}} \right)^{0.77} \quad (6)$$

Siendo:

- L: longitud del cauce más largo en Km.
 - i: pendiente media de la cuenca (m/m).
 - tc: tiempo de concentración expresado en horas (h).
- **Método de Bransby – Williams** (Pilgrim y Cordery, 1993)

$$tc = 0.243 \frac{L}{A^{0.1} S^{0.2}} \quad (7)$$

Siendo:

- tc: Tiempo de concentración, en horas (h).
 - L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).
 - A: Área de drenaje de la hoya, en kilómetros cuadrados (km²).
 - S: Pendiente del cauce principal, en metros por metro (m/m).
- **Método del cuerpo de Ingenieros de EE.UU.**

$$tc = 0.3 L^{0.76} S^{-0.19} \quad (8)$$

Donde:

- Tc: Tiempo de concentración (h).
- L: Longitud del cauce (Km).
- S: Pendiente promedio del cauce (m/m).

4.5.2.2 Estimación de los tiempos de concentración hasta el año 2014

Se han calculado los tiempos de concentración teniendo en cuenta las distintas variables que integran cada una de las formulaciones anteriormente mencionadas y cuyos resultados se encuentran contenidos en la Tabla 5.

Tabla 5: Tiempos de concentración

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN [min]				LAG-TIME [min]
KIRPICH	CUERPO DE ING. EEUU	BRANSBY-WILLIAMS	California Culverts Practice	
46.89	49.32	53.93	46.96	28.13
29.85	32.48	29.01	29.89	17.41
29.69	31.93	28.19	29.74	16.91
30.77	32.63	29.58	30.82	17.75
37.96	39.50	39.02	38.01	22.77
31.08	33.14	29.85	31.13	17.91
28.72	31.48	29.88	28.76	17.23
37.05	37.38	35.44	37.10	21.26
53.40	53.86	52.53	53.48	31.52
14.98	14.67	10.49	15.00	6.30
31.37	31.76	27.43	31.42	16.46
104.74	92.74	89.88	104.90	53.93
81.30	75.47	73.88	81.43	44.33
81.71	75.77	74.46	81.83	44.68
84.34	77.75	72.46	84.47	43.48
79.85	74.37	71.91	79.97	43.14
135.64	114.47	110.83	135.85	66.50

4.5.2.3 Estimación de los tiempos de concentración, según proyecto propuesto

Conforme a las diversas alternativas planteadas y posterior verificación, es que se llegó al planteo de una propuesta para el cual fue necesario la determinación de los nuevos parámetros físicos que caracterizan a la microcuenca; esto, por la simple razón de haberse modificado la configuración de las áreas de aporte. En la Tabla 6, se presenta el tiempo de concentración según cálculos.

Tabla 6: Tiempos de concentración – nuevo proyecto

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN [min]				LAG-TIME [min]
KIRPICH	CUERPO DE ING. EEUU	BRANSBY-WILLIAMS	California Culverts Practice	
20.76	25.41	21.31	20.79	12.45
38.78	40.20	37.46	38.84	22.47
26.94	29.50	24.51	26.98	14.71
22.29	25.11	20.65	22.33	12.39
17.45	20.99	17.92	17.48	10.47
22.22	25.21	22.47	22.25	13.33
29.36	32.05	32.11	29.41	17.62
28.85	32.63	27.48	28.89	16.49
49.43	38.76	35.26	49.51	21.16
47.24	44.32	40.67	47.32	24.40
78.10	68.58	65.73	78.22	39.44
104.74	92.74	89.82	104.90	53.89
81.30	75.47	73.97	81.43	44.38
81.71	75.77	74.47	81.83	44.68
84.34	77.75	72.56	84.47	43.53
79.85	74.37	71.75	79.97	43.05
89.08	81.29	78.53	89.21	47.12
85.21	78.41	76.00	85.35	45.60

CAPÍTULO 5

ELABORACIÓN DE MAPAS BASE TOPOGRÁFICO

5.1 CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS

El Plano Base Topográfico resultó del compendio de la totalidad de la información de distintas fuentes puestas bajo el mismo sistema de coordenadas (WGS 1984- UTM- Zona 20S). El mapa base topográfico está compuesto por:

- Todos los puntos contenidos en las cartas topográficas del IGN de la zona.
- Información de curvas de nivel e imágenes satelitales en mosaico de la zona.
- Planimetría unificada de antecedentes y bases recopiladas.
- Información de topografía radar.

La información ha sido plasmada en planos (ver Anexo XII), siendo necesaria la tabulación de todos los puntos acotados, y cuyas coordenadas permitieron una adecuada caracterización en los programas utilizados. Vale resaltar que dicho mapa fue integrado al programa Google Earth, por medio de la conversión de archivos a formato Kmz.

5.1.1 El Modelo Digital de Terreno (MDT)

Uno de los elementos básicos de cualquier representación digital de la superficie terrestre son los Modelos Digitales de Terreno (MDT), los que constituyen la base para un gran número de aplicaciones en ciencias de la Tierra, ambientales e ingenierías de diverso tipo.

Se denomina MDT al conjunto de capas, generalmente raster⁷, que representan distintas características de la superficie terrestre derivadas de una capa de elevaciones a la que se denomina Modelo Digital de Elevaciones (MDE). Aunque algunas definiciones incluyen dentro de los MDT prácticamente cualquier variable cuantitativa regionalizada, aquí se prefiere limitar el MDT al conjunto de capas derivadas del MDE.

El trabajo con un MDT incluye las siguientes fases, las cuales no son necesariamente consecutivas en el tiempo:

- Generación del MDE.
- Manipulación del MDE para obtener otras capas del MDT (pendiente, orientación, curvatura, entre otras).
- Visualización en dos dimensiones o mediante levantamientos 3D de todas las capas para localizar errores.
- Aplicación, como variable independiente en un modelo de regresión que haga una estimación de la temperatura a partir de la altitud.
- Análisis del MDT (estadístico, morfométrico, entre otros).

⁷ Un ráster consta de una matriz de celdas (o píxeles) organizadas en filas y columnas (o una cuadrícula) en la que cada celda contiene un valor que representa información.

Una de las razones por las que estas fases se solapan es que en muchos casos la manipulación, la visualización y el análisis permiten descubrir errores en el MDE. De este modo, se vuelve a la primera fase y se genera un MDE mejorado.

5.1.2 El Modelo Digital de Elevaciones (MDE)

5.1.2.1 Estructuras de codificación de la elevación

Un Modelo Digital de Elevaciones puede representarse de forma genérica mediante la ecuación $z = f(x, y)$, la cual define un campo de variación continua. La imposibilidad de resolver la ecuación anterior, para todos los puntos del territorio, obliga a definir elementos discretos sobre el mismo que permitan simplificar la codificación de la elevación. Las más habituales son:

- **Curvas de nivel:** se trata de líneas, definidas por tanto como una sucesión de pares de coordenadas, que tienen como identificador el valor de la elevación en cada uno de los puntos de la línea. Generalmente el intervalo entre valores de las curvas de nivel es constante.
- **Red Irregular de Triángulos (TIN):** a partir de un conjunto de puntos, en los que se conoce la elevación, se traza un conjunto de triángulos, formados por tripletas de puntos cercanos no colineales, formando un mosaico. En ocasiones se parte de las curvas de nivel que, tras descomponerse en un conjunto de puntos, genera una red irregular de triángulos. En este caso hay que tener en cuenta que pueden formarse triángulos a partir de puntos extraídos de la misma curva de nivel, por tanto con el mismo valor, que darán lugar a triángulos planos. Tienen entre sus ventajas el adaptarse mejor a las irregularidades del terreno, ocupar menos espacio y dar muy buenos resultados a la hora de visualizar modelos en 3D o determinar cuencas visuales. Entre los inconvenientes destaca un mayor tiempo de procesamiento y el resultar bastante ineficientes cuando se intenta integrarlos con información de otro tipo, en definitiva hay que utilizarlos para interpolar una capa raster como se vio en el tema anterior.
- **Formato raster:** es el más adecuado para la integración de las elevaciones en un SIG ya que va a permitir la utilización de diversas herramientas para la obtención de nuevos mapas a partir del MDE.

5.1.2.2 Validación de un Modelo Digital de Elevaciones. Detección y corrección de errores

Al igual que con cualquier otra variable espacial interpolada, es necesario validar un MDE tras su obtención. Su calidad estriba en el tipo y magnitud de los errores cometidos, cuya aparición es inevitable ya que se trata de un modelo, por tanto inherentemente impreciso.

En el caso de las elevaciones, una buena validación requiere algo más de atención, debido especialmente a que:

Constituye la información de partida para diversos análisis medioambientales y de ordenación posteriores. La pendiente, por ejemplo, es un parámetro clave en muchas aplicaciones.

Resulta relativamente sencillo obtener información de gran riqueza para la validación a partir de las diversas capas que forman el MDT. La elevación es además una variable permanente y más fácil de medir sobre el terreno que otras.

Los procedimientos de interpolación a partir de curvas de nivel pueden generar artefactos, se trata de geoformas artificiales que afectan dramáticamente la calidad del MDE.

La calidad de un MDE en formato raster va a depender tanto de los errores presentes en los datos con los que se ha construido como del procedimiento de interpolación que se ha llevado a cabo. Los errores debidos a los diversos métodos de interpolación ya se expusieron en el tema anterior. Los errores de los datos de partida pueden ser de dos tipos:

- **Errores posicionales** implican una mala localización geográfica de la cota o la curva de nivel y afectan, por tanto, a la situación en el plano X-Y. Si se trata de puntos tomados en el campo pueden deberse a los errores propios del procedimiento (GPS por ejemplo). Si se trata de curvas de nivel puede deberse a errores en el mapa de partida (o incluso a la generalización de las curvas en mapas de escala 1:200000 o inferior. Pero generalmente se deben al propio proceso de digitalización, a la incorrecta situación del cursor sobre el tablero en el momento de introducir el punto. Puede ser un error aleatorio, generalmente por cansancio, o el denominado error de generalización por el que se tienden a simplificar las formas que se digitalizan. Estos errores introducen una cierta incertidumbre en cuanto a la localización de las líneas. Son difíciles de evitar y detectar a posteriori, como normas generales es preferible digitalizar sobre mapas escaneados y evitar sesiones de trabajo largas.
- **Errores atributivos** suponen una asignación imprecisa de la altitud asociada a la cota o a la curva e implican a las coordenadas en el eje Z. Si se trata de puntos en el campo el origen es el mismo que en el caso anterior. En el caso de curvas de nivel digitalizadas, los errores van a ser de carácter aleatorio, y fácilmente detectables en los mapas derivados del MDE.

5.1.3 Procesamiento de la información mediante Global Mapper

Con el objeto de justificar lo plasmado, respecto de considerar al área de estudio como una zona de escasa pendiente, sumada a la necesidad de representar la superficie topográfica de la misma, es que se ha hecho uso del programa Global Mapper (ver Figura 63). Éste, se configura como una aplicación SIG robusto y de bajo costo, el cual combina una gama completa de herramientas de procesamiento de datos espaciales con acceso a una gran variedad de los formatos de datos. Por medio del mismo, se ha procedido a realizar funciones tales como:

- Obtención e interpretación de la información altimétrica obtenida del IGN.
- Georreferenciación de archivos JPG.
- Generación de perfiles para cualquier combinación de datos de elevación
- Obtención de archivos de elevación en proyecciones geográficas.
- Generación de curvas de nivel y archivos en formato DEM.
- Análisis de cuencas.

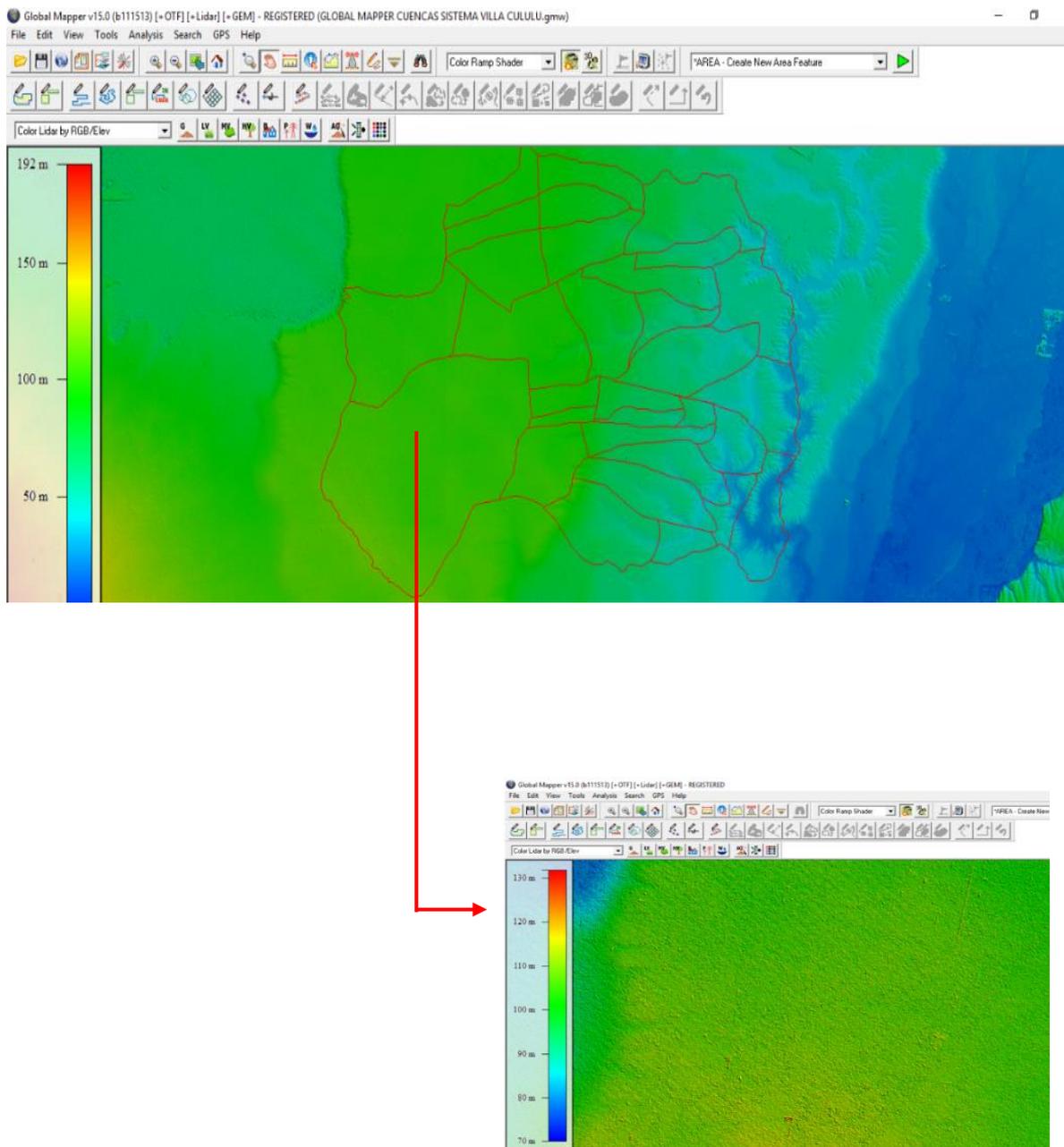


Figura 63: Modelo Digital de Terreno de la región

5.1.4 Procesamiento de la información mediante ArcMap 10.2.1

Del mismo modo, mediante el procesamiento de la información altimétrica de la zona de estudio, se pudo generar un archivo tipo Raster, del cual se obtuvo el TIN y así utilizarla para modelar superficies.

La conversión en una red irregular de triángulos (TIN) permite mejorar el modelo de superficie al agregar entidades, como corrientes y caminos, que no están representadas en el raster original.

Tal como resalta Rosino Messa (2019), los SIG se nutren de una base de datos que contiene la información geográfica almacenada, generalmente en capas. De esta manera se puede conocer la información de un determinado objeto o región de un mapa, cargando una o varias de estas capas del software.

Para la adición de datos en un SIG, uno de los métodos más frecuentes es la digitalización de mapas físicos o la adquisición de datos in-situ con programas que permitan la georreferenciación. Por otro lado, la alta calidad de la ortofotografía (imágenes satelitales y aéreas), permite determinar datos geográficos a partir de dichas imágenes. Posteriormente, se entenderán mejor estos métodos en el momento en que se apliquen al objeto del trabajo.

Los datos se pueden representar de dos maneras en un SIG, como ráster o vectorial. El ráster se utiliza para representar regiones mediante un mallado (celdas), mientras que la representación vectorial permite representar la información geográfica mediante puntos, líneas y polígonos.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) necesitan establecer una fuente de datos de referencia para poder georreferenciar la información sobre puntos, objetos o regiones del mapa con suficiente precisión. Estos datos estarán asociados al sistema de coordenadas de referencia escogido, y este, relacionado con un sistema geodésico de referencia (explicado en el apartado anterior).

Según la Organización Internacional de Normalización (ISO) 19111, se define un Sistema de Referencia de Coordenadas como un sistema de coordenadas que está referido a la Tierra a través de un datum geodésico

Los sistemas de coordenadas de referencia pueden ser de dos tipos:

- Sistema de Coordenadas Geográficas (GCS)
- Sistema de Coordenadas Proyectadas

Por lo expuesto, es que se optó por trabajar bajo un Sistema de Coordenadas Proyectadas, donde el posicionamiento de un punto se indica en dos dimensiones (X, Y) sobre una superficie plana a altitud constante. De este modo, y haciendo uso del programa Google Earth, se utilizó el sistema de proyección Universal Transversal de Mercator (UTM) para poder referenciar ciertos puntos característicos de la localidad, más precisamente aquellos ubicados en el ingreso sur y norte, tal y como se observa en la Figura 65.

Con las coordenadas descritas anteriormente, se procedió hacer uso del programa AutoCAD, lo que permitió luego insertar las Planchetas y escalarlas convenientemente según los puntos descritos. Mediante dicho procedimiento, se crearon un conjunto de "polilíneas", las que vinculaban un total de 11 (once) vértices, y conforme el uso del comando "list" se logró discretizar las coordenadas "X" e "Y" de cada punto, con la posibilidad de exportar dicha información a una planilla de contenidos en formato "Excel", según se detalla en la Tabla 7.

Finalmente, para poder crear el denominado DEM, mediante coordenadas X e Y, fue necesario importar en ArcMap la tabla conformada con dicha información espacial, a la que se añadió el dato correspondiente a la altitud de cada punto (coordenada Z), ello en base a la información contenida en las Planchetas.

Por medio de la Figura 64 no sólo se observa la “malla” de puntos generada, sino también la ubicación de los puntos considerados en la generación del raster. Así mismo, se destaca que fueron 580 los contemplados y cuya información espacial-altimétrica se presenta en las Planchetas del IGM correspondiente a la zona de estudio, cuyo número de hoja son 3163-23-2 y 3163-23-4.



Figura 64: Puntos considerados para la conformación del Raster

Tabla 7: Georreferenciación de puntos - Coordenadas UTM

Sector al que pertenece	Nomenclatura punto	COORDENADAS		
		Posición X	Posición Y	Posición Z
Sector oeste localidad	A15	585375.821	6551273.064	106.87
Sector oeste localidad	A4	585330.761	6551282.498	106.86
Sector oeste localidad	A5	585328.8389	6551287.589	106.76
Sector oeste localidad	A6	585320.8999	6551289.417	106.78
Sector oeste localidad	A7	585311.6312	6551286.332	106.84
Sector oeste localidad	A10	585269.8422	6551298.825	106.87
Sector oeste localidad	A11	585242.7099	6551304.329	106.87
Sector oeste localidad	BB29	585219.6895	6551319.843	106.88
Sector oeste localidad	A31	585207.2214	6551311.729	106.92
Sector oeste localidad	A32	585180.3021	6551313.897	106.84
Sector oeste localidad	A35	585134.6013	6551323.485	106.84
Sector oeste localidad	A36	585133.1032	6551327.201	107.04
Sector oeste localidad	A48	585131.5557	6551336.381	106.52
Sector oeste localidad	A47	585127.5203	6551337.187	106.64
Sector oeste localidad	A46	585123.8497	6551338.168	106.65
Sector oeste localidad	A41	585114.4268	6551336.282	106.79
Sector oeste localidad	A42	585111.2807	6551333.859	105.75
Sector oeste localidad	A40	585103.8636	6551338.347	107.44
Sector oeste localidad	AA20	585420.7592	6551288.134	106.87
Sector oeste localidad	AA21	585335.8393	6551305.11	106.87
Sector oeste localidad	AA22	585321.1303	6551308.05	106.87
Sector oeste localidad	AA23	585236.2103	6551325.026	106.87
Sector oeste localidad	BB26	585233.5435	6551325.657	106.50
Sector oeste localidad	BB27	585228.3473	6551327.285	106.89
Sector oeste localidad	BB28	585223.5958	6551328.703	106.50
Sector Rural Planchetas	W456	586610.5311	6547374.651	105.70
Sector Rural Planchetas	W457	585502.5943	6548555.882	107.10
Sector Rural Planchetas	W458	586612.9259	6548415.466	105.70
Sector Rural Planchetas	W459	587149.278	6547925.158	106.40
Sector Rural Planchetas	W469	586858.4292	6549030.468	105.70
Sector Rural Planchetas	W470	585353.98	6549314.26	107.30
Sector Rural Planchetas	W471	586775.5361	6549570.295	105.70
Sector Rural Planchetas	W4	587762.8961	6551896.907	106.00
Sector Rural Planchetas	W5	586789.7128	6552963.338	106.30
Sector Rural Planchetas	W6	588230.179	6554845.292	106.10
Sector Rural Planchetas	W106	584235.3755	6556660.339	106.30
Sector Rural Planchetas	W107	586667.5493	6556029.895	106.70
Sector Rural Planchetas	W108	588220.0547	6555696.14	106.30
Sector Rural Planchetas	W15J	588419.3014	6553716.623	105.00
Campo "Nuevo Loteo"	221	585745.8493	6553076.905	106.40
Campo "Nuevo Loteo"	222	585587.9041	6553108.503	106.56
Campo "Nuevo Loteo"	223	585479.0538	6553130.277	106.67
Campo "Nuevo Loteo"	224	585199.0221	6553186.316	106.96
Campo "Nuevo Loteo"	225	584904.855	6553245.186	107.26
Campo "Nuevo Loteo"	227	585782.901	6553262.047	106.28
Campo "Nuevo Loteo"	228	585624.9558	6553293.645	106.44
Campo "Nuevo Loteo"	229	585516.1054	6553315.419	106.55
Laguna de Retardo	P61	585831.5167	6552845.446	105.41
Laguna de Retardo	P62	585836.3223	6552844.498	106.27
Laguna de Retardo	P63	585841.7552	6552843.413	106.81
Laguna de Retardo	P64	585846.9012	6552842.385	107.22
Laguna de Retardo	P65	585852.1621	6552841.335	106.75
Laguna de Retardo	P66	585860.1028	6552839.754	106.46
Laguna de Retardo	P67	585870.0965	6552837.733	106.53
Laguna de Retardo	P68	585876.874	6552836.336	106.45
Laguna de Retardo	P69	585884.9679	6552834.715	106.76
Laguna de Retardo	P70	585893.722	6552832.968	107.32

Por medio de cada uno de los Raster generados, se pudo valorar los atributos del terreno, más precisamente en análisis de la altitud, pendiente u orientación. Asimismo, y a modo de primera aproximación, se logró comprender la dinámica hídrica del sector, definir cuencas de drenaje, divisorias de agua, redes de drenaje y depresiones.

Vale resaltar que se hizo uso de la herramienta “Topo to Ráster” como método de interpolación geoestadístico. La Figura 65 pone en evidencia el modelo Ráster logrado.

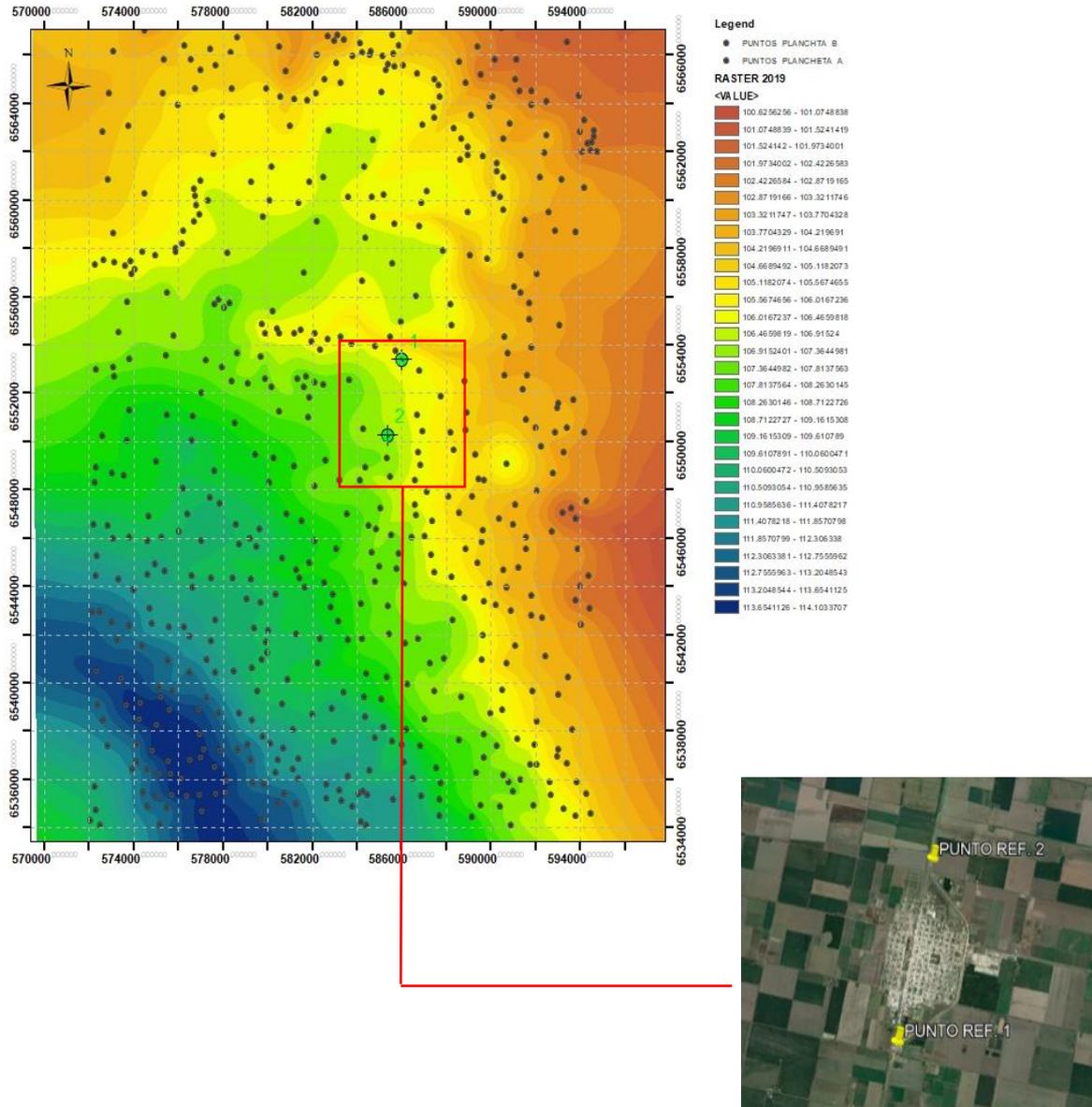


Figura 65: Raster generado a partir de los datos contenidos en las Planchetas del IGM

Resulta conveniente aclarar que en ArcMap se utilizó el World Geodetic System 1984 (WGS84), sistema geodésico mundial, usado actualmente para el GPS mundial, donde el origen del sistema es el centro de la Tierra, el eje z es paralelo a la dirección del polo CIO (Convencional International Origen), el eje X es intersección del meridiano de Greenwich con el plano origen perpendicular a Z, y por último el eje Y es perpendicular a ambos.

CAPÍTULO 6

DINÁMICA HÍDRICA DEL SECTOR EN ESTUDIO

El análisis de la dinámica hídrica superficial contribuye al conocimiento de la problemática a la que se ha hecho mención, cuya comprensión orienta y define los criterios básicos del planteo metodológico para el estudio cualitativo y cuantitativo de los sistemas hídricos, como así también establecer criterios y pautas de manejo y utilización.

La dinámica hídrica superficial de una región resulta de las relaciones causas-efectos que se desarrollan en el sistema, representada en esencia por la resultante de la historia geológica, geomorfológica y climática de un área determinada, las que interactúan y se integran con los procesos actuales que caracterizan a la misma.

6.1 VALORACIÓN DE LA ESCORRENTÍA SUPERFICIAL

En función de las tareas realizadas, y tomando como dato de relevancia aquel asociado a las cotas de los puntos relevados, se identificaron las divisorias de cada microcuenca a nivel local, determinando la direccionalidad en cuanto a escorrentía superficial se trate. Todo esto, por medio del cómputo de los resultados arrojados por el GPS de simple frecuencia, donde se pudo constatar que la microcuenca rural presenta una pendiente promedio de 0,015%, siendo equivalente a un desnivel del orden de los 15cm por cada 1000m. De mismo modo, la Figura 66 resalta nuevamente el sentido de escorrentía en la zona, aclarando que la diferenciación en colores de las flechas solo apunta a permitir una mejor claridad en su visualización.

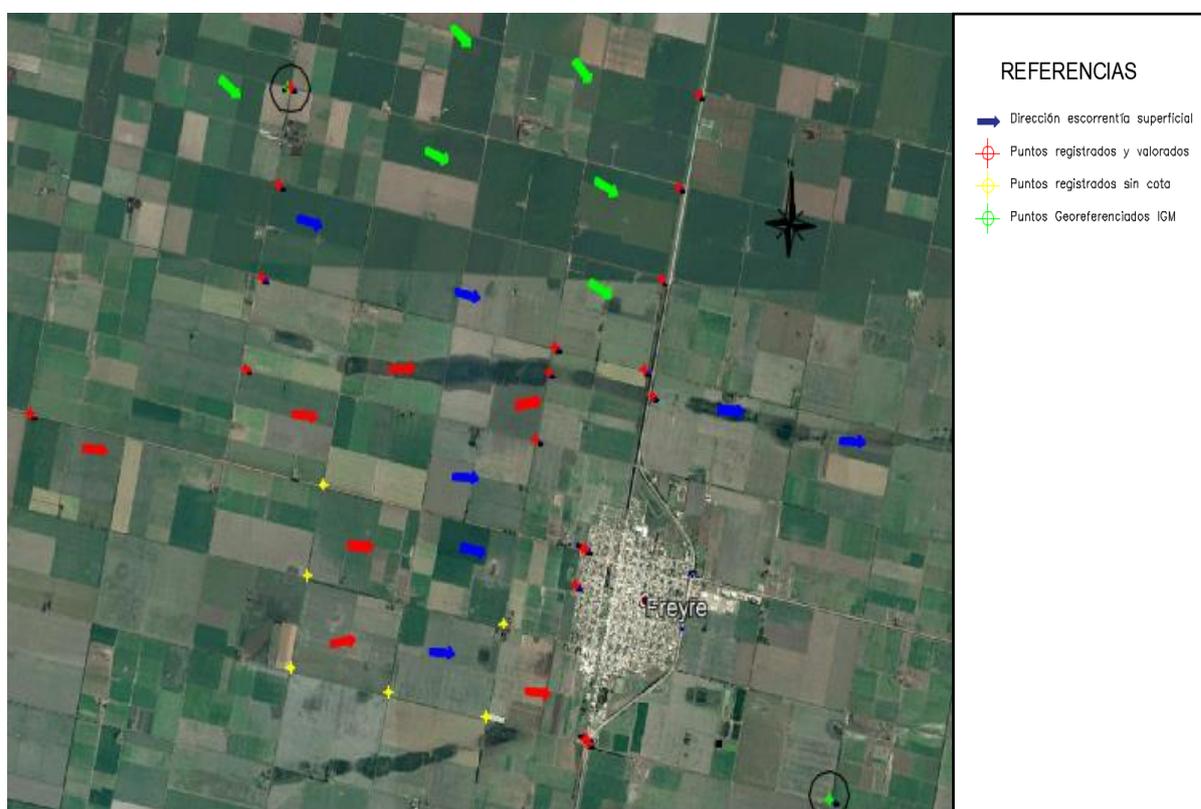


Figura 66: Sentido de la escorrentía superficial del sector evaluado

6.2 MODELACIÓN DE LA CUENCA A NIVEL LOCAL MEDIANTE LA HERRAMIENTA ARCMAP 10.2.1

Como bien se expresó, el programa utilizado para el análisis de datos fue ArcGIS⁸ Destoktop (Arcview), el cual es un paquete básico de ESRI (Environmental Systems Research Institute) que permite visualizar y editar datos o geodatabases en archivos vectoriales de tipo SHAPEFILE y procesar modelos Raster asociados mediante la herramienta ArcToolbox. De acuerdo a Bajjali (2018), es una herramienta fundamental en la toma de decisiones en diversos ámbitos de trabajo (medio ambiente, ordenación del territorio, topografía, gestión de riesgos, estudios hidrológicos, entre otros).

Retomando la valoración del sitio, se debe resaltar que el Raster generado ha sido a nivel de microcuenca, donde no sólo fueron georreferenciado cada uno de los puntos nivelados en el sector oeste del ejido urbano (ver Figura 67), sino que también aquellos de interés, situados en la zona rural.

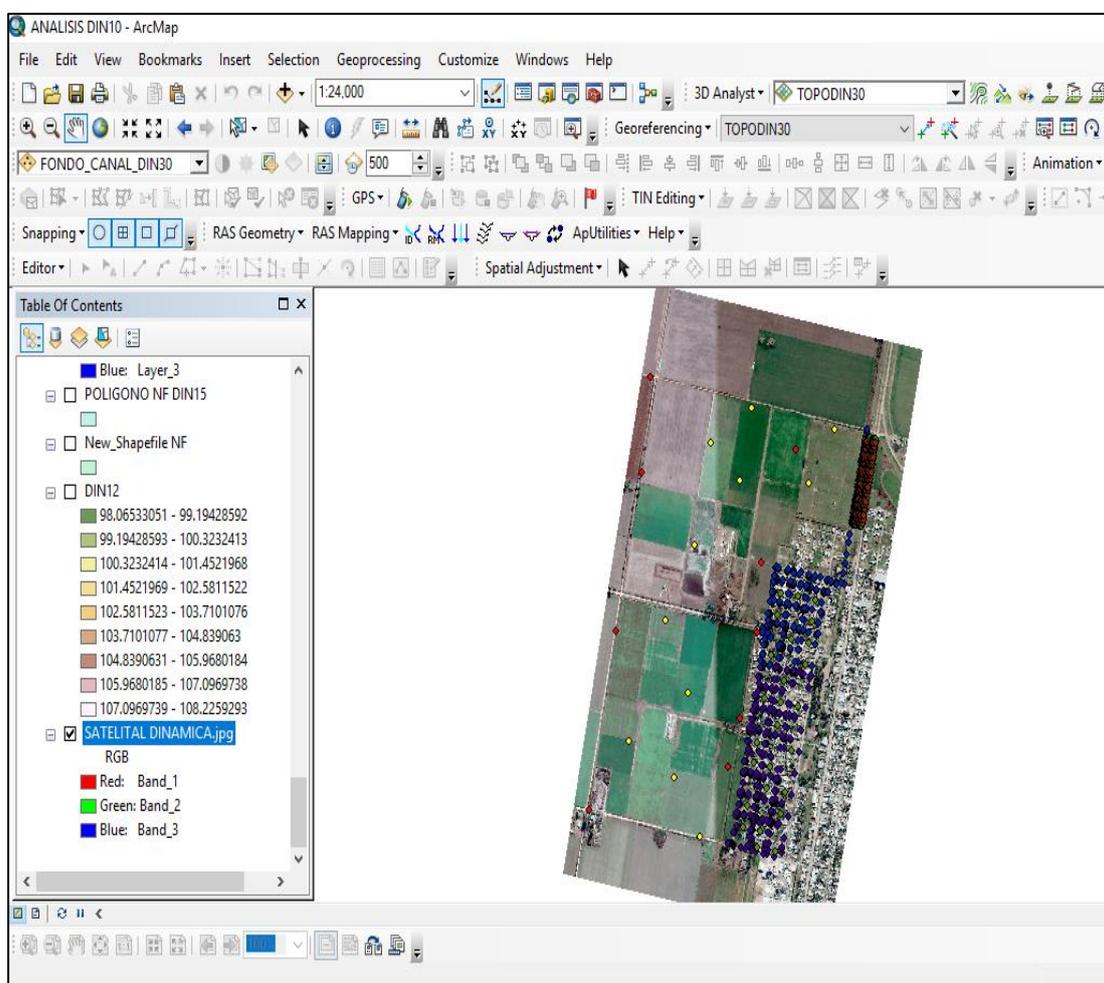


Figura 67: Nube de puntos para generar el Raster en el programa ArcMap

⁸ ArcGIS es el nombre de un conjunto de productos de software en el campo de los Sistemas de Información Geográfica o SIG. Producido y comercializado por ESRI, bajo el nombre genérico ArcGIS se agrupan varias aplicaciones para la captura, edición, análisis, tratamiento, diseño, publicación e impresión de información geográfica.

Por medio del procesamiento de la información, y haciendo uso de la herramienta “Topo Raster”, la cual permite pasar datos en formato vectorial (curvas de nivel) a formato Raster con pixeles con niveles digitales asociados a cotas hipsométricas, se logró la representación altimétrica de la localidad de Freyre y su entorno, según se demuestra en la Figura 68.

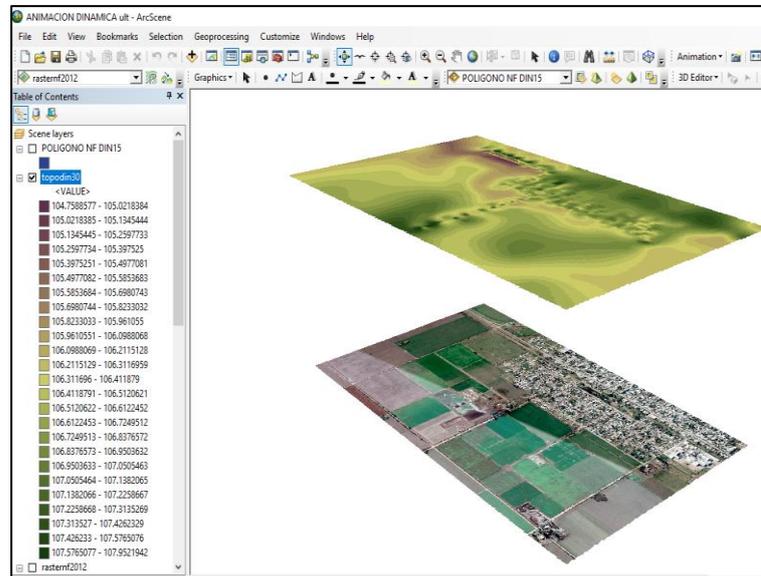


Figura 68: Raster generado, visto desde el programa ArcScene

6.2.1 Interpretación de los resultados

A priori, y en base a lo observado, se puede identificar cuáles son los terrenos bajos del sector, lo que además permite comprender la dinámica hídrica en los mismos y establecer la posible tendencia de los anegamientos a ocurrir, conforme se satura la capacidad de absorción de los suelos, a la vez que continúan las precipitaciones locales. Por lo expuesto, y tal como se destaca en la Figura 69, se puede manifestar que las primeras consecuencias la sufren aquellos lotes ubicados en el sector Noroeste de Freyre. Posteriormente, y a medida que progresan las precipitaciones, comienzan a saturarse los campos del sector Oeste, para luego direccionar las aguas por escorrentía superficial hacia el sector urbano (Figura 70).

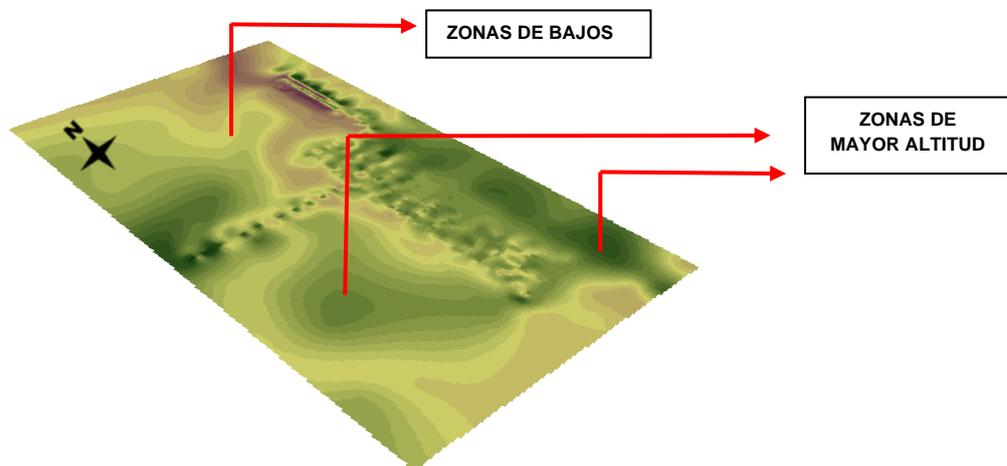


Figura 69: Valoración altimétrica del entorno a nivel microcuenca



Figura 70: Validación del Raster generado

6.3 REPRESENTACIÓN DE LA DINÁMICA HÍDRICA POR MEDIO DE ARCSCENE

Consecuentemente al análisis realizado en inciso 6.2, y con el objeto de enriquecer aún más los conocimientos del sector, se hizo uso del programa ArcScene, por medio del cual se puede lograr un diagnóstico inicial mediante la combinación de factores relevantes que conforman el espacio físico-geográfico; permitiendo así definir la actual dinámica hídrica superficial. Según lo manifestado, se incorporaron al modelo los Raster generados en ArcMap, a la vez que la imagen satelital representativa del sitio en estudio.

Mediante la Figura 71 se refleja el modo en que ha sido valorada la dinámica hídrica del sector, ello mediante una animación que resulta de la interacción entre capas, las cuales se corresponden con:

- Imagen satelital, obtenida desde Google Earth.
- Raster de terreno generado en el programa ArcGis, el cual representa la altimetría de la zona.
- Raster obtenido por medio de las cotas del NF, cuyas lecturas se realizaron en 12 (doce) pozos de monitoreo distribuidos en la región, en el año 2012.

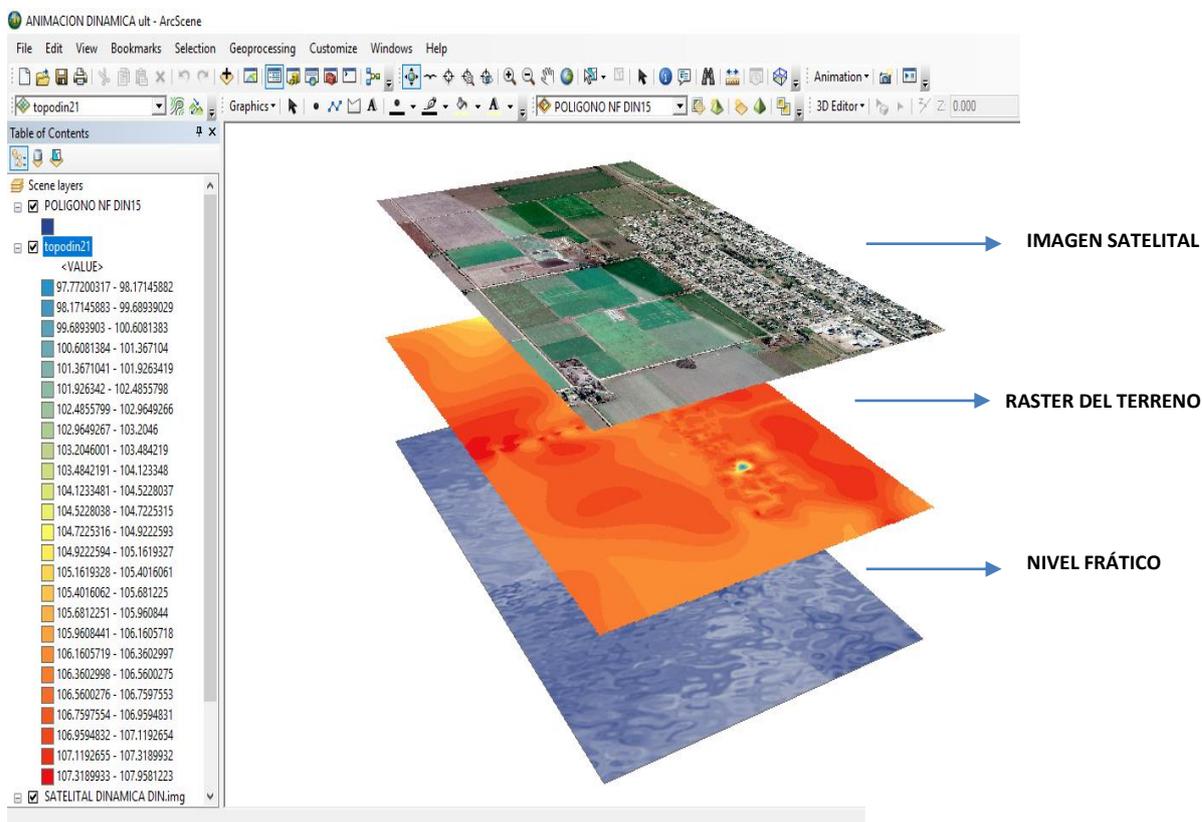


Figura 71: Capas constitutivas del sistema configurado en ArcScene

Vale resaltar que, para la animación, fue necesario configurar la capa asociada al nivel frático de manera tal que ésta incremente su altitud en función del tiempo. Las cotas límites del dominio han sido 105,5m y 107m sobre el nivel del mar.

Por medio de la Figura 72 se podrá observar el resultado logrado, donde cada imagen representa el probable anegamiento, según la altura de la capa correspondiente al nivel frático que se esté considerando.

La animación lograda permitió reafirmar lo deducido mediante la interpretación del Raster, ello en torno a la tendencia de los anegamientos a nivel rural, conforme a lo plasmado en 6.2.1. Del mismo modo, se adoptó como criterio para la validación del modelo, la comparativa del mismo con fotografías aérea de la región, cuyo sobrevuelo fue luego del evento de diciembre del año 2012, conforme lo presentado mediante la Figura 70.

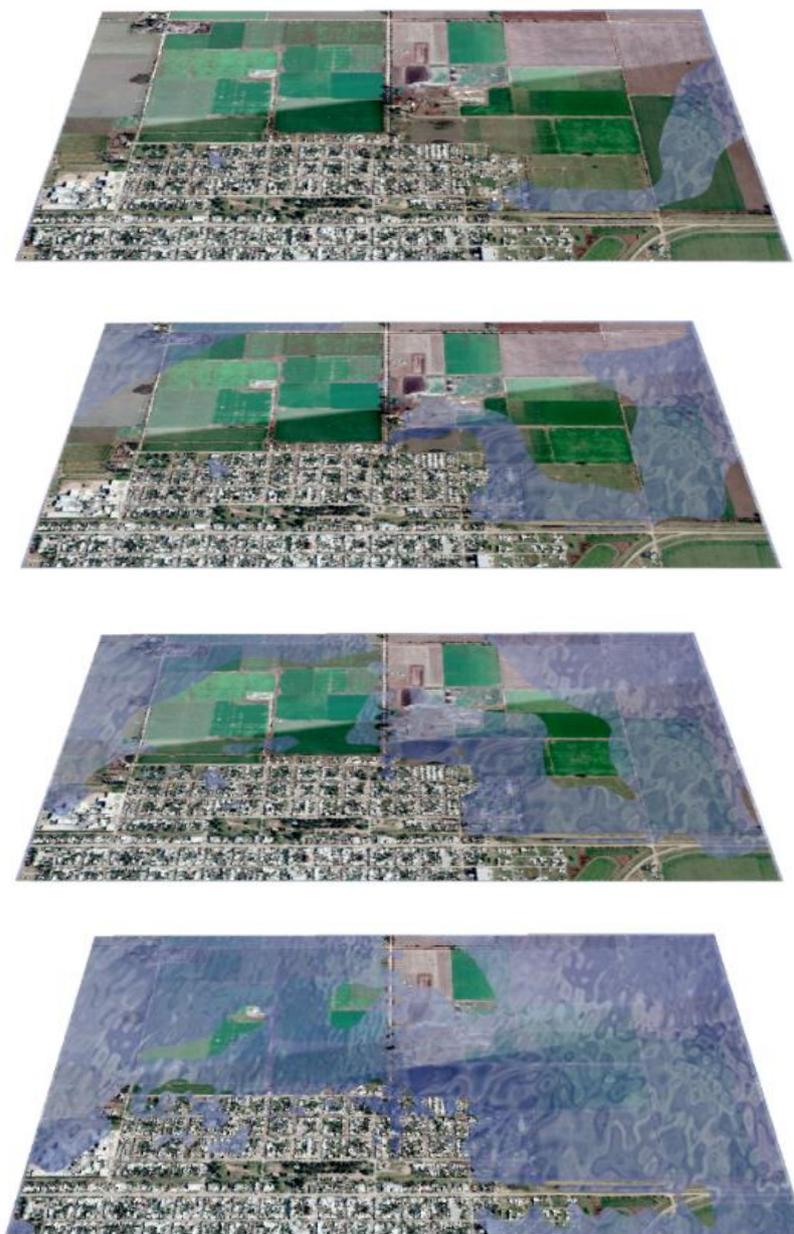


Figura 72: Anegamientos evidenciados según el ascenso progresivo del Nivel freático

Finalmente, es importante resaltar que la zona presenta aportes muy lentos, los que se conciben a partir de cierto umbral de acumulación. De acuerdo a sus condiciones de humedad antecedente y a la magnitud de las lluvias, la misma puede ser la responsable de la generación de importantes volúmenes de escurrimiento que aportan a su desembocadura en el subsistema del canal Vila-Cululú.

CAPÍTULO 7

PRECIPITACIONES

7.1 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Una predicción estima la magnitud de un suceso hipotético crítico, dada su recurrencia histórica, o bien, cuál es el acontecimiento máximo probable. El objetivo de predecir eventos hidrológicos contribuye a la prevención y mitigación de desastres hídricos, a la solución de problemas de ocupación territorial no planificada y al diseño de obras de infraestructura hídrica.

Actualmente se realiza la evaluación de contingencias extremas, sean pluviales o superficiales (en canales y embalses). Esta información es esencial para la planificación rural y urbana, y para el dimensionamiento de obras en el área potencialmente afectable.

Para estimar crecientes de proyecto, se incluye por lo común combinaciones de intensidad y persistencia extremas de la lluvia para cada probabilidad de ocurrencia o recurrencia (Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia), así como también la estructura interna o el patrón de distribución temporal, por medio de la altura de agua caída en la tormenta (hietograma tipo).

7.1.1 Análisis de precipitaciones – Serie histórica

La información hidrometeorológica históricamente observada y sistematizada en el área de estudio, abarca registros pluviométricos de varios años (1967-2013). Los datos han sido brindados por una persona particular, residente de la localidad, quien ha llevado adelante dicha labor de manera ininterrumpida. Sin embargo, y a modo de cotejar dicha información, se logró recopilar los registros llevados a cabo por una empresa local de importancia como lo es Manfrey.

El análisis de lluvias se realizó frente a la necesidad de entender la situación hídrica de la localidad antes y después del evento ocurrido en el año 2012. Con la información disponible, se procedió a evaluar las precipitaciones en un año hidrológico y en un año calendario; en relación a las precipitaciones medias, mínimas y máximas desde el año 1967 al año 2013, tal y como se observa en las Figuras 73 y 74.

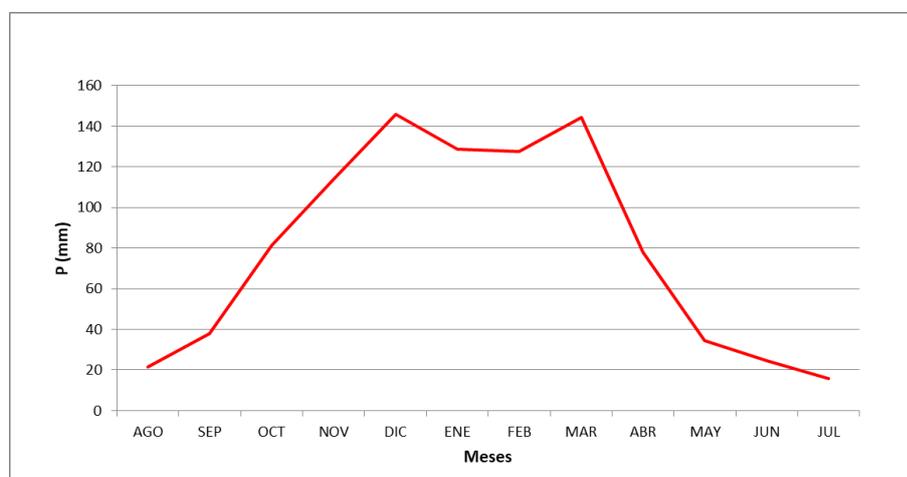


Figura 73: Precipitaciones medias mensuales para un año Hidrológico

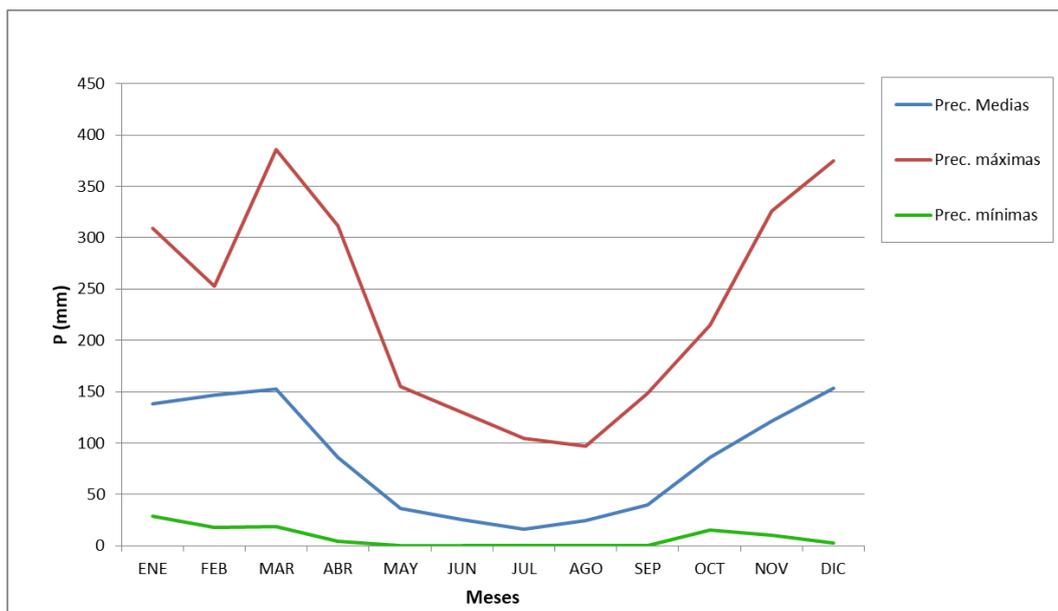


Figura 74: Precipitaciones para un año calendario

7.1.2 Precipitaciones totales

Con el objeto de valorar los registros⁹ pluviográficos recopilados, es que se llevó adelante un análisis estadístico de dicha información, llegando a las siguientes conclusiones:

- Conforme lo presentado en la Figura 75 y fruto del análisis de la tabla 8, se puede afirmar que las precipitaciones registradas en 2012 tuvieron gran significancia, sobre todo si se consideran los mm totales precipitados en dicho año. Esto es, si se parte de considerar la serie histórica disponible, sólo en dos años los registros fueron superiores a los evidenciados en 2012; en particular en 1973 donde precipitaron 1480mm, mientras que en 1981 se registraron 1434mm.
- Focalizando el análisis a nivel mensual, y en torno a lo ocurrido en el año 2012, se puede expresar que al evento registrado en diciembre se lo ha descrito como extraordinario, no sólo por haber provocado las mayores precipitaciones a lo largo de 24 horas (210mm el día martes 18), sino también por situar a dicho mes como el más lluvioso en comparación a los demás, todo ello en torno a la serie histórica valorada (ver Figura 76).
- De los ocho registros más elevados, el 50% se produjeron en la década del 70.
- Bajo el análisis de una escala temporal de 10 años, previo al evento del año 2012, es que se constata que sólo un año ha superado los 1000 mm, en particular el registro anual del 2002, donde precipitaron 1108mm.
- Resulta relevante reflejar que el mes diciembre con menor registro se produjo en 2011; un año antes a los problemas de anegamientos en la localidad.

⁹ Registros de precipitaciones como día pluviométrico mediante probeta oficial. Solamente se contabilizan precipitaciones con valores mayores a 0,0mm. Así pues, pueden ocurrir precipitaciones, pero no con la cuantía suficiente para producir un registro.

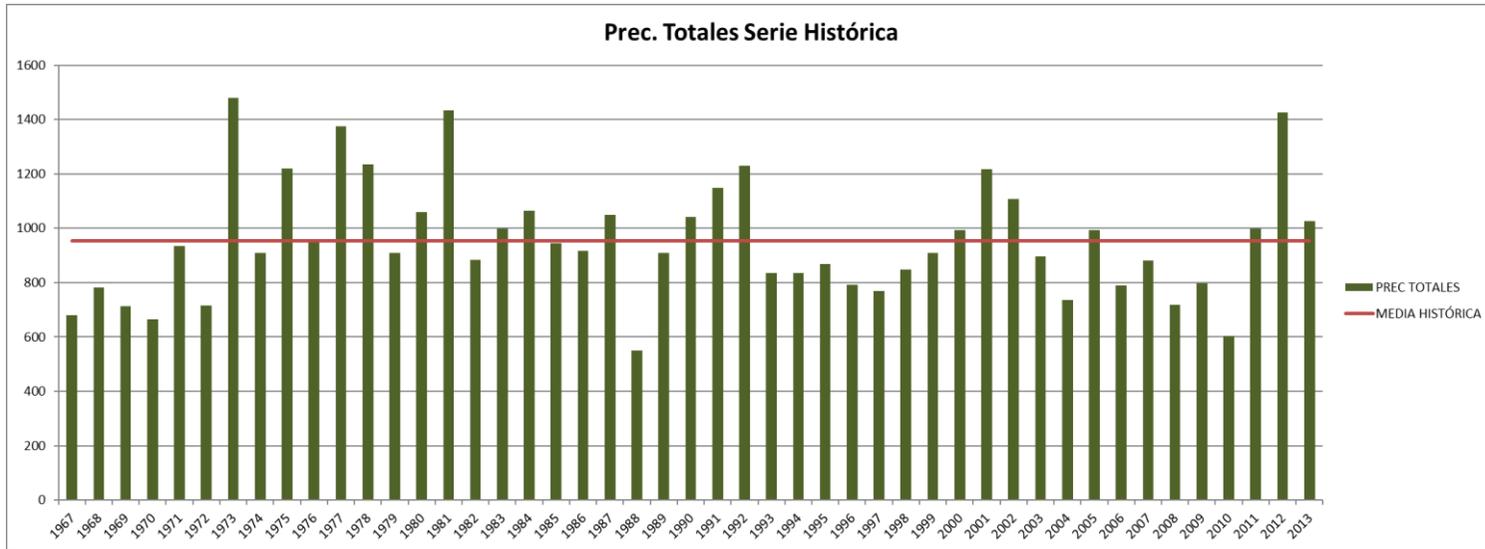


Figura 75: Precipitaciones anuales y media total para el periodo 1967-2013

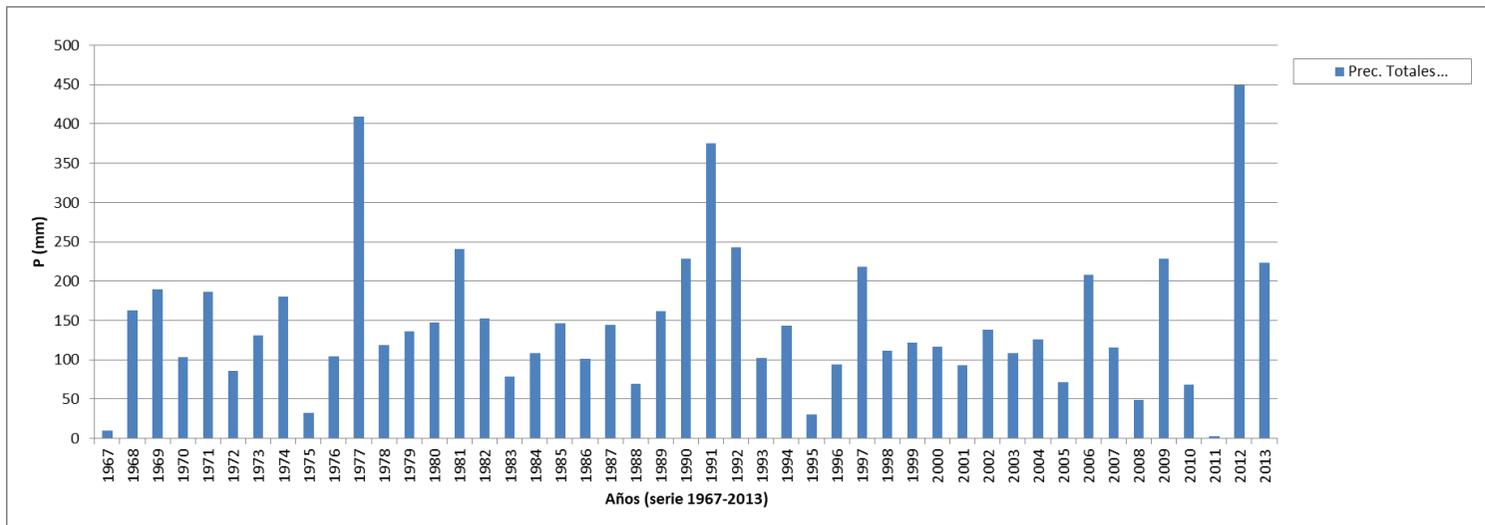


Figura 76: Precipitaciones totales mes diciembre para el periodo 1967-2013

Por medio de la Tabla 8, se presenta el análisis de algunos parámetros de distribución característicos, como lo son la media (X_m) y el desvío estándar (s).

Tabla 8: Planilla de cálculo - parámetros estadísticos

PRECIPITACIONES TOTALES (SERIE HISTÓRICA)					
AÑO	Prec. TOTAL	Prec. MEDIAS	MEDIA HISTÓRICA	Desvío Estandar	
				$\sum(X_i - X_m)^2$	s
1967	679	56,6		17978,9	38,7
1968	781	65,1		35426,9	54,3
1969	713	59,4		55660,9	68,1
1970	664	55,3		27922,7	48,2
1971	935	77,9		73072,9	78,0
1972	716	59,7		13064,7	33,0
1973	1480	123,3		182468,7	123,3
1974	908	75,7		51316,7	65,4
1975	1219	101,6		109828,9	95,7
1976	951	79,3		53646,3	66,9
1977	1375	114,6		157742,9	114,7
1978	1234	102,8		95977,7	89,4
1979	909	75,8		38804,3	56,9
1980	1058	88,2		54015,7	67,1
1981	1434	119,5		163549,0	116,7
1982	884	73,7		45008,7	61,2
1983	997	83,1		44796,9	61,1
1984	1065	88,8		64792,3	73,5
1985	945	78,8		30856,3	50,7
1986	916	76,3		27198,7	47,6
1987	1049	87,4		76920,9	80,1
1988	549	45,8		38200,3	56,4
1989	909	75,8		36314,3	55,0
1990	1042	86,8	953,8	67401,7	74,9
1991	1148	95,7		107944,7	94,8
1992	1229	102,4		57260,9	69,1
1993	836	69,7		46810,7	62,5
1994	834	69,5		24599,0	45,3
1995	868	72,3		63686,7	72,9
1996	792	66,0		39898,0	57,7
1997	768	64,0		43834,0	60,4
1998	847	70,6		25932,9	46,5
1999	910	75,8		43147,7	60,0
2000	994	82,8		44495,7	60,9
2001	1218	101,5		94031,0	88,5
2002	1108	92,3		90848,7	87,0
2003	896	74,7		53416,7	66,7
2004	737	61,4		35426,9	54,3
2005	992	82,7		78810,7	81,0
2006	790	65,8		46971,7	62,6
2007	881	73,4		122790,9	101,2
2008	718	59,8		63075,7	72,5
2009	796	66,3		55940,7	68,3
2010	603	50,3		21380,3	42,2
2011	999	83,3		84772,3	84,0
2012	1425	118,8		162862,3	116,5
2013	1026	85,5		112849,0	97,0

7.1.3 Distribución de las precipitaciones

La Figura 77 pone de manifiesto cinco áreas fundamentales de lluvias dentro de la provincia de Córdoba. La zona de estudio, se encuentra al Este del departamento San Justo, donde se presentan lluvias entre 900mm y 800mm con focos de más de 900mm, uno de ellos alrededor de la localidad San Francisco y el otro, al Norte de la localidad de Arias. Esta área lluviosa se debe al mayor alcance y eficiencia de las masas de aire subtropical marítimo.

La orientación meridional de esta franja es consecuencia de la elevada concentración estival de las precipitaciones, época durante la cual el anticiclón subtropical alcanza su máximo desplazamiento hacia el Sur.

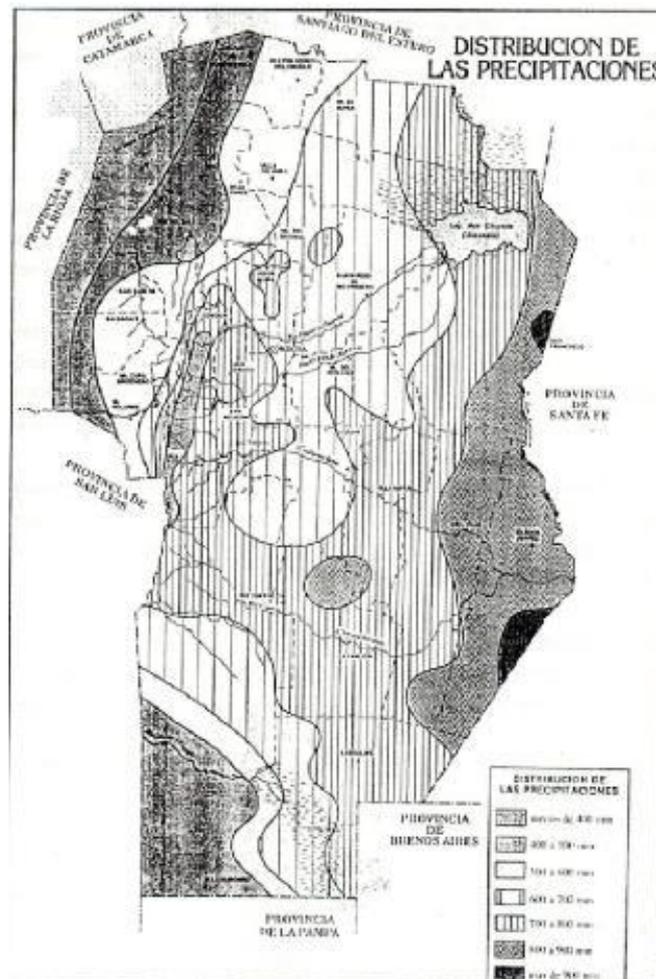


Figura 77: Distribución de la lluvia media anual en la provincia de Córdoba (García, 2000)

7.1.4 Tormenta de diseño

Según Chow et al., (1994) una tormenta de diseño es un patrón de precipitación definido para utilizarse en el diseño de un sistema hidrológico. Es la secuencia de precipitaciones capaz de provocar la crecida de diseño en la cuenca analizada. Su determinación implica definir la duración de la lluvia, la lámina total precipitada, su distribución temporal y espacial, y la porción de dicha lámina que efectivamente contribuye a la generación de escorrentías.

7.1.5 Tiempo de Retorno (Tr)

Conforme a lo resaltado por Zucarelli (2009) el Tr de un evento, con una magnitud dada, puede definirse como el intervalo de recurrencia promedio entre eventos que igualan o exceden una magnitud especificada". De este modo, se han adoptado diferentes Tr, según las funciones básicas y complementarias de un sistema de drenaje.

Por lo expuesto, se han determinado los hietogramas correspondientes a recurrencias de 2, 5, 10, 25 y 100 años; no obstante, para la verificación del sistema existente hasta el año 2014 y aquel correspondiente a la propuesta planteada, se han considerado sólo los Tr asociados al tipo de obra a evaluar y/o proyectar (Tabla 9).

Tabla 9: Guía para la selección del período de retorno

TIPO DE OBRA	PERIODO RETORNO (AÑOS)
Drenaje urbano [bajo riesgo] (hasta 100 ha)	5 a 10
Drenaje urbano [mediano riesgo] (más de 100 ha)	25 a 50
Drenaje vial - Obra de Regulación Hidráulica	25 a 50
Aliviadero principal (presas)	25 a 100
Drenaje vial	50 a 100
Diques longitudinales [mediano riesgo]	50 a 100
Drenaje urbano [alto riesgo] (más de 1,000 ha)	50 a 100
Desarrollo de zona de inundación	100
Diseño de puentes (pilares)	100 a 500
Diques longitudinales [alto riesgo]	200 a 1000
Aliviadero de emergencia (presas)	100 a 10,000 (PMP)
Hidrograma de borde libre [para una presa de clase (c)]	10,000 (PMP)

Del mismo modo, otros autores presentan tabulaciones similares, según criterios particulares a la hora de seleccionar el Tr asociado al tipo de estructura, tal y como se observa en la Tabla 10.

Tabla 10: Tiempos de retorno según tipo de obra (Chow et al., 1994)

Tipo de estructura	Periodo de retorno (años)
Alcantarillas de carreteras	
Volúmenes de tráfico bajos	5-10
Volúmenes de tráfico intermedios	10-25
Volúmenes de tráfico altos	50-100
Puentes de carreteras	
Sistema secundario	10-50
Sistema primario	50-100
Drenaje agrícola	5-50
Drenaje urbano	
Alcantarillas en ciudades pequeñas	2-25
Alcantarillas en ciudades grandes	25-50
Aeropuertos	
Volúmenes de tráfico bajos	5-10
Volúmenes de tráfico intermedios	10-25
Volúmenes de tráfico altos	50-100

7.1.6 Duración (d)

En forma generalizada se considera válido el criterio de adoptar la duración de una tormenta igual o levemente superior al tiempo de concentración (T_c) de la cuenca; lo anterior, según se expresa en bibliografías. Vale tomar en consideración que el mismo permite que el caudal máximo se origine por la contribución de toda el área de aporte.

7.1.7 Distribución espacial

La lámina obtenida de la función Intensidad, Duración, Frecuencia (I-D-F), es una lámina local que representa un área en torno al pluviómetro que varía entre 2,5 y 25 Km², según las características climáticas y topográficas de la región. En lo que se refiere a distribución espacial de la tormenta de diseño, es posible reducir los valores puntuales en función del área considerada, cuando se trate de cuencas intermedias o grandes, entendiéndose como tal a las cuencas cuya extensión sea superior a los 25 Km².

A partir de lo plasmado anteriormente, y considerando que la microcuenca en estudio posee un área considerablemente inferior, se desestimó una reducción de la lámina puntual.

7.2 ESTIMACIÓN DE LAS CURVAS “I-D-F”, PARA LA REGIÓN ANALIZADA

Para el dimensionado de las obras de drenaje, control de erosión, y la determinación de caudales máximos, es necesario conocer la precipitación con un determinado riesgo de ocurrencia para una duración dada. El riesgo de ocurrencia está directamente relacionado con la frecuencia esperada para un evento o su periodo de recurrencia. Vale señalar que se pueden obtener relaciones entre las variables mencionadas (intensidad -duración-periodo de recurrencia) que permitan expresar una de ellas en función de las otras dos.

El presente proyecto adoptó las curvas I-D-F¹⁰ correspondientes a la ciudad de Marcos Juárez (Cba.), ello teniendo en consideración que el proyecto de desagües que ejecuta actualmente el municipio (Peri-Rurales), basó sus análisis en función de dichas curvas.

La siguiente ecuación muestra la forma de obtener la intensidad para distintas duraciones y tiempos de retorno, teniendo en consideración que se hizo uso de las constantes asociadas a la ciudad de Marcos Juárez.

$$i = \frac{a T_R^b}{(D + c)^m} \quad (9)$$

Siendo:

- i : Intensidad.
- T_r : Tiempo de Retorno.
- D : Duración.
- $a = 1075.954$
- $b = 0.239$
- $m = 0.82$
- $c = 11$

¹⁰ Las IDF son curvas que resultan de unir los puntos representativos de la intensidad media en intervalos de diferente duración, y correspondientes todos ellos a una misma frecuencia o periodo de retorno.

Partiendo de las curvas I-D-F de la estación base Marcos Juárez (Figura 78), se obtienen las correspondientes para la región analizada. Las intensidades presentan los siguientes valores asociados a los diversos años de recurrencia (Tabla 11), donde las duraciones se corresponden a los intervalos de tiempos adoptados según el Tc calculado.

Tabla 11: Intensidades en mm/h para distintos periodos de retorno (Estación Marcos Juarez)

Duración	Intensidad de Precipitación "mm/h"				
	Recurrencia "Años"				
	2	5	10	25	100
10.00	104.60	130.21	153.66	191.29	266.42
20.00	76.00	94.61	111.65	138.99	193.59
30.00	60.43	75.23	88.78	110.51	153.93
40.00	50.53	62.90	74.23	92.40	128.70
50.00	43.63	54.31	64.09	79.79	111.13
60.00	38.52	47.95	56.59	70.45	98.12
70.00	34.58	43.04	50.80	63.23	88.07
80.00	31.43	39.12	46.17	57.48	80.05
90.00	28.85	35.92	42.39	52.77	73.49
100.00	26.70	33.24	39.23	48.84	68.02
110.00	24.88	30.97	36.55	45.50	63.37
120.00	23.31	29.02	34.25	42.63	59.38
130.00	21.95	27.32	32.24	40.14	55.90
140.00	20.75	25.83	30.48	37.94	52.85
150.00	19.69	24.50	28.92	36.00	50.14

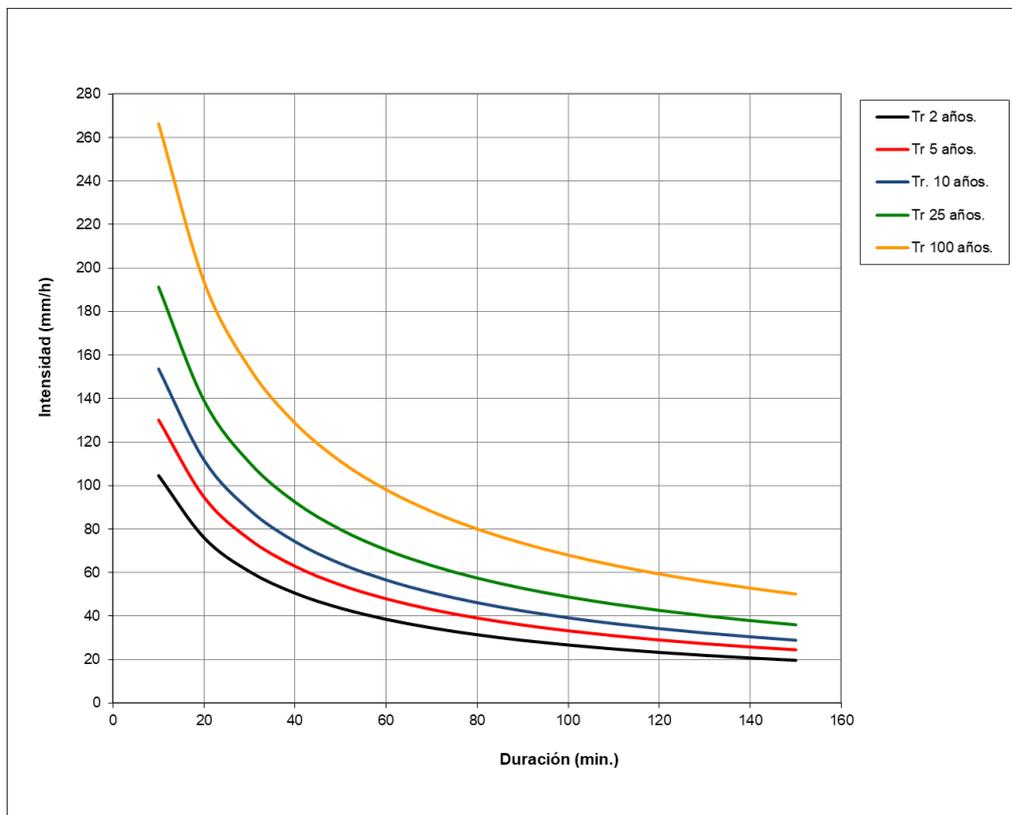


Figura 78: Curvas I-D-F Estación Marcos Juarez

7.2.1 Distribución temporal interna de las tormentas intensas

El conocimiento de la distribución temporal de tormentas intensas reviste gran importancia para la resolución de ciertos problemas hidrológicos, como el estudio de la escorrentía potencial de varios tipos de tormenta. La distribución temporal de las tormentas intensas es requerida como dato de entrada en los modelos de simulación lluvia-caudal, constituyendo un elemento determinante en la estimación del hidrograma de crecidas.

Chow et al., (1994) indican que el método del bloque alterno es una forma simple para desarrollar un hietograma de diseño mediante una curva de intensidad-duración-frecuencia. El hietograma de diseño producido por este método especifica la profundidad de precipitación que ocurre en n intervalos de tiempo sucesivos de duración Δt sobre una duración total de $T_d = n \Delta t$. Después de seleccionar el tiempo de retorno de diseño, la intensidad es leída en una curva IDF para cada una de las duraciones $\Delta t, 2\Delta t, 3\Delta t, \dots$, y la profundidad de precipitación correspondiente se encuentra al multiplicar la intensidad y la duración.

Estos incrementos o “bloques” se reordenan en una secuencia temporal, de modo que la intensidad máxima ocurra en el centro de la duración requerida y que los demás bloques queden en orden descendente alternativamente hacia la derecha y la izquierda del bloque central para formar el hietograma de diseño.

A continuación, se muestran los hietogramas de diseño para T_r 2, 5, 10, 25 y 100 años, correspondientes a las características del sistema hasta el año 2014 (ver incisos 4.5.1, 4.5.2.2 y 4.5.2.3).

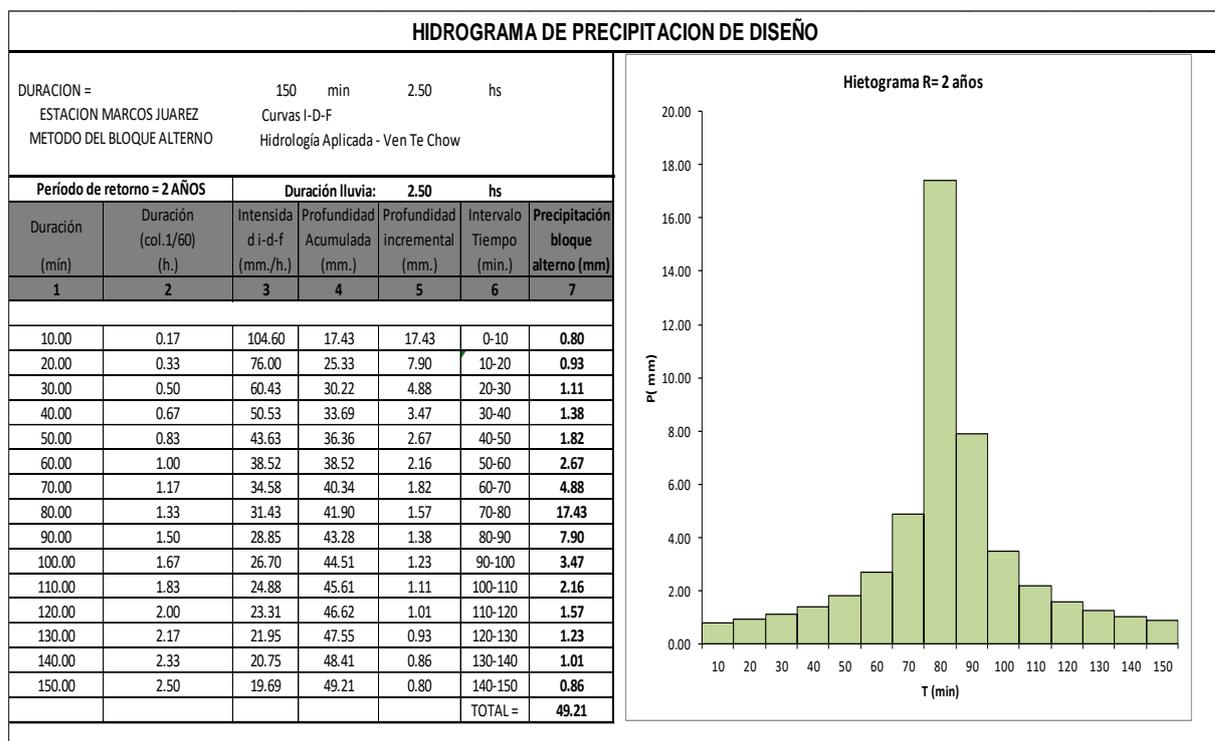


Figura 79: Planilla de cálculo hietograma - T_r 2 años

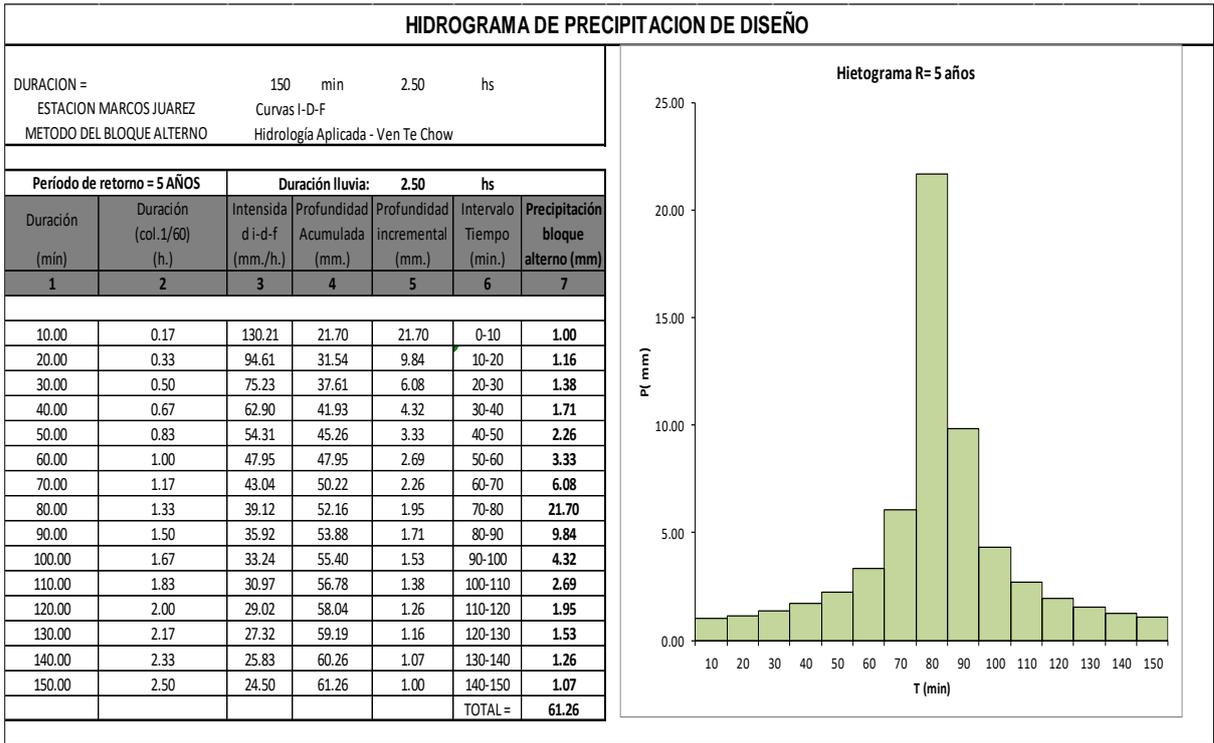


Figura 80: Planilla de cálculo hietograma - Tr 5 años

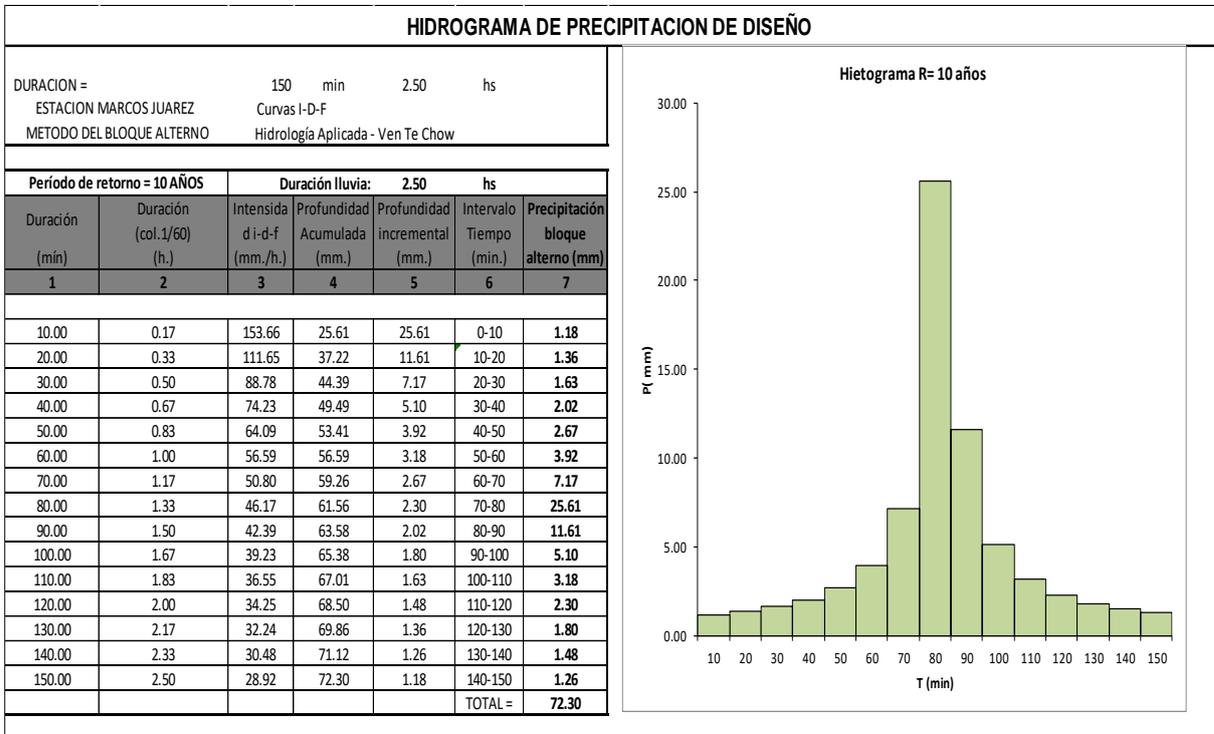


Figura 81: Planilla de cálculo hietograma - Tr 10 años

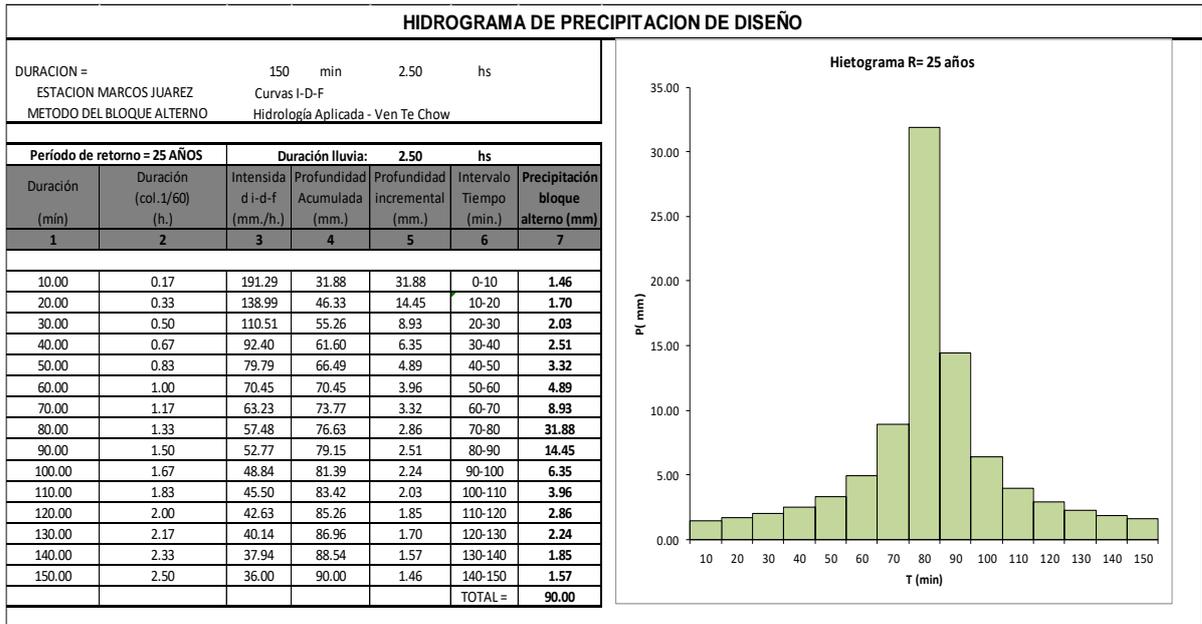


Figura 82: Planilla de cálculo hietograma - Tr 25 años

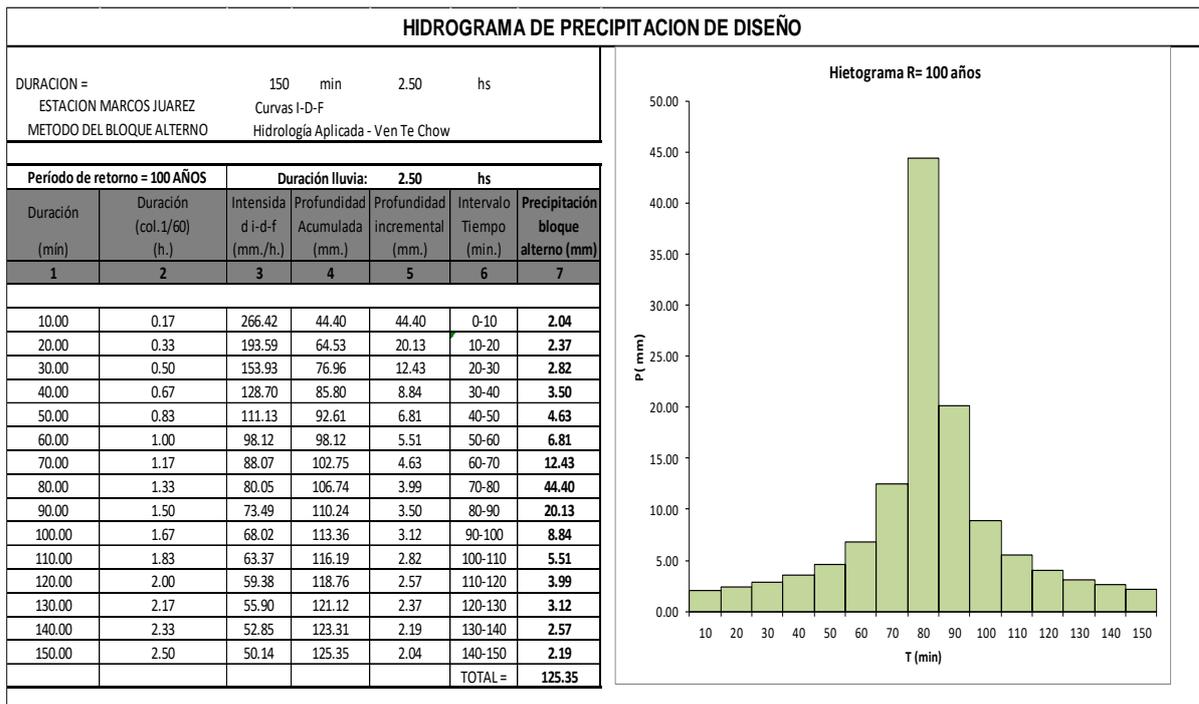


Figura 83: Planilla de cálculo hietograma - Tr 100 años

7.2.2 Tormenta de diseño - Información pluviométrica

La tormenta de diseño es la secuencia de precipitaciones capaz de provocar la crecida de diseño en la cuenca analizada. Su determinación implica definir la duración de la lluvia, la lámina total precipitada, su distribución temporal y espacial, y la porción de dicha lámina que efectivamente contribuye a la generación de escorrentías. Para la misma se consideró una lámina precipitada maximizada para recurrencias de 2, 5, 10, 25 y 100 años y una duración total de 150min, con intervalos de lluvia de 10min (Figura 84).

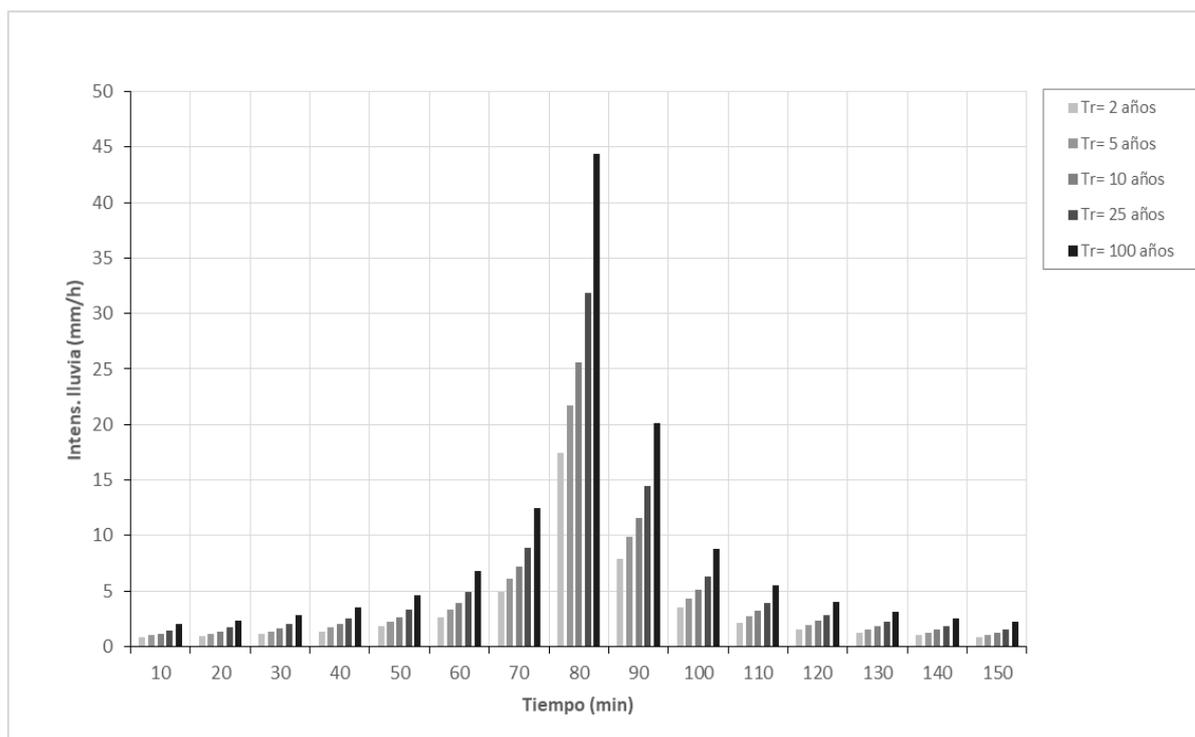


Figura 84: Tormentas de diseño para 2,5, 10, 25 y 100 años de recurrencia (I-D-F)

Asimismo, vale resaltar la importancia que tendrá la consideración de las lluvias ocurridas en diciembre del año 2012, donde a partir de los datos obtenidos y haciendo uso de razonamientos pertinentes, se pudo construir un hietograma con la duración y precipitación registrada en dicho evento extraordinario (Figura 85). Así mismo, se consideró una duración de tormenta de 480min (8:00hs) y el registro de 240mm precipitados dentro del intervalo de tiempo mencionado, cuya intensidad de precipitación fue obtenida por medio de la ecuación N°5, según las curvas I-D-F de la estación Marcos Juárez. Todo lo anterior se puede visualizar mediante la Tabla 12.

Tabla 12: Valores asociados al hietograma de lluvia puntual

HIETOGRAMA LLUVIA PUNTUAL								
Minutos	Intensidad (mm/hs) R= 5 AÑOS	Prof. Acumulada (mm)	Prof. Acumulada lluvia puntual (mm)	Prof. Incremental lluvia puntual (mm)	Prof. Incremental (mm)	% Respecto Lluvia Total	Profundidad incremental (mm) para LLUVIA PUNTUAL	HIETOGRAMA (BLOQUES ALTERNOS)
30.00	75.23	37.61	114.89	114.89	37.61	47.87	114.89	3.25
60.00	47.95	47.95	146.48	31.59	10.34	13.16	31.59	3.72
90.00	35.92	53.88	164.57	18.09	5.92	7.54	18.09	4.36
120.00	29.02	58.04	177.29	12.71	4.16	5.30	12.71	5.31
150.00	24.50	61.26	187.13	9.85	3.22	4.10	9.85	6.86
180.00	21.30	63.90	195.20	8.07	2.64	3.36	8.07	9.85
210.00	18.90	66.15	202.06	6.86	2.24	2.86	6.86	18.09
240.00	17.03	68.10	208.03	5.98	1.96	2.49	5.98	114.89
270.00	15.52	69.84	213.34	5.31	1.74	2.21	5.31	31.59
300.00	14.28	71.41	218.13	4.79	1.57	1.99	4.79	12.71
330.00	13.24	72.84	222.49	4.36	1.43	1.82	4.36	8.07
360.00	12.36	74.15	226.50	4.01	1.31	1.67	4.01	5.98
390.00	11.59	75.37	230.22	3.72	1.22	1.55	3.72	4.79
420.00	10.93	76.50	233.69	3.47	1.14	1.44	3.47	4.01
450.00	10.34	77.57	236.94	3.25	1.06	1.35	3.25	3.47
480.00	9.82	78.57	240.00	3.06	1.00	1.28	3.06	3.06

Por lo expuesto, el hietograma utilizado en los cálculos es aquel cuya distribución temporal se circunscribe en considerar la metodología de los bloques alternos.

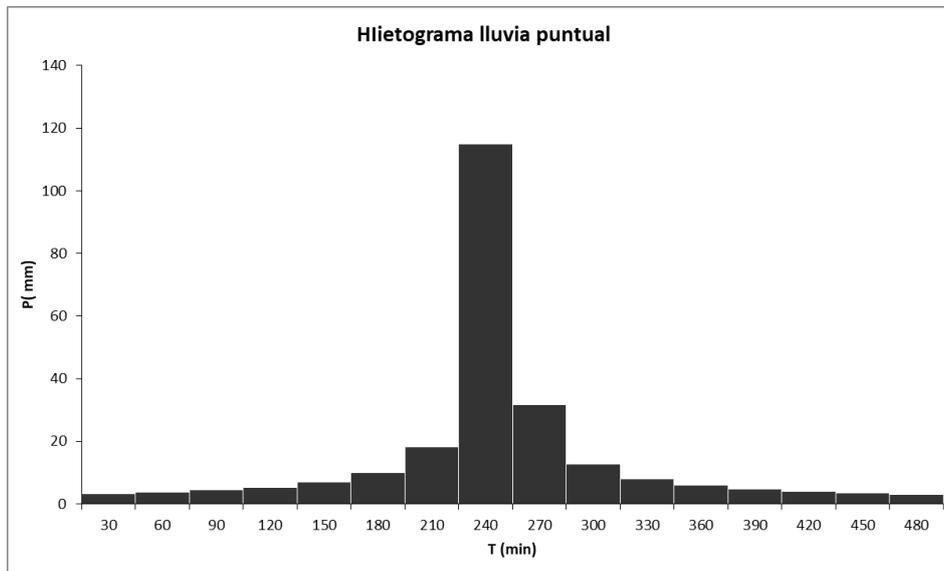


Figura 85: Hietograma resultante según lluvia local (elaboración propia basada en Chow, 1993)

7.2.3 Precipitación efectiva - Pérdidas

Para la estimación de los hidrogramas de proyecto, es necesario considerar que existe una porción de la lluvia precipitada que no contribuye a la formación del escurrimiento superficial inmediato. La proporción de lluvia a la que se hace mención es referida como pérdidas al escurrimiento, quedando definida por procesos de interceptación vegetal, almacenamiento superficial e infiltración, entre otros. La diferencia entre la lluvia total precipitada y las pérdidas define la lámina neta o efectiva.

Existen diversos métodos para estimar estas pérdidas a lo largo de una tormenta, en general están basados en índices simplificados, relaciones funcionales (Método del Número de Curva – CN del SCS) y ecuaciones de infiltración (Horton, Philip, etc.). De este modo, el presente trabajo basó su análisis en torno al método del Número de Curva – CN del US Soil Conservation Service.

CN es el parámetro básico del método y se encuentra relacionado en forma empírica con el tipo de suelo, la cubierta vegetal y el estado de humedad del mismo. Dicho parámetro varía de 0 a 100, para suelos infinitamente permeables a totalmente impermeables respectivamente, proporcionando una idea de la potencialidad del suelo de generar escurrimiento superficial.

La valoración del parámetro CN, en la microcuenca de estudio, fue realizada en función de los distintos tipos de suelo y su cobertura, tanto para la situación actual, como para la prevista en un futuro.

De acuerdo a Chow (1994), para terrenos con cultivos desarrollados, se adoptó un valor de CN=80; mientras que para el sector urbano se consideró un CN=67. Todo lo expresado en concordancia con los datos del proyecto que el municipio se encuentra desarrollando.

Tabla 13: Valores de CN para las diferentes combinaciones hidrológicas suelo-vegetación para las cuencas en Condición II (Chow, 1994)

Uso del Suelo y Cubierta	Tratamiento ó Método	Condición para la Infiltración	Grupo Hidrológico del Suelo			
			A	B	C	D
Barbecho	SR		77	86	91	94
Cultivos en hileras	SR	Mala	72	81	88	91
	SR	Buena	67	78	85	89
	C	Mala	70	79	84	88
	C	Buena	65	75	82	86
	CyT	Mala	66	74	80	88
	CyT	Buena	62	71	78	88
Granos pequeños	SR	Mala	65	76	84	88
	SR	Buena	63	75	83	87
	C	Mala	63	74	82	85
	C	Buena	61	73	81	84
	CyT	Mala	61	72	79	82
	CyT	Buena	59	70	78	81
Legumbres tupidas o rotación de pradera	SR	Mala	66	77	85	89
	SR	Buena	58	72	81	85
	C	Mala	64	75	83	85
	C	Buena	55	69	78	83
	CyT	Mala	63	73	80	83
	CyT	Buena	51	67	76	80
Pradera o pastizal		Mala	68	79	86	89
		Regular	49	69	79	84
	C	Mala	47	67	81	88
	C	Buena	10	35	70	79
	C	Regular	25	59	75	83
Pradera (permanente)			30	58	71	70
Bosques (lotes de bosques)		Mala	45	66	77	83
		Regular	36	60	73	79
		Buena	25	55	70	77
Cascos de estancias			59	74	82	86
Caminos (revestidos)			72	82	87	89
(Con pavimentos duros)			74	84	90	92

SR son hileras rectas. T son terrazas.
C son líneas de nivel. CyT son terrazas a nivel.

CAPÍTULO 8

VALORACIÓN DE LA FLUCTUACIÓN DEL NIVEL FREÁTICO

El estudio de los niveles de agua subterránea tiene una gran importancia, debido a la relevancia de esta variable como parte interviniente en el ciclo hidrológico. Es preciso conocer las fluctuaciones de los niveles freáticos, su tendencia histórica y los períodos de máximos y mínimos niveles, ya que esto permite evaluar diversos proyectos civiles.

Las oscilaciones del nivel freático (NF) se debe a causas que suponen un cambio en el almacenamiento subterráneo, tales como la sucesión de épocas secas y húmedas, variación de niveles en cuerpos de agua conectados al acuífero, entre otros.

Custodio y Llamas (1976) expresan que las oscilaciones de los niveles piezométricos pueden ser rápidas, cuya duración varía desde menos de un minuto a poco más de un día; o de períodos largos, donde se repiten en base a un ciclo semianual, anual o de varios años. Así mismo, destacan que la correlación entre lluvias y niveles de agua subterránea no siempre es clara. Parece más conveniente relacionar niveles con desviaciones acumuladas de la pluviometría respecto a la media.

Estos niveles de agua subterránea medidos en un pozo, en un período de tiempo, pueden ser representados en gráficos cartesianos denominados freatigramas. Del análisis de este tipo de gráficos, se pueden identificar períodos de ascensos y descensos de niveles, y relacionarlos con las precipitaciones, volúmenes de extracción de agua, entre otros aspectos.

8.1 ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se ubica dentro de la denominada “Colonia Freyre”, donde de la misma abarca 83 km².

La precipitación media anual para la serie “1967-2013” es de 953mm, con un valor máximo de 1480 mm (1973) y un mínimo de 549 mm (1988). Vale señalar que, en la zona, se presenta una alternancia de ciclos secos y húmedos, donde a partir del año 2011 las precipitaciones vienen superando la media, evidenciándose eventos lluviosos intensos y concentrados arealmente.

8.2 UBICACIÓN DE LOS POZOS DE MONITOREO

Por medio de la Figura 86, se pretende denotar la ubicación de cada uno de los pozos de monitoreo, donde los mismos son materializados mediante los denominados “aljibes” ubicados en propiedades rurales. Más aún, se destaca que dichas labores, tendientes a valorar la fluctuación del nivel freático, son realizadas mediante procedimientos básicos, no requiriendo de personal especializado.

Según se pudo investigar, el monitoreo se realiza mensualmente, existiendo periodos en los cuales las lecturas se han visto interrumpidas, ello debido a problemas de índole técnico.

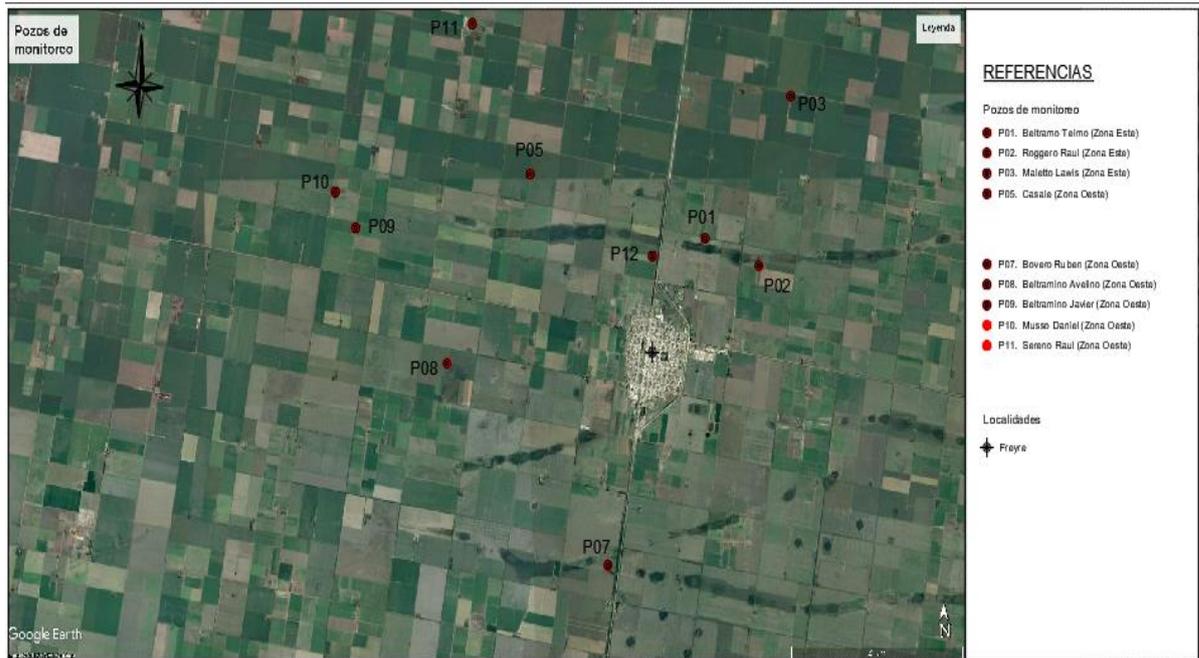


Figura 86: Ubicación de los pozos de monitoreo correspondientes al sector rural (Google Earth, 2016)

Del mismo modo, se valoraron los pozos PF1, PF2, PF3, PF4 dentro de la localidad, siendo estos reflejados en la figura 87.



Figura 87: Ubicación de los pozos de monitoreo dentro del ejido urbano (Google Earth, 2016)

8.3 FLUCTUACIÓN DEL NIVEL FREÁTICO

Por medio de la Tabla 14, se pretende denotar cómo han sido valorados los registros del NF en cada uno de los pozos, refiriendo en este caso particular aquellos correspondientes al

Pozo N°1, cuyas lecturas son realizadas periódicamente por la Cooperativa Agrícola Ganadera y de Consumo Freyre Limitada.

Tabla 14: Registro de la profundidad de los niveles freáticos entre los años 2005 y 2016

POZO DE MONITOREO N°1													
PROPIETARIO: BELTRAMO													
	ALITURA NIVEL FREÁTICO												PROMEDIO ANUAL
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2005	7.60	6.74	6.80	6.86	6.70	6.66	6.70	6.80	6.80	6.60	7.00	6.80	6.84
2006	6.75	6.72	6.70	6.62	7.95	7.44	8.00	7.80	7.79	7.68	7.70	7.75	7.41
2007	7.70	7.60	7.00	6.10	6.40	6.26	6.30	6.10	6.21	6.15	6.10	6.20	6.51
2008	6.10	6.15	6.13	6.05	6.10	6.00	5.82	5.60	5.50	6.15	5.50	5.43	5.88
2009	5.68	5.92	6.00	6.15	6.00	5.95	6.00	6.12	6.10	6.05	6.05	6.00	6.00
2010	6.00	6.05	6.10	6.12	5.96	5.80	5.85	5.90	5.70	5.77	5.80	6.00	5.92
2011	6.00	5.85	5.90	5.92	6.10	6.37	6.40	6.55	6.00	5.60	6.00	6.30	6.08
2012	5.90	5.60	6.20	6.75	6.40	6.38	6.10	6.02	5.70	5.45	5.00	3.20	5.73
2013	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.40	3.40
2014	3.00	3.10	3.20	3.30	3.38	3.40	3.44	3.46	3.48	3.52	3.62	3.82	3.39
2015	3.98	3.94	3.00	2.32	2.35	2.38	2.48	2.25	2.10	2.15	2.20	2.28	2.62
2016	2.50	2.35	0.00	0.00	0.77	0.00	0.00	0.00	1.10	1.40	0.00	1.60	1.62

8.3.1 Variabilidad nivel freático (zona Este)

Por medio de las Figuras 88-94, se podrá observar la variabilidad del NF en algunos de los pozos de monitoreo, ello en relación a las precipitaciones anuales, considerando una simplificación en las series históricas, es decir tomando en cuenta lo ocurrido desde el año 2005 - 2016.

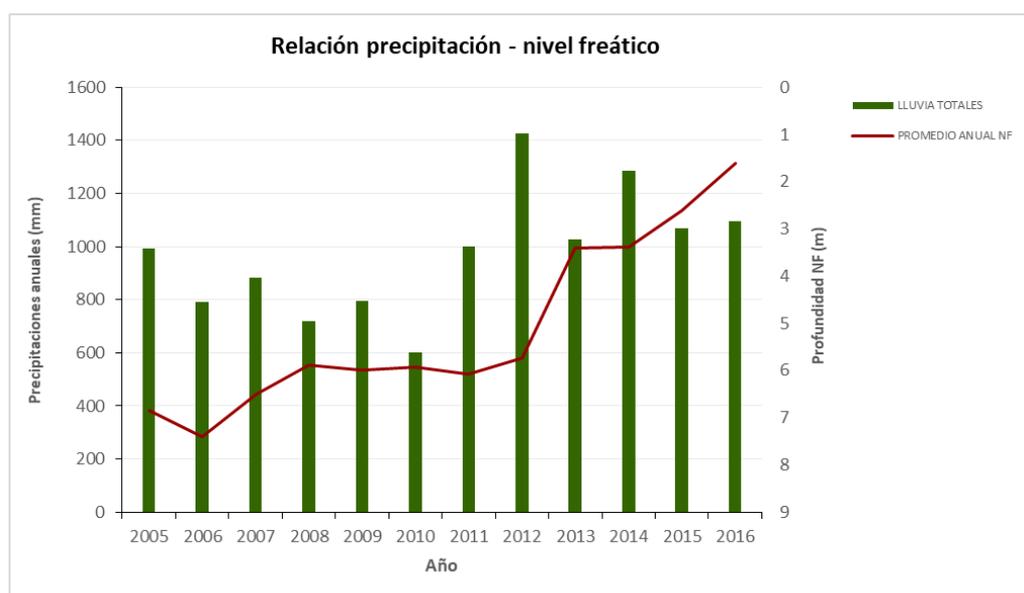


Figura 88: Fluctuación del nivel freático, sector Este - Pozo N°1

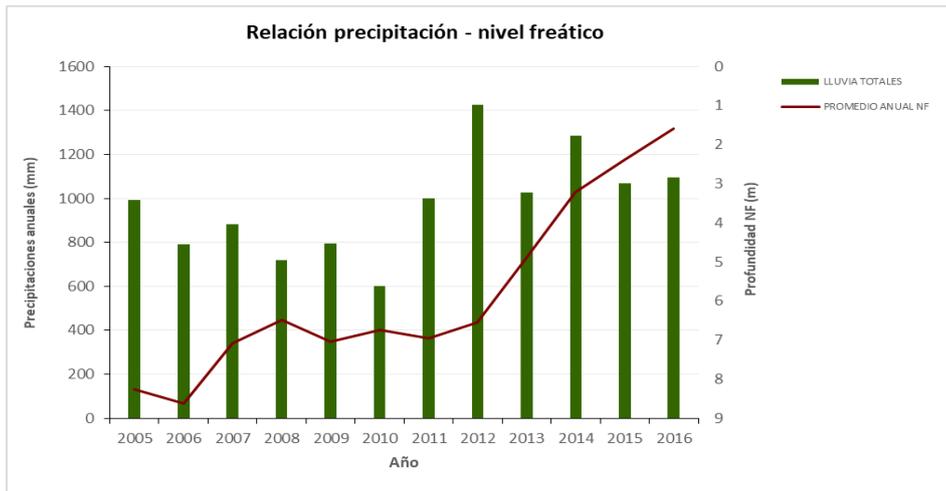


Figura 89: Fluctuación del nivel freático, sector Este - Pozo N°3

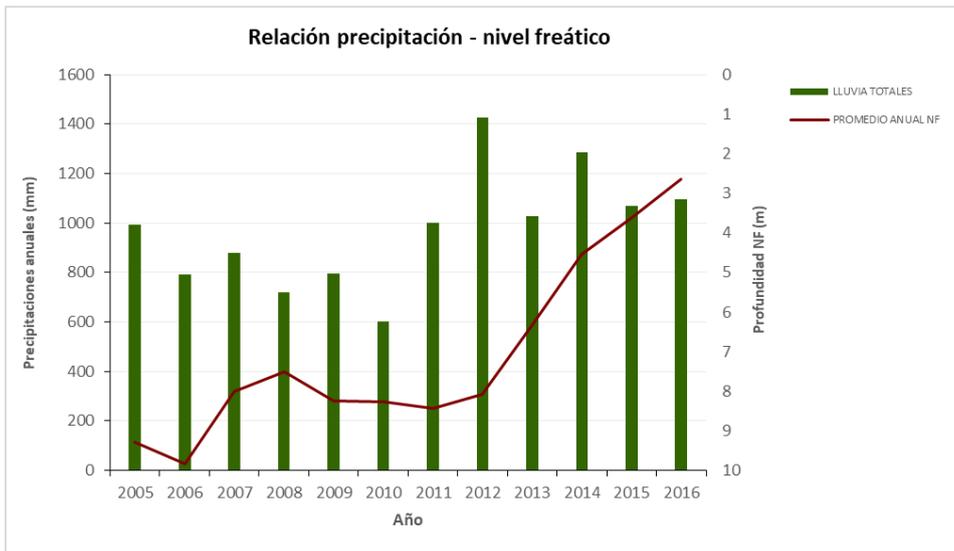


Figura 90: Fluctuación del nivel freático, sector Este - Pozo N°4

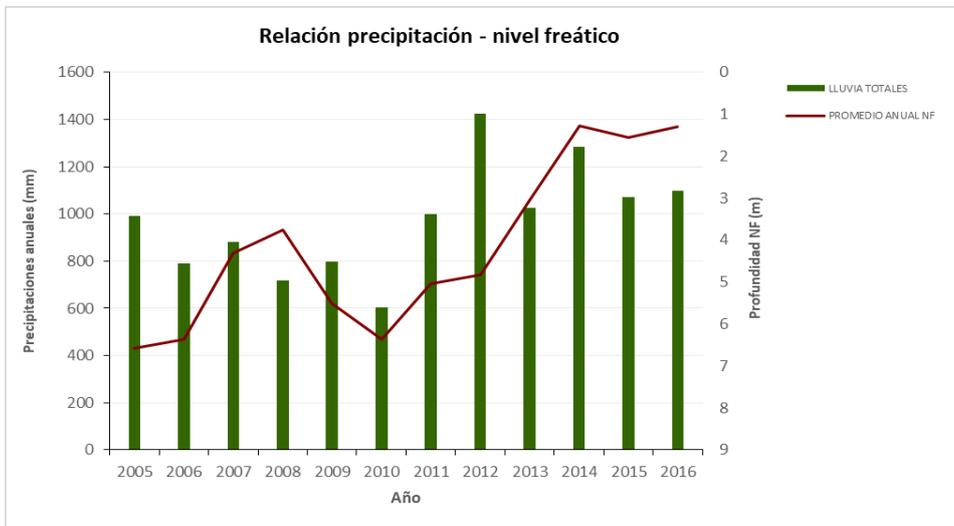


Figura 91: Fluctuación del nivel freático, sector Este - Pozo N°5

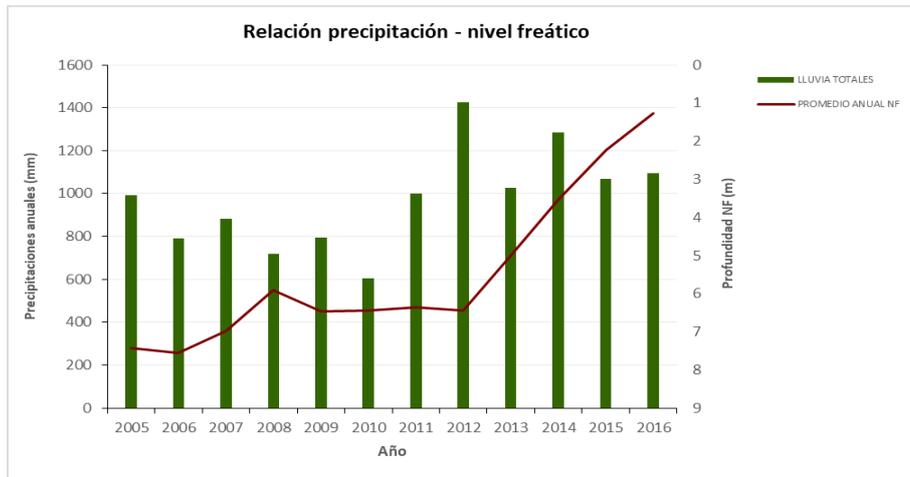


Figura 92: Fluctuación del nivel freático, sector Oeste - Pozo N°7

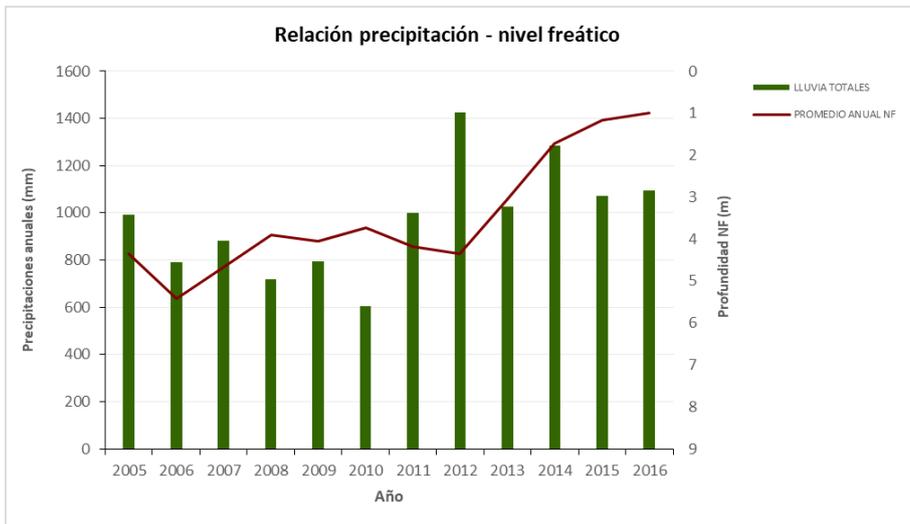


Figura 93: Fluctuación del nivel freático, sector Oeste - Pozo N°8

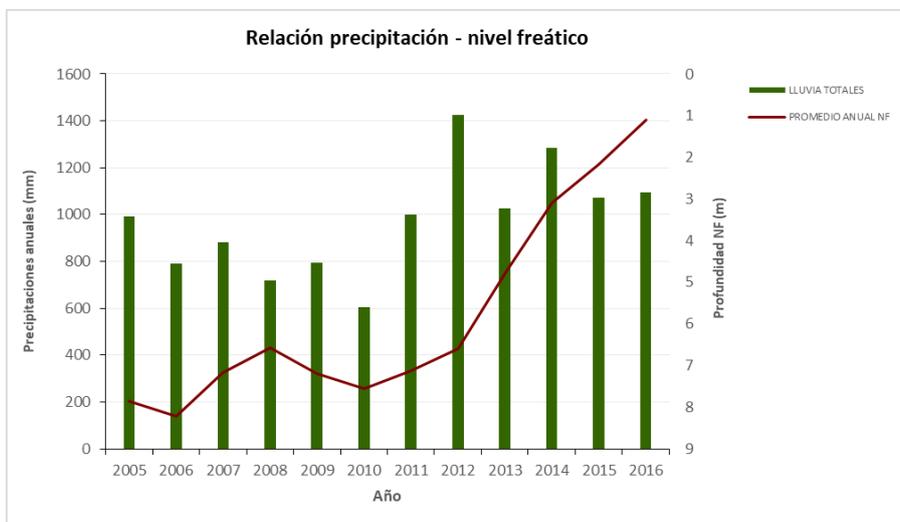


Figura 94: Fluctuación del nivel freático, sector Oeste - Pozo N°12

8.4 CONCLUSIONES

En torno a lo valorado, se puede observar que el NF presentó un comportamiento relativamente similar en cada uno de los pozos de monitoreo. Más aún, se destaca el incremento notorio que ha evidenciado luego del año 2012; donde las precipitaciones superaron la media anual. De este modo, en algunos pozos la respuesta se produjo meses después, mientras que en otros la sensibilidad no ha sido tan notoria.

En base a la variancia del NF en función del tiempo, se puede afirmar que ello ha sido uno de los motivos por el cual ciertos bajos naturales son anegados con mayor frecuencia, en relación con precipitaciones intensas registradas en corto tiempo. El ascenso del NF representa una gran preocupación que no sólo padece el sector agropecuario, sino también la comunidad en general; ello por los graves inconvenientes en el casco urbano registrados, con viviendas y edificios históricos deteriorados a causa de la humedad.

Cabe destacar que no ha sido objeto de este apartado el realizar un Balance Hídrico de la región y, por ello, ciertas variables como la ETP no han sido consideradas. Por otro lado, vale resaltar que la confiabilidad en los resultados, en torno a las estimaciones de las variables y los ajustes realizados, está directamente relacionada con la calidad de los datos utilizados.

CAPÍTULO 9

ELABORACIÓN DEL MODELO HIDROLÓGICO

9.1 MODELACIÓN HIDROLÓGICA

La modelación hidrológica de las cuencas hidrográficas permite realizar pronósticos de las posibles afectaciones de una zona, ello debido a la ocurrencia de lluvias extremas máximas.

La necesidad de predecir el efecto que ocasionan los fenómenos meteorológicos es cada vez mayor, especialmente en el sector socioeconómico. De esta manera, el estudio del escurrimiento permite entender el comportamiento de una cuenca ante la presencia de lluvias intensas que pueden provocar anegamientos.

La problemática asociada a las avenidas y las inundaciones que provocan las precipitaciones resulta compleja, ya que intervienen numerosos factores entre los cuales se encuentran: la magnitud y localización de las poblaciones, las obras y la actividad antropogénica en las zonas estudiadas, las características fisiográficas y morfométricas de la cuenca, incluyendo su sistema fluvial.

Tal como resalta Arias Lastre (2015), los modelos de transformación lluvia – escurrimiento son una herramienta muy útil en la previsión de las avenidas, por lo que es vital contar con un análisis que permita conocer el comportamiento de la cuenca ante la ocurrencia de precipitaciones intensas, especialmente en nuestro país, que se ve afectado con frecuencia por lluvias intensas, provocando inundaciones en intervalos de tiempo relativamente cortos, las que traen aparejados daños sociales y económicos. Sin embargo, la falta de datos en las zonas de estudio es un problema latente que complica el proceso; por ello el uso de modelos numéricos es la mejor opción para realizar estudios como estos, específicamente el modelo HEC-HMS, que puede cubrir dichas carencias y simular un evento de escurrimiento tomando en cuenta las características fisiográficas de la cuenca.

9.2 DESCRIPCIÓN DEL MODELO APLICADO / HEC-HMS

En virtud de las características del sistema y de la calidad de información disponible, se seleccionó el modelo de simulación HEC-HMS¹¹ (USACE, 2000), siendo éste uno de los más ampliamente utilizados en el mundo, siendo muy conocida su aplicación para la simulación de la respuesta de cuencas hídricas a las precipitaciones.

El modelo trabaja básicamente sobre tres tipos de datos a saber:

- Las características de las cuencas de aporte.
- Las características del curso.
- Las características de la lluvia de diseño.

El modelo HEC-HMS está diseñado para simular la esorrentía superficial que resulta de una precipitación, mediante la representación de la cuenca como un sistema de componentes interconectados.

¹¹ HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center's Hydrologic Modeling System)

Cada componente modela un aspecto del proceso de lluvia - escorrentía dentro de una sub-cuenca o sub-área, los que incluyen la escorrentía superficial, el tránsito en canales – embalses. Así mismo, son representados por un conjunto de parámetros que especifica las características particulares del componente y las relaciones matemáticas que describen sus procesos físicos. Los resultados finales del proceso de modelación son los hidrogramas de caudal en lugares predeterminados de la cuenca (Figura 95).

Los hidrogramas obtenidos por el programa se usan directamente para el análisis del funcionamiento del sistema y el dimensionamiento de los elementos hidráulicos de conducción.

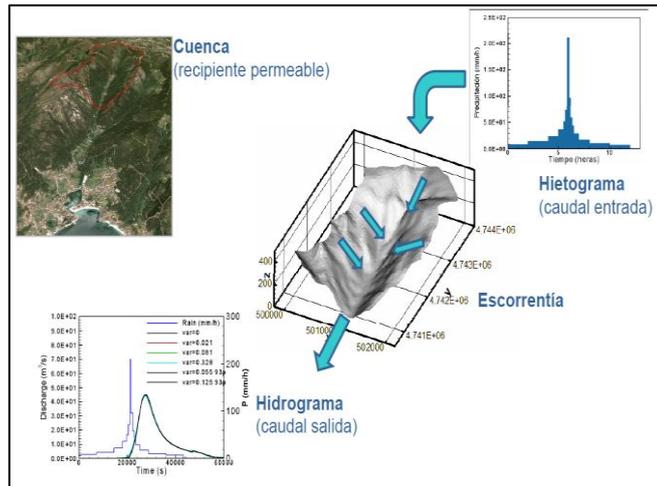


Figura 95: Esquema conceptual del modelo hidrológico HEC-HMS

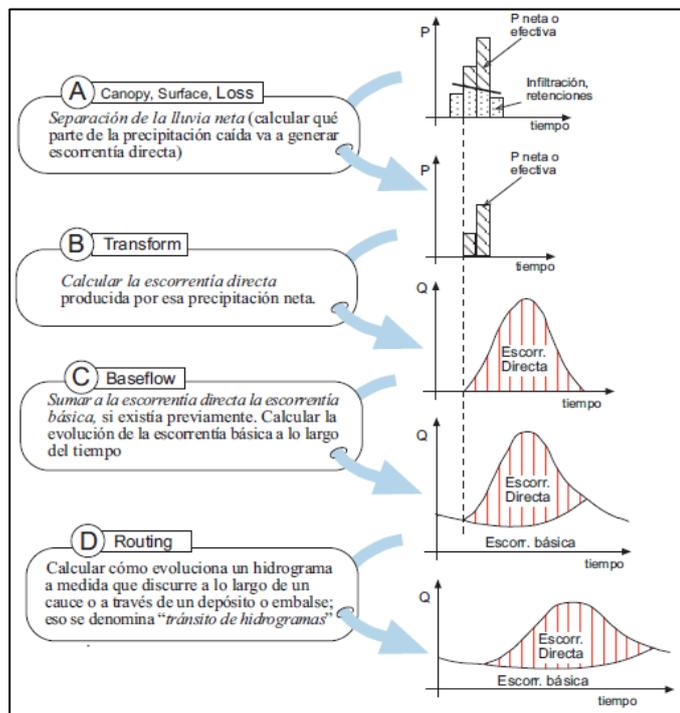


Figura 96: Etapas de la modelación hidrológica con HEC-HMS (Freiria, 2014)

9.2.1 Componentes del Modelo

Los componentes del modelo son utilizados para simular la respuesta hidrológica en una cuenca. Estos incluyen modelos de cuencas, modelos meteorológicos, especificaciones de control y datos de entrada. En una simulación se calcula la respuesta de la cuenca dada a una precipitación, una vez definido el modelo meteorológico, las especificaciones de control definen el tiempo, y el intervalo de tiempo para el cual se realizará la simulación. Los datos de entrada tales como series de tiempo, datos de grilla son requisitos como parámetros o condiciones de contorno tanto en el modelo de la cuenca como en el meteorológico.

9.2.2 Modelo de cuenca

El modelo de cuenca es utilizado para representar la parte física de la cuenca. De este modo se ha desarrollado un modelo de cuenca agregando y conectando elementos hidrológicos, donde los mismos utilizan modelos matemáticos para describir los procesos físicos en la cuenca. La Tabla 15 muestra una lista y descripción de los elementos hidrológicos disponibles.

Tabla 15: Descripción de los elementos hidrológicos en el modelo HMS (Bastidas, 2015)

Elemento	Descripción
Subcuenca (Subbasin)	El elemento subcuenca es utilizado para representar la parte física de la cuenca. Dada la precipitación, el caudal de salida de la subcuenca es calculado restando las pérdidas de precipitación, y transformando el exceso de precipitación en caudal de salida sumándole el gasto base
Canal (Reach)	Este elemento es utilizado para trasladar el flujo aguas abajo en el modelo de cuenca. El gasto de entrada a este elemento puede venir de uno o más elementos aguas arriba. EL flujo de salida es calculado en base al tránsito y la atenuación del hidrograma de entrada.
Unión (Junction)	Una unión se utiliza para unir el caudal proveniente de uno o más elementos hidrológicos. El caudal de salida es calculado simplemente sumando todas las entradas y asumiendo que no existe almacenamiento en la unión.
Fuente (Source)	Este elemento se utiliza para introducir caudal en la cuenca, no tiene entradas, el gasto de salida es definido por el usuario.
Salida (Sink)	El elemento salida es utilizado para representar la salida de la cuenca. El gasto de entrada a este elemento puede venir de uno o más elementos. No hay gasto de salida en este elemento.
Reservorio (Reservoir)	El reservorio se utiliza para modelar la detención y atenuación de un hidrograma causada por un reservorio, estanque de detención, embalse. El gasto de entrada puede venir de uno o más elementos hidrológicos. El caudal de salida puede ser calculado de tres formas. El usuario puede definir tablas de; almacenamiento-descarga, elevación-almacenamiento-descarga, altura-área-descarga. Se puede introducir también una relación entre la elevación y el almacenamiento o la elevación y el área y definir una o más estructuras de salida, o especificar una serie de tiempo de caudal de salida.
Desviación (Diversion)	En este elemento se modela el caudal que deja el canal principal. La entrada puede venir de uno o más elementos. La salida es de dos tipos, el caudal desviado, y el caudal que no es desviado, el desviado es calculado utilizando información de entrada, y cada una de estas salidas puede ser conectada a elementos hidrológicos.

9.2.3 Modelo Meteorológico

El modelo meteorológico calcula la precipitación requerida en una subcuenca. Se puede utilizar precipitación puntual o por grillas; teniendo la capacidad de modelar precipitación sólida y líquida junto con evapotranspiración. Así mismo, el programa posee un método de cálculo de derretimiento de nieve utilizando un algoritmo de temperatura.

Los métodos para la evapotranspiración incluyen el promedio mensual, el método de Priestel y Taylor, y el mismo método en forma de grilla. Un método de evapotranspiración es requerido sólo cuando se modelan respuestas hidrológicas en largos períodos de tiempo.

Mediante la Tabla 16 se presenta una breve descripción de los métodos disponibles para calcular la precipitación promedio o precipitación por grillas.

Tabla 16: Descripción de los métodos del modelo meteorológico (Bastidas, 2015)

Métodos para la precipitación	Descripción
Frecuencia de las tormentas (Frequency Storm)	Este método es utilizado para desarrollar un evento de precipitación en el cual el valor de la precipitación para diferentes duraciones tiene una probabilidad de excedencia consistente.
Estaciones por peso (Gage Weights)	Este método permite asignar pesos a las diferentes estaciones definidas por el usuario.
Precipitación por grilla (Gridded Precipitation)	Este método permite el uso de precipitación por grilla, tal como puede ser la proveniente de un radar meteorológico.
Inverso de la distancia (Inverse Distance)	Este método calcula el promedio en la subcuenca aplicando la ecuación del inverso de la distancia al cuadrado para las estaciones definidas por el usuario.
Tormenta del SCS (SCS Storm)	Este método aplica una distribución específica del SCS a una tormenta con una duración total de 24 horas.
Hietograma especificado (Specified Hyetograph)	En este método el usuario introduce el hietograma para la subcuenca.
Tormenta estándar de proyecto (Standard Project Storm)	Este método aplica una distribución en el tiempo a un valor de precipitación dado.

9.2.4 Especificaciones de control

Mediante las especificaciones de control, se define el momento de inicio y finalización durante el cual se realizará la simulación completa y la longitud del paso o intervalo de tiempo con que se realizarán los cálculos del modelo. Es importante tener en cuenta que las especificaciones de control deben coincidir con los intervalos de tiempo de la lluvia; ya que, de no ser así, se pueden cometer errores y contar una tormenta dos veces.

9.2.5 Datos de entrada

El programa requiere, como datos de entrada, la información proveniente de las estaciones de medición de la precipitación y de los caudales, así como también datos del embalse y sus componentes cuando sea necesario. Estos se introducen como parámetros o condiciones de contorno en el modelo de la cuenca y en el meteorológico, pudiendo realizarse de forma manual o mediante un registro creado por un fichero HEC-DSS (HEC-Data Storage System).

9.2.6 Fundamentos teóricos de los métodos adoptados de producción y transferencia

Los elementos hidrológicos utilizan métodos de cálculo para describir los procesos físicos que se producen en la cuenca (pérdida, transformación de lluvia-caudal y flujo base).

En relación a los tramos de los cauces, se emplean métodos de cálculo relativos a la propagación de caudales.

Finalmente, y por medio de la tabla 17, se destacan los métodos hidrológicos que incluye el modelo HEC-HMS.

Tabla 17: Métodos hidrológicos utilizados en el HEC-HMS

Pérdidas	Transformación lluvia neta en escurrimiento	Flujo base	Tránsito avenida por el cauce
Déficit y tasa constante(DC)	Onda cinemática	Recesión restringida	Modelo Lag.
Inicial y tasa constante	ModClark	Recesión	Puls modificado.
Exponencial	HU SCS	Constante mensual	Muskingum
Número de curva CN SCS	HU Snyder	Depósito lineal	Muskingum-Cunge
Green y Ampt	HU especificado por el usuario		Straddle Stagger.
Consideración de la humedad del suelo (SMA)	Hidrograma en S del usuario		Onda Cinemática
DC por celdas			
CN SCS por celdas	Hidrograma Unitario (HÚ) de Clark		
SMA por celdas			

9.2.6.1 Método para determinar las pérdidas: SCS Curve Number

El método del Número de Curva (CN) del Servicio de Conservación de Suelos (SCS, 1975), es una técnica semiempírica que permite estimar la infiltración. Este método considera todas las pérdidas netas menos la evaporación real. Para tormentas simples presume que se cumple la siguiente relación: el escurrimiento real “Q” es al escurrimiento potencial “P” como el déficit real “P-Q” es al déficit potencial “S”. Matemáticamente:

$$\frac{Q}{P} = \frac{P - Q}{S} \quad (10)$$

Si se despeja “Q” de la ecuación anterior:

$$Q = \frac{P^2}{P + S} \quad (11)$$

Introduciendo una retención inicial denominada “Ia”:

$$Q = \frac{(P - Ia)^2}{P - Ia + S} \quad (12)$$

La expresión anterior es válida si se cumple que $P \geq a$ y $S \geq Ia + F$, siendo “F” el volumen infiltrado. La retención inicial “Ia” incluye la intercepción por la cobertura vegetal, el almacenamiento superficial y la infiltración.

Empíricamente se puede considerar a “*Ia*” como el 20% de las pérdidas potenciales máximas (*S*). Remplazando este valor de en la ecuación anterior se obtiene finalmente:

$$Q = \frac{(P - 0.2 S)^2}{P + 0.8 S} \quad (13)$$

El parámetro “*S*” se expresa en función del Número de Curva (*CN*), mediante la siguiente ecuación:

$$Q = 25.4 \frac{100}{CN} - 10 \quad (14)$$

Vale mencionar que “*S*” varía desde 0 hasta un valor indefinido, por ello se expresa en función del Número de Curva, ya que este valor en cambio varía entre 0 y 100. Respecto al Número de Curva, que se encuentra tabulado, depende de tres parámetros:

- Tipo de suelo, relacionado con el potencial de escurrimiento del suelo.
- Uso y tratamiento del suelo.
- Condición de humedad antecedente.

En relación al tipo de suelo, hay que clasificarlo en uno de los cuatro grupos hidrológicos existentes (Tabla 18). Estos, van desde A hasta D, representando el grupo A un potencial de escurrimiento mínimo y el D uno de escurrimiento alto. Para asignar a un suelo un grupo definitivo, hay que considerar su composición, su textura y la profundidad del nivel freático.

Tabla 18: Clasificación hidrológica de los suelos

Grupo A:	Tienen altos porcentajes de infiltración y de humedad (bajo porcentaje de escorrentía).
Grupo B:	Tienen moderados porcentajes de infiltración y son moderadamente bien drenados (moderadamente bajo porcentaje de escorrentía).
Grupo C:	Tienen bajos porcentajes de infiltración (lenta), los cuales cuentan con un estrato que impide el movimiento del agua hacia abajo (moderadamente alto porcentaje de escorrentía).
Grupo D:	Tienen muy bajos porcentajes de infiltración (muy lenta), suelos arcillosos expansivos, con un nivel freático alto permanente (alto porcentaje de escorrentía).

El “*CN*” (número de curva de escorrentía o complejo hidrológico suelo y cobertura vegetal) es en realidad una transformación empírica del parámetro “*S*”. La ecuación del “*CN*” en mm es:

$$CN = \frac{25400}{S + 254} \quad (15)$$

Conforme la Figura 97, las gráficas del escurrimiento directo Q, en función de la precipitación de la tormenta P en las cuencas naturales, demuestran que Q se aproxima a P, mientras P aumentan la tormenta. Los mismos datos muestran que “P-Q” se aproximan a una constante mientras que P continúa aumentando. La constante S es la diferencia máxima (P-Q) que podría ocurrir para la tormenta dada en las condiciones de la cuenca.

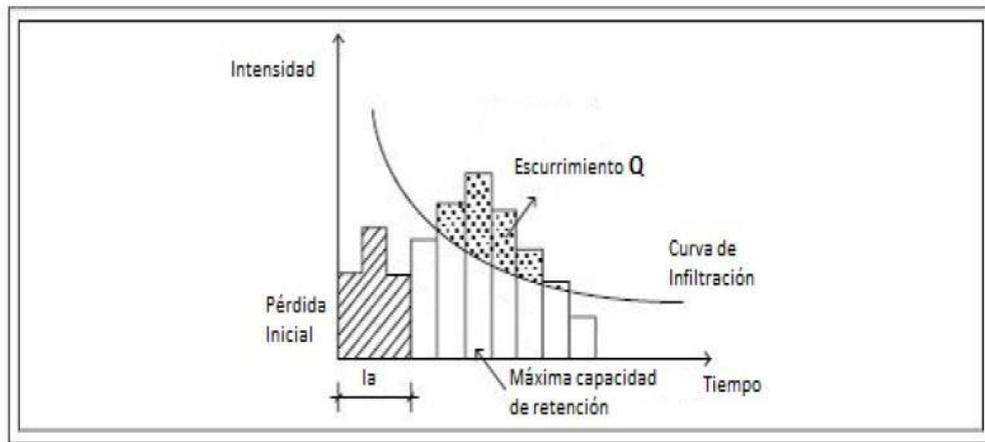


Figura 97: Variables del método SCS (Chow et al., 1994)

La variable S es, entonces, un potencial máximo (P-Q) real que ocurre y está limitado por el agua almacenada en el suelo o por la intensidad de la infiltración al aumentar P.

En la Figura 97 se muestra que “Ia” es igual a la precipitación que ocurre antes que comience el escurrimiento. Físicamente “Ia” consta principalmente de: interceptación, infiltración y almacenamiento superficial.

El uso y tratamiento del suelo es otro aspecto importante a considerar, ya que tiene la particularidad de poder cambiar estacionalmente. La condición de humedad antecedente se refiere a la precipitación caída en los cinco días anteriores a la fecha de estudio. Hay tres condiciones: condición I para suelos secos; condición II para suelos con una humedad promedio; y condición III para suelos con mucha humedad. En estudios de avenidas normalmente se considera la condición II o III.

Del mismo modo, para estimar el número de curva considerando el antecedente de 5 días de lluvia, el cual es simplemente la suma de la lluvia de los 5 días anteriores al día considerado, se presenta la Tabla 19.

Tabla 19: Precipitación total en los 5 días anteriores

Plantas en periodo latente	Plantas en periodo de crecimiento	Humedad previa
Menos de 13 mm	menos de 35 mm	Seco (I)
De 13 a 32 mm	De 35 a 52 mm	Normal (II)
Más de 32 mm	Más de 52 mm	Húmedo (III)

A continuación, se observan las diferentes ecuaciones empleadas para realizar las respectivas transformaciones de CN(II) al CN(I) o CN(III) (Chow et al., 1992).

$$CN(I) = \frac{4.2 \text{ CN (II)}}{10 - 0.058 \text{ CN (II)}} \quad (16)$$

$$CN(III) = \frac{23 \text{ CN (II)}}{10 + 0.13 \text{ CN (II)}} \quad (17)$$

Donde:

- CN (II) = P_o para condiciones de humedad previa II (normal), obtenido de tablas
- CN (I) = P_o para condiciones de humedad previa I (seco).
- CN (III) = P_o para condiciones de humedad previa III (húmedo).

Para realizar los diferentes cálculos es necesario estimar primero el número de curva CNII, y a continuación se debe hacer un análisis de acuerdo con las condiciones antecedentes de humedad que se presentan en la cuenca hidrográfica, con el fin de establecer a que número de curva corresponde, si al CNI o al CNIII.

En la Figura 98 se observan las curvas de CN estandarizadas.

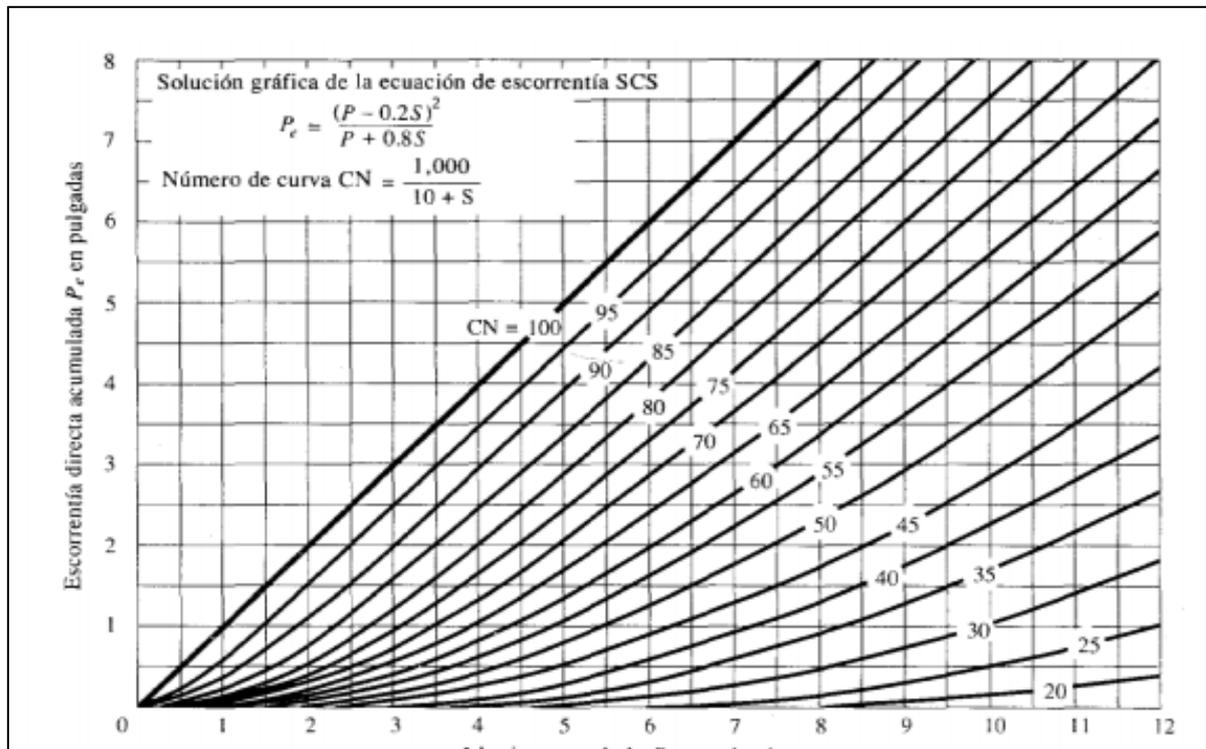


Figura 98: Correlación de CN para calcular el hidrograma de Precipitación de Excesos

En la Tabla 20 se presenta la clasificación del número de curva dependiendo el tipo de suelo.

Tabla 20: Valor del número de curva para cada tipo de suelo (Chow et al., 1994)

Descripción del uso de la tierra		Grupo hidrológico del suelo			
		A	B	C	D
Tierra cultivada ¹ :	sin tratamientos de conservación	72	81	88	91
	con tratamientos de conservación	62	71	78	81
Pastizales:	condiciones pobres	68	79	86	89
	condiciones óptimas	39	61	74	80
Vegas de ríos: condiciones óptimas		30	58	71	78
Bosques:	troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas,	45	66	77	83
	cubierta buena ²	25	55	70	77
Áreas abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.	óptimas condiciones: cubierta de pasto en el 75% o más	39	61	74	80
	condiciones aceptables: cubierta de pasto en el 50 al 75%	49	69	79	84
Áreas comerciales de negocios (85% impermeables)		89	92	94	95
Distritos industriales (72% impermeables)		81	88	91	93
Residencial ³ :					
Tamaño promedio del lote	Porcentaje promedio impermeable ⁴				
1/8 acre o menos	65	77	85	90	92
1/4 acre	38	61	75	83	87
1/3 acre	30	57	72	81	86
1/2 acre	25	54	70	80	85
1 acre	20	51	68	79	84
Parqueaderos pavimentados, techos, accesos, etc. ⁵		98	98	98	98
Calles y carreteras:					
Pavimentados con cunetas y alcantarillados ⁵		98	98	98	98
grava		76	85	89	91
tierra		72	82	87	89

1 Para una descripción más detallada de los números de curva para usos agrícolas de la tierra, remitirse a Soil Conservation Service, 1972, Cap. 9

2 Una buena cubierta está protegida del pastizaje, y los desechos del retiro de la cubierta del suelo.

3 Los números de curva se calculan suponiendo que la escorrentía desde las casas y de los accesos se dirige hacia la calle, con un mínimo del agua del techo dirigida hacia el césped donde puede ocurrir infiltración adicional.

4 Las áreas permeables restantes (césped) se consideran como pastizales en buena condición para estos números de curva.

5 En algunos países con climas más cálidos se puede utilizar 95 como número de curva.

9.2.6.1.1 Determinación del número de curva (CN)

El valor ponderado de CN, humedad antecedente II, fue determinado en relación al uso de suelo que presentan cada una de las unidades hidrológicas consideradas, sumado a la vegetación existente en dichos sectores.

Según la clasificación hidrológica de los suelos del SCS, los suelos de la región se asocian al Grupo Hidrológico C, suelos de mediano a alto potencial de escurrimiento. Por ello, se asignó un índice Curva Número (CN) de 71 para las microcuencas rurales y de 80 para las correspondientes al sector urbano, según se detalla en la Tabla 21.

Tabla 21: Valores de CN adoptados para el sector en estudio

VALORES DE CN	
SC-URB I:	CN = 80
SC-URB II:	CN = 80
SC-URB III:	CN = 80
SC-URB IV:	CN = 80
SC-URB V:	CN = 80
SC-URB VI:	CN = 80
SC-URB VII:	CN = 80
SC-URB VIII:	CN = 80
SC-URB IX:	CN = 80
SC-URB X:	CN = 80
SC-URB XI:	CN = 80
SC-RURAL I:	CN = 71
SC-RURAL II:	CN = 71
SC-RURAL III:	CN = 71
SC-RURAL IV:	CN = 71
SC-RURAL V:	CN = 71
SC-RURAL VI:	CN = 71

9.2.6.2 Método para transformar la lluvia neta en escurrimiento

Uno de los aspectos de mayor importancia, en relación al modelo de simulación del HEC-HMS, lo constituyen los modelos para calcular la esorrentía directa producida por la precipitación neta, destacando los siguientes:

- Clark Unit Hydrograph: Hidrograma unitario sintético de Clark.
- Kinematic Wave: Onda cinemática.
- ModClark: Hidrograma unitario sintético modificado de Clark.
- SCS Unit Hydrograph: Hidrograma unitario sintético del SCS.
- Snyder Unit Hydrograph: Hidrograma unitario sintético de Snyder.
- User-Specified S-Graph: Curva S definida por el usuario.

9.2.6.2.1 Hidrograma unitario definido por el usuario

El hidrograma unitario de Clark consiste en la superposición de un tramo de transporte lineal que representa el retraso, y un embalse lineal, asociado a la amortiguación (estos dos componentes se modelan separadamente). El flujo de salida del tramo de transporte lineal es el flujo de entrada del embalse lineal, y el flujo de salida del embalse lineal es el HUI.

El tramo de transporte lineal emplea el método de las isocronas (relación entre el área y tiempo) para describir la propagación de la escorrentía en la cuenca.

Las isocronas representan la superficie porcentual de la cuenca que se encuentra a un tiempo de desplazamiento determinado del punto de desagüe. La relación de área-tiempo se realiza dividiendo el área de la cuenca en varias subcuencas, con distinto tiempo de recorrido de la escorrentía superficial, desde la línea isocrona seleccionada hasta el punto de salida. Según Hoggan (1997) el método de las isocronas se efectúa en los siguientes pasos:

- Se divide la cuenca en varias subcuencas, tal que el intervalo T_c tiempo de recorrido, a través de cada una, sea igual al tiempo de recorrido desde el punto más alejado dividido por el número de subcuencas más uno. Las líneas divisorias de las subcuencas se denominan isocronas, cuyo número debe ser mayor a 5.
- Se calculan las áreas parciales que se encuentran limitadas por cada isocrona.
- Se construye el polígono de área y tiempo de viaje. Para el hidrograma unitario, con una lluvia efectiva también unitaria. La lluvia efectiva es instantánea.
- El polígono de áreas, puede, por lo tanto, representar el hidrograma de entrada al embalse hipotético, el cual se transita hacia la salida.
- Se transforma el hidrograma transitado en d) a unidades de caudal usando un factor de f , obteniendo así el Hidrograma Unitario Instantáneo (HUI).

$$f = \frac{\text{Lluvia efectiva unitaria en } m \times \text{Área total en } m^2}{\text{Intervalo entre isocronas en seg.} \times 100} \quad (18)$$

f) Promediando las ordenadas del HUI se obtiene el HUI para una duración igual al intervalo entre isocronas.

g) Se transforma el HU resultante al HU para la duración de la lluvia efectiva deseada mediante el procedimiento de la curva S. En la Figura 99 se observa el procedimiento llevado a cabo cuando se emplea el hidrograma unitario de Clark Hoggan (1997):

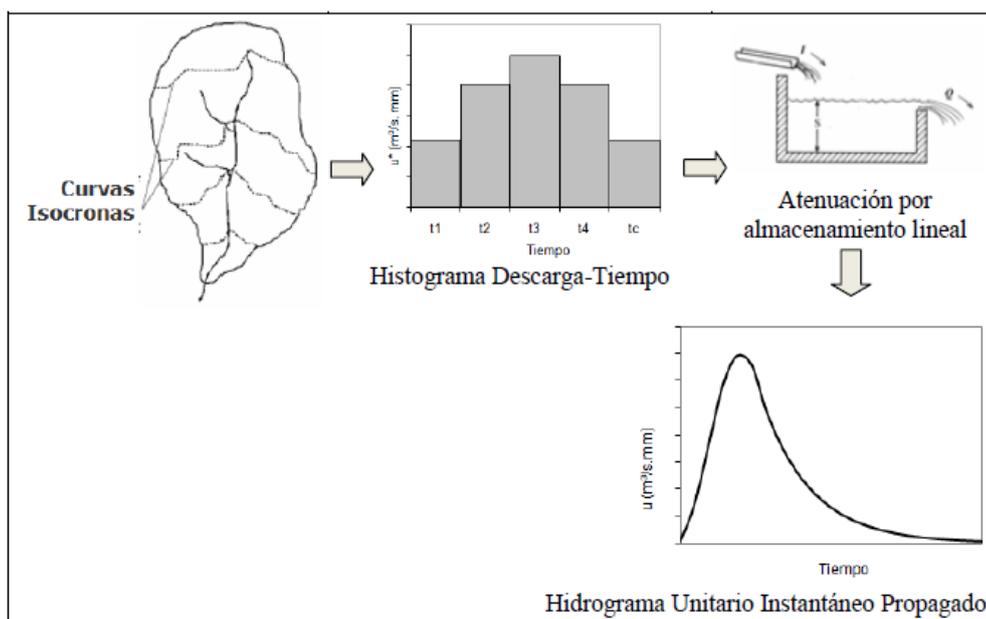


Figura 99: Modelo conceptual del hidrograma Unitario de Clark

El componente de embalse lineal representa los efectos globalizados del almacenamiento y resistencia en la cuenca. El caudal de salida del embalse y el almacenamiento se relacionan de la siguiente manera (Hoggan, 1997).

$$S_i = K Q_i \quad (19)$$

Donde:

S_i = Almacenamiento al final del periodo i

Q_i = Caudal de salida durante el periodo i

K = Coeficiente de almacenamiento

El caudal de salida del embalse lineal es analizado por medio de una ecuación de continuidad (Hoggan, 1997).

$$I_1 = \frac{Q_{i-1} + Q_i}{2} = \frac{S_i - S_{i-1}}{\Delta t} \quad (20)$$

Donde:

I_1 = Caudal de entrada promedio en el periodo.

i = determinado de la relación de área-tiempo.

Combinando las ecuaciones [19] y [20], (Hoggan, 1997):

$$I_1 = \frac{Q_{i-1} + Q_i}{2} = \frac{KQ_i - KQ_{i-1}}{\Delta t} \quad (21)$$

Realizando una sustitución de la siguiente manera (Hoggan, 1997):

$$c = \frac{2\Delta t}{2K + \Delta T} \quad (22)$$

Se obtiene la siguiente ecuación (Hoggan, 1997):

$$Q_i = c I_1 + (1 - c)Q_{i-1} \quad (23)$$

Un hidrograma unitario de duración se computa como un promedio de dos hidrogramas unitarios instantáneos, espaciados con un intervalo de tiempo por medio de la siguiente ecuación (Hoggan, 1997):

$$U_i = 0.5 (Q_i + Q_{i-1}) \quad (24)$$

Donde: U_i = Hidrograma unitario.

Los parámetros del método de Clark son el tiempo de concentración (T_c) y el coeficiente de almacenamiento (K), los cuales representan la curva del embalse lineal del almacenamiento y el caudal de salida.

Los parámetros se pueden obtener de los hidrogramas de los eventos, el tiempo de concentración se puede obtener gráficamente (el tiempo de duración entre el instante en que se termina la precipitación y el punto de inflexión o cambio de curvatura del hidrograma). Así mismo K se puede estimar dividiendo la descarga de la escorrentía directa en el punto de inflexión entre la pendiente de la curva en ese punto. El punto de inflexión, para el flujo de entrada al embalse lineal, es cero y por lo tanto, en ese término se puede quitar, obteniendo así la siguiente expresión:

$$-\frac{Q_{i-1} + Q_i}{2} = \frac{S_i - S_{i-1}}{\Delta t} \quad (25)$$

Sustituyendo la relación lineal de la ecuación (19) para S_i y S_{i-1} y despejando K , queda de la siguiente manera (Hoggan, 1997).

$$K = \frac{(Q_{i-1} + Q_i)/2}{-[(Q_i - Q_{i-1})/\Delta t]} \quad (26)$$

Esto indica que K es igual a la descarga promedio del punto de inflexión dividido por el negativo de la pendiente del punto de inflexión del hidrograma.

Otro medio para estimar el valor del parámetro K es determinando el volumen restante después del punto de inflexión y dividirlo por el volumen del flujo en ese punto. Por otro lado, K puede ser determinado como un promedio de los resultados de los análisis de diferentes hidrogramas. Asimismo, existen diferentes métodos para encontrar esta función de transferencia; adoptándose el Hidrograma Unitario de Clark. Conocido el T_c , Clark propone el cálculo del coeficiente de almacenamiento " K " como: $K = 0,50$ a $0,80 * T_c$. De este modo, se adoptó $k=0,75$ de T_c .

9.2.6.3 Tránsito de caudales

El discurrir del caudal a lo largo de un cauce o a través de un embalse da lugar a un nuevo hidrograma. HEC-HMS permite, por medio de varios modelos, representar la transformación que experimenta el hidrograma entre los puntos inicial y final de un tramo de un cauce, los modelos que usa son:

- *Kinematic Wave*: Modelo de onda cinemática.
- *Lag*: Modelo Lag.
- *Modified Puls*: Modelo de Puls modificado.
- *Muskingun*: Modelo de Muskingum.
- *Muskingun-Cunge*: Modelo de Muskingum-Cunge.
- *Straddle Stagger*: Modelo de Straddle Stagger.

La aplicación permite considerar varias subcuencas dentro de una cuenca, HEC-HMS realiza los cálculos de las tres primeras fases y calcula la cuarta fase para cada tránsito a lo largo de un cauce; la evolución del hidrograma generado en una subcuenca, circula por la subcuenca siguiente y así sucesivamente hasta llegar a la desembocadura de la cuenca.

Al final, suma todos los caudales generados y transitados a lo largo del recorrido y proporciona los resultados del hidrograma en la salida de la cuenca, ya sea en forma gráfica como en forma tabular.

9.2.6.3.1 Modelo de Tránsito de Caudales Método de Muskingum Cunge

En los puntos en los que se unen varios elementos hidrológicos y el flujo resultante viaja en cauce, es necesario realizar un tránsito del hidrograma entrante para obtener el hidrograma de salida. Este tránsito estará formado por una traslación y una atenuación del hidrograma de entrada. En este trabajo, se hizo uso del método de Muskingum-Cunge, el cual representa una modificación del método de Muskingum.

Para dar una idea de este método, menester es brindar una noción globalizadora respecto del método de Muskingum Clásico, ya que el mismo deriva de este último.

Tal como plasma Freiria (2014), si en el depósito de la Figura 100 (izquierda) se produce un aumento brusco del caudal de entrada, ese aumento se reflejará en la salida atenuado (caudal máximo menor) y retardado (caudal máximo retrasado en el tiempo), Figura 86 - derecha.

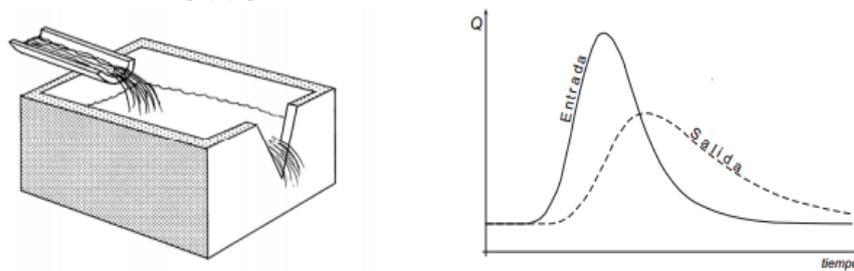


Figura 100: Efecto de retardo y atenuación en un hidrograma entre la entrada y la salida

A lo largo de un canal el efecto es similar: suponiendo que en el extremo de un canal seco arrojamos un volumen de agua (Figura 101), el hidrograma generado (posición A del dibujo) será inicialmente más alto y de menor duración. A medida que avanza, el mismo volumen pasará por los puntos B y C cada vez con un hidrograma más aplanado. Suponemos que no existe pérdida de volumen (por infiltración o evaporación), de modo que el área comprendida bajo los tres hidrogramas será idéntica. En este caso, el retardo será correspondiente al recorrido del agua a lo largo del canal.

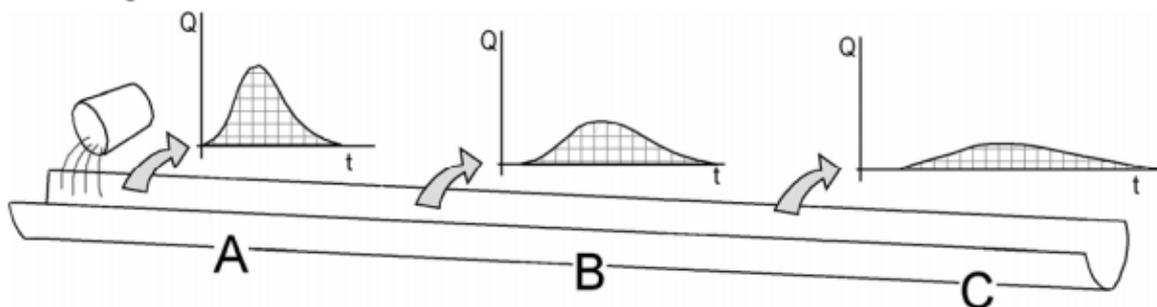


Figura 101: Efecto del tránsito a lo largo de un canal o un río

Calcular el tránsito de un hidrograma es obtener el hidrograma del punto C a partir del hidrograma del punto A, u obtener el hidrograma de salida del depósito a partir del hidrograma de entrada. La utilidad práctica del procedimiento es evidente: por ejemplo, el carácter catastrófico de una avenida está relacionado directamente con la altura del pico del hidrograma (el caudal máximo), de modo que es fundamental calcular cómo el mismo va disminuyendo a medida que se desplaza aguas abajo.

El método de Muskingum, aunque está muy aceptado y es muy fácil de usar, incluye parámetros que son difíciles de estimar. Una extensión del método de Muskingum es el método de Muskingum-Cunge que supera estas limitaciones. El método de Muskingum original se basa en la solución de la ecuación de la continuidad, que para un tramo de un cauce establece que:

Q entrada - Q salida = Variación del almacenamiento / Δt , es decir:

$$I - O = \Delta S / \Delta t \quad (27)$$

Donde:

I : Caudal de entrada medio.

Q : Caudal de salida medio.

$\Delta S = S_2 - S_1$: Variación del almacenamiento en el intervalo Δt .

Para calcular con exactitud los caudales medios en cada intervalo de tiempo Δt , se debería disponer de un hidrograma continuo bajo la premisa de que solamente se cuente con un dato de caudal para cada Δt . Por su parte, los caudales medios pueden ser evaluados desarrollando la media de los caudales en dos Δt consecutivos. Así la expresión resultaría:

$$\frac{I_1 + I_2}{2} + \frac{O_1 + O_2}{2} = \frac{S_1 - S_2}{\Delta t} \quad (28)$$

Conforme resalta Freiria (2014), el almacenamiento (S) en un tramo del cauce puede descomponerse en dos partes: un almacenamiento en prisma, que es proporcional al caudal de salida (O), y un almacenamiento en cuña, que es función de la diferencia entre el caudal de entrada y el de salida ($I-Q$), ya que cuanto mayor sea la diferencia más pronunciada será la cuña (Figura 102).

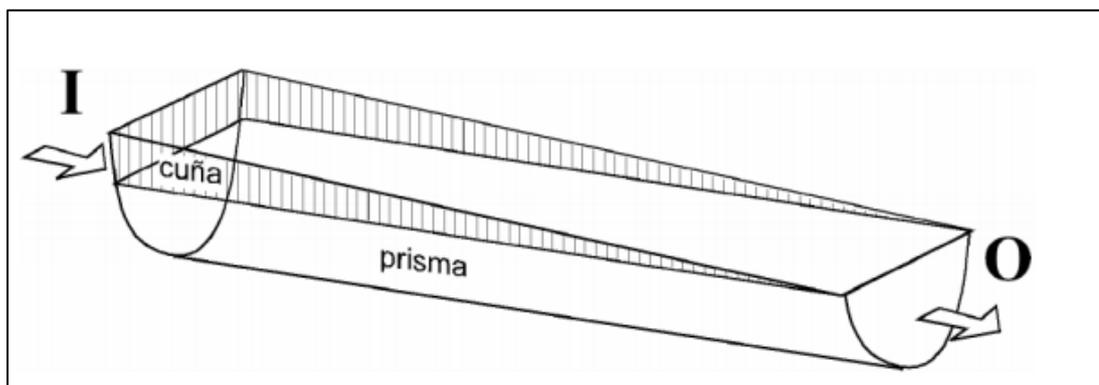


Figura 102: Almacenamiento en prisma y en cuña en un tramo de cauce (Chow et al., 1994)

$$S_{prisma} = K \cdot O \quad (29)$$

$$S_{prisma} = K \cdot X \cdot (I - O) \quad (30)$$

Sumando las dos expresiones anteriores, se obtiene:

$$S = K[X \cdot I + (1 - X) \cdot O] \quad (31)$$

Siendo:

S: Almacenamiento en el tramo de cauce considerado.

I: Caudal de entrada al tramo.

O: Caudal de salida del tramo.

K, X: Constantes para el tramo.

Si se aplica la ecuación 24 a dos incrementos de tiempo consecutivos se obtiene:

$$S_1 = K[X \cdot I_1 + (1 - X) \cdot O_1] \quad (32)$$

$$S_2 = K[X \cdot I_2 + (1 - X) \cdot O_2] \quad (33)$$

Sustituyendo las dos expresiones anteriores en la ecuación 21 y despejando O_2 , resulta finalmente la expresión utilizada para el cálculo:

$$O_2 = C_0 I_2 + C_1 I_1 + C_2 O_1 \quad (34)$$

Siendo:

I_1, I_2 : Caudales de entrada en dos incrementos de tiempo sucesivos.

O_1, O_2 : Caudales de salida en los mismos incrementos de tiempo.

$C_0 = (-KX + 0.5\Delta t) / (K - KX + 0.5\Delta t) \cdot 0$ (24).

$C_1 = (KX + 0.5\Delta t) / (K - KX + 0.5\Delta t) \cdot 1$ (25).

$C_2 = (K - KX - 0.5\Delta t) / (K - KX + 0.5\Delta t) \cdot 2$ (26).

K, X: Constantes que dependen de cada tramo de cauce.

Nótese que $C_0 + C_1 + C_2 = 1$

Vale señalar que "K" puede asimilarse al tiempo de recorrido de la onda de un extremo a otro del tramo estudiado, debiendo expresarse en las mismas unidades que Δt (horas o días). "X" es una constante que en teoría puede estar entre 0 y 0.5, pero que normalmente vale entre 0.2 y 0.3. Junto con el valor de K, de ella va a depender la mayor o menor amortiguación del hidrograma a lo largo del tramo del cauce. Si por ejemplo $K = \Delta t$ y $X = 0.5$, el hidrograma de salida es idéntico al de entrada, pero desplazado a la derecha un tiempo igual a K.

La principal problemática de este método es la determinación de K y X, ya que para su estimación se necesitan conocer los caudales de entrada y salida simultáneos para el tramo de cauce de estudio.

En el método de Muskingum-Cunge el cálculo de las constantes K y X se realiza mediante parámetros del cauce:

$$K = \Delta x / c \quad (35)$$

$$X = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{Q}{B \cdot S_0 - c - \Delta x} \right) \quad (36)$$

Siendo:

- Δx : Longitud del tramo de cauce considerado.
- c: Celeridad = Velocidad media x m.
- m: Aproximadamente 5/3 para cauces naturales amplios.
- S_0 : Pendiente media del tramo.
- Q: Caudal.
- B: Ancho del cauce.

Para el cálculo de la velocidad media, se hace uso de expresión de Manning:

$$V = \frac{1}{n} R_h^{2/3} i^{1/2} \quad (37)$$

En el caso del software los datos de entrada que requieren para la aplicación del método de Muskingum-Cunge son:

- Longitud del tramo del cauce.
- Pendiente media del tramo.
- n de Manning.
- Ancho de base del canal.
- En caso de sección trapecial exige la pendiente de los taludes laterales (z).

9.2.7 Calibración del modelo y verificación

Según Bustamante (según cita Arias Lastre 2015), refiriéndose a la calibración de modelos conceptuales precipitación-escorrentía, el objetivo de ésta es estimar un grupo probable y único de parámetros que calculen la escorrentía de la forma más precisa, dada la información observada.

Los elementos esenciales de cada modelo son las variables, las cuales son cantidades físicas en sí mismas, esto es: descarga, área de flujo, profundidad de flujo, velocidad media, entre otras.

Generalizando, un modelo de cuenca se denomina determinístico, conceptual o empírico, dependiendo de si la mayoría de sus componentes tienen bases determinísticas, conceptuales o empíricas.

El uso y la interpretación de los modelos de cuenca, en particular los procesos de calibración, verificación y análisis de sensibilidad, son una función del tipo de modelo.

La calibración del modelo es el proceso por el cual los valores de los parámetros del modelo son identificados para su uso en una aplicación particular. Consiste en el uso de datos de lluvia- escurrimiento y un procedimiento para identificar aquellos que provean la mejor concordancia entre los flujos simulados y los registrados.

Se debe afirmar que toda calibración es extremadamente importante, ya que los parámetros no muestran una relación directa con los procesos físicos. Las estimaciones prácticas de los mismos, basados en la experiencia local, son usadas algunas veces en lugar de la calibración. Sin embargo, tal práctica es riesgosa y puede llevar a cometer errores groseros.

Para evaluar la seguridad predictiva de un modelo de tiempo invariable es costumbre dividir el proceso de calibración en dos etapas diferentes: (1) calibración y (2) verificación. Para este propósito, son reunidos dos grupos independientes de datos de lluvia-caudal. El primer grupo es utilizado en la calibración por sí mismo, mientras que el segundo grupo es usado en la verificación del modelo, esto es: una medición de la seguridad de la calibración. Una vez que el modelo ha sido calibrado, se encuentra en condiciones para ser utilizado en la etapa predictiva de la modelación.

9.2.7.1 Sensibilidad de los parámetros del Modelo HEC-HMS

El análisis de sensibilidad mide cuanto pueden llegar a afectar, a los resultados de un modelo, variaciones relativamente pequeñas en los valores de los parámetros. Este análisis permite definir la importancia de cada uno, comprobar la lógica interna de un modelo y entender cómo funciona el modelo.

En torno a lo expuesto, se destaca que el análisis de sensibilidad se efectuó al mismo tiempo que se realizaron las pruebas de calibración manual indicadas anteriormente; puesto que, al variar manualmente los parámetros mediante el método de prueba y error, se identificaron aquellos que mayor influencia generaban en los resultados finales.

9.3 ANÁLISIS DEL SISTEMA DE DESAGÜES HASTA EL AÑO 2014

9.3.1 Identificación de las áreas de aporte existente hasta el año 2014

En torno a los objetivos planteados, se propuso evaluar el desempeño que presentaba el canal colector principal, ello en relación a una tormenta de 5 (cinco) años de recurrencia y una duración de lluvia equivalente al máximo T_c (tiempo de concentración) de las cuencas de aporte, garantizando que el caudal máximo se genere por la contribución de toda la cuenca. Asimismo, se realizó una verificación para una tormenta con T_r de 10 (diez) años.

Mediante la Figura 103 se podrá observar la discretización de aquellas áreas que hacían su aporte al canal, según la distribución del sistema de alcantarillado existente hasta el año 2014. Lo anterior equivale a expresar que fueron contempladas 17 unidades hidrológicas, las cuales presentan distintas condiciones de impermeabilización, como así también características hidráulicas particulares.

Sin embargo, se resalta que la divisoria de agua existente al Oeste del pueblo, más precisamente aquella ubicada a 870 m respecto del eje central de calle España, se materializa en forma lineal por la simple razón de corresponder a una canalización existente, paralela al camino rural con dirección norte-sur, producto de trabajos realizados por organismos provinciales.

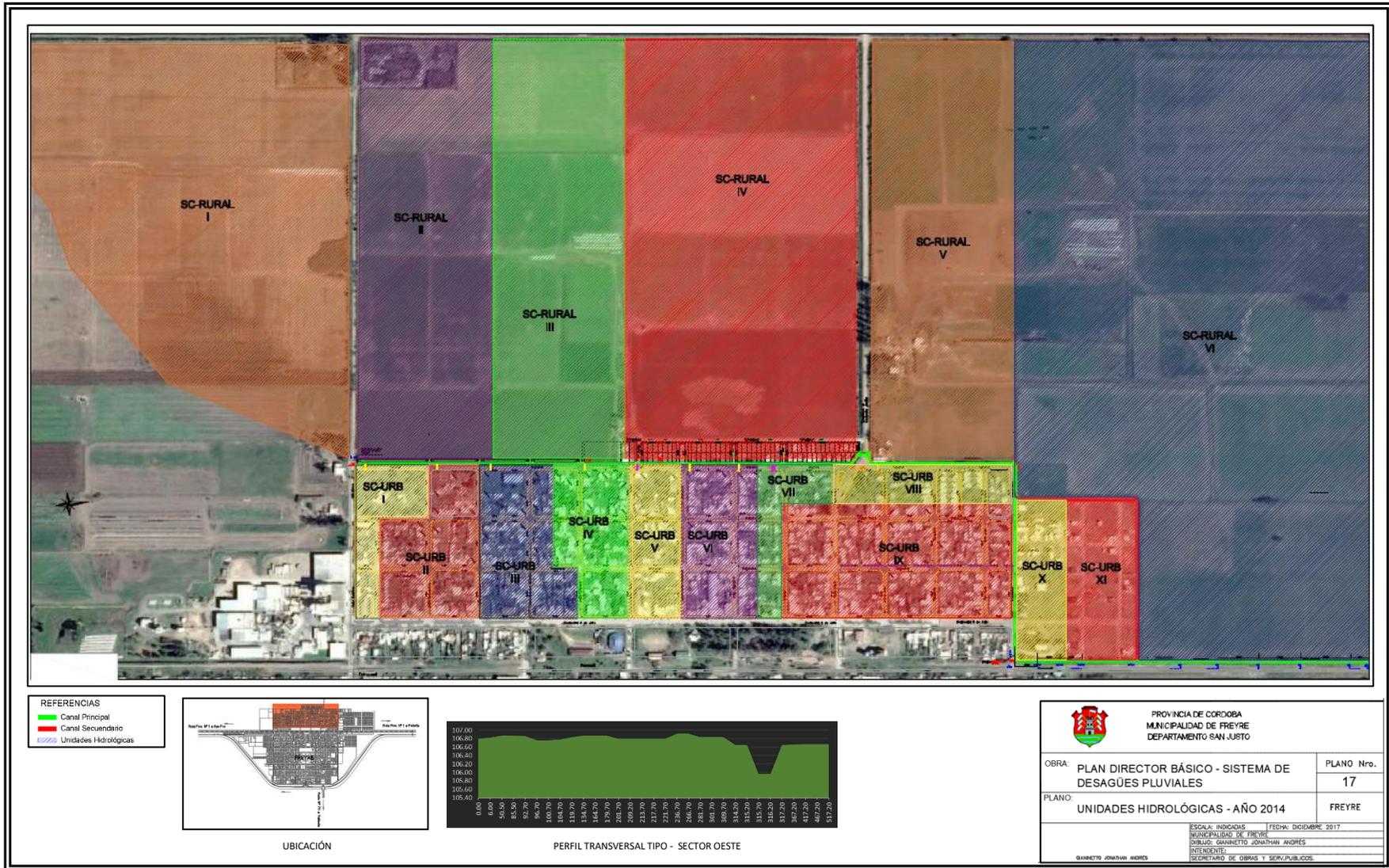


Figura 103: Áreas de aporte sobre canal principal – sector Oeste

9.3.2 Determinación de los parámetros hidrológicos

El modelo matemático está basado en una esquematización simplificada del contexto hidrológico, enmarcando no solo la cuenca, sino también los eventos meteorológicos relevados y, posteriormente, la asignación de los distintos procesos involucrados para la representación del mismo. En esta concepción la cuantificación de las variables que actúan dentro del fenómeno es totalmente relevante.

La estructura hidrográfica consistió en la identificación de áreas de aporte, según las canalizaciones existentes, determinando para cada una los parámetros que las caracterizan a nivel fisiográfico e hidrológico (ver inciso 4.5).

Para cada una de las microcuencas hidrográficas se aplicó la misma metodología, donde las características físicas de importancia han sido las siguientes:

- Área de cada subcuenca.
- Longitud del curso principal.
- Pendiente del mismo.

9.3.3 Esquema de subcuencas y causas adoptados en HEC-HMS

El esquema conformado es acorde a lo valorado en incisos 4.4, 4.5 y 9.3, donde cada unidad hidrológica hacía su aporte al canal colector principal, según la distribución del sistema de alcantarillado relevado. De este modo, se valoraron dos escenarios:

- Prueba 1: correspondiente al sistema previo al evento del año 2012 (Figura 104).
- Prueba 2: situación post anegamientos ocurridos, donde con el objeto de generar una mejor respuesta del canal principal, se conformó un nuevo desagüe, derivando hacia éste último parte de los caudales del canal principal (Figura 105).

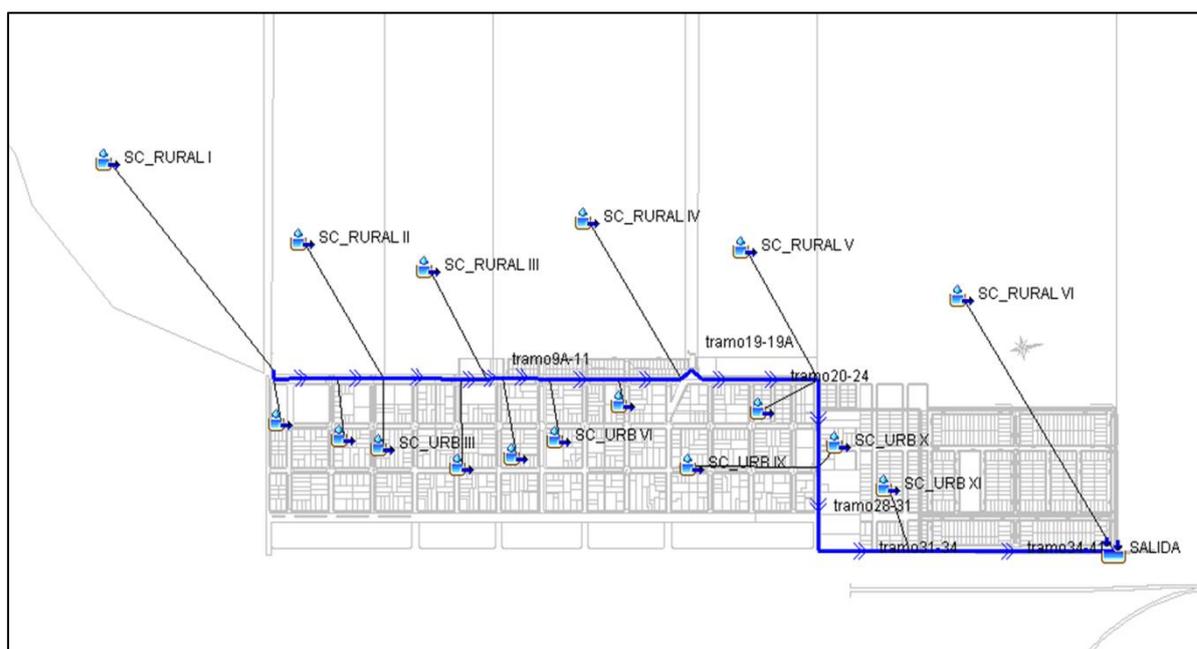


Figura 104: Esquema de subcuencas y causas adoptados para la simulación con el modelo HEC-HMS del canal colector principal (año 2012)

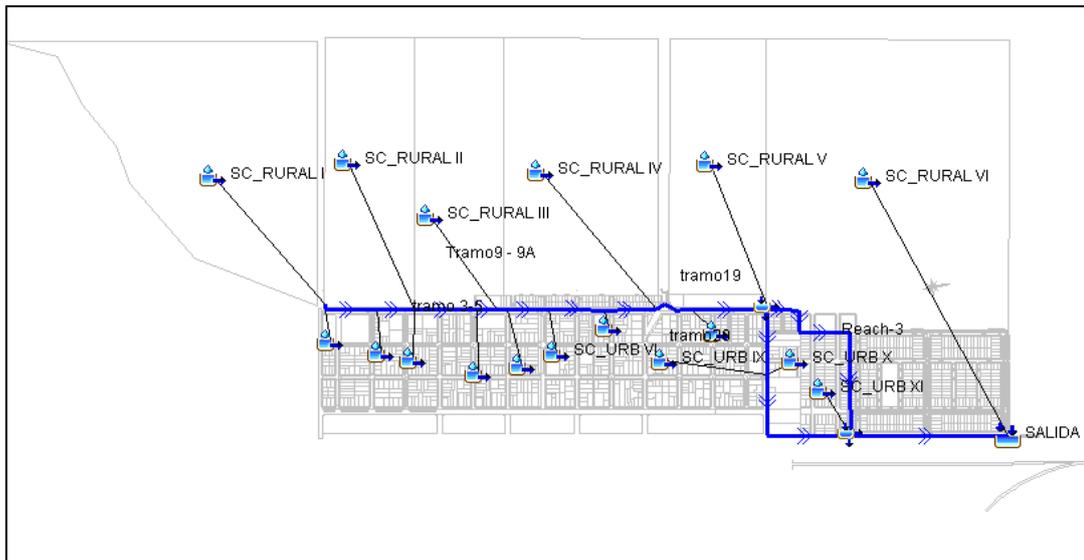


Figura 105: Esquema de subcuencas y causas adoptados para la simulación con el modelo HEC-HMS del canal colector principal y secundario (año 2012)

9.3.3.1 Elección del método de simulación

Para llevar a cabo la simulación hidrológica de las cuencas analizadas en este trabajo, se adoptó la siguiente alternativa de modelación:

- Modelo de Cuenca:
 - Transformación lluvia-caudal: Hidrograma Unitario Sintético Adimensional SCS.
 - Tránsito hidrológico en canales: método de Muskingum - Cunge.
 - Pérdidas: el método utilizado para considerar las pérdidas de la precipitación, (infiltración, interceptación vegetal y almacenamiento superficial) es el SCS para abstracciones, número de curva (CN).
- Modelo Meteorológico - asignación de la lluvia: se aplicaron los eventos con las duraciones, recurrencias y distribución temporal adoptadas en la sección 7.2.1 Y 7.2.2.
- Especificaciones de Control: En función de las duraciones de lluvia y el grado de respuesta de la cuenca, se adoptaron diferentes tiempos de control, y un intervalo de tiempo, para el cómputo de los resultados, de 30 minutos. Sin embargo, y con el objeto de valorar en mayor detalle la variabilidad de los caudales en torno al tiempo, es que se consideró un intervalo de 5 minutos.

9.3.4 Pruebas de Calibración del Modelo HEC-HMS

La calibración consistió en combinaciones de valores vinculados a los parámetros de cada unidad hidrológica, según la metodología de cálculo adoptada, para luego cotejar los resultados con registros reales en dichos sectores.

A lo expresado, se agrega que la falta de datos en cuanto a caudales se trate, obligó a establecer otra metodología de análisis, optando por realizar una comparación entre los volúmenes almacenados para una determinada área de aporte (respecto de una lluvia característica) y aquellos que verdaderamente se evidenciaron para el mismo evento, según testimonio obtenidos de propietarios de dichas parcelas valoradas.

En el presente proyecto, se utilizó sólo uno de los tanto registros anuales de lluvia que se disponen (período 1967-2016), más precisamente, se contemplaron los 210 mm precipitados el 18 diciembre del año 2012; dado que, con dicha lluvia, el campo denominado como L2 (ver Figura 106) presentó una lámina de agua del orden de los 20 cm. Por su parte, y bajo la consideración de la misma lluvia, en la parcela denominada como L1 se evidenció una lámina de agua equivalente a la del sector L2, con la salvedad que en ella fue un 75% la superficie total anegada, en relación al 100% que se observó en la primera.



Figura 106: Campos considerados para la calibración y validación del modelo Hidrológico

En función de lo expresado, el volumen acumulado para cada una de las parcelas se obtiene del siguiente modo:

- CAMPO L2 = Superficie (m²) x lámina de agua (m)
= 229237.9 m² x 0.20 m x 0.75
= 34386 m³.

Conforme a los cálculos precedentes, y con el fin de calibrar el modelo, es que se procedió a la variancia de ciertos parámetros, manteniendo la constancia en los demás. Así pues, se pudo constatar que, en relación a los cálculos de volúmenes almacenados asociado a cada unidad hidrológica, la mayor sensibilidad al cambio se presentaba cuando se operaba sobre los parámetros del método SCS, más precisamente sobre el CN; todo ello según Tabla 22.

Tabla 22: Planillas de cálculo para calibración del modelo

PRUEBA N°1										
CUENCA	VALORES REFERIDOS A LA CUENCA		PARÁMETROS METODO SCS		PARÁMETROS MÉTODO CLARK		VOLUMEN CALCULADO		VOLUMEN OBSERVADO (m ³)	ERROR RELATIVO
	Área (m ²)	Altura lámina de agua (m)	CN	la=0.2xS	Tc	K	(1000 m ³)	m ³		
SC_RURAL II			67	25.02	1.233	0.925				
SC_RURAL III	229237.9	0.2	75	16.93	1.241	0.931	37.0	37010.0	34385.685	7.63%
SC_RURAL IV			67	25.02	1.209	0.907				

NOTA: La calibración se ha hecho respecto de la SC-RURAL III, verificando los resultados con las demás unidades hidrológicas

PRUEBA N°2										
UNIDAD HIDROLÓGICA	VALORES REFERIDOS A LA CUENCA		PARÁMETROS METODO SCS		PARÁMETROS MÉTODO CLARK		VOLUMEN CALCULADO		VOLUMEN OBSERVADO (m ³)	ERROR RELATIVO
	Área (m ²)	Altura lámina de agua (m)	CN	la=0.2xS	Tc	K	(1000 m ³)	m ³		
SC_RURAL II			67	25.02	1.233	0.925				
SC_RURAL III	229237.9	0.2	72	19.76	1.241	0.931	34.8	34800.0	34385.7	1.20%
SC_RURAL IV			67	25.02	1.209	0.907				

NOTA: La calibración se ha hecho respecto de la SC-RURAL III, verificando los resultados con las demás unidades hidrológicas

PRUEBA N°3										
UNIDAD HIDROLÓGICA	VALORES REFERIDOS A LA CUENCA		PARÁMETROS METODO SCS		PARÁMETROS MÉTODO CLARK		VOLUMEN CALCULADO		VOLUMEN OBSERVADO (m ³)	ERROR RELATIVO
	Área (m ²)	Altura lámina de agua (m)	CN	la=0.2xS	Tc	K	(1000 m ³)	m ³		
SC_RURAL II			67	25.02	1.233	0.925				
SC_RURAL III	229237.9	0.2	71	20.75	1.241	0.931	34.1	34060.0	34385.7	0.95%
SC_RURAL IV			67	25.02	1.209	0.907				

NOTA: La calibración se ha hecho respecto de la SC-RURAL III, verificando los resultados con las demás unidades hidrológicas

PRUEBA N°4										
UNIDAD HIDROLÓGICA	VALORES REFERIDOS A LA CUENCA		PARÁMETROS METODO SCS		PARÁMETROS MÉTODO CLARK		VOLUMEN CALCULADO		VOLUMEN OBSERVADO (m ³)	ERROR RELATIVO
	Área (m ²)	Altura lámina de agua (m)	CN	la=0.2xS	Tc	K	(1000 m ³)	m ³		
SC_RURAL II			67	25.02	1.233	0.925				
SC_RURAL III	229237.9	0.2	71	20.75	1.360	1.020	34.1	34050.0	34385.7	0.98%
SC_RURAL IV			67	25.02	1.209	0.907				

NOTA: La calibración se ha hecho respecto de la SC-RURAL III, verificando los resultados con las demás unidades hidrológicas

PRUEBA N°5										
UNIDAD HIDROLÓGICA	VALORES REFERIDOS A LA CUENCA		PARÁMETROS METODO SCS		PARÁMETROS MÉTODO CLARK		VOLUMEN CALCULADO		VOLUMEN OBSERVADO (m ³)	ERROR RELATIVO
	Área (m ²)	Altura lámina de agua (m)	CN	la=0.2xS	Tc	K	(1000 m ³)	m ³		
SC_RURAL II	235455.5	0.2	71.5	20.25	1.233	0.925	35.0	34980.0	34847.4	0.38%
SC_RURAL III	229237.9	0.2	71.5	20.25	1.241	0.931	34.4	34430.0	34385.7	0.13%
SC_RURAL V	256093.7	0.21	71.5	20.25	1.209	0.907	39.4	39390.0	39374.4	0.04%

NOTA: La calibración se ha hecho respecto de la SC-RURAL III, verificando los resultados con las demás unidades hidrológicas

En resumen, la calibración derivó en la contemplación de un CN equivalente a 71.5 para los sectores rurales, cuyo tiempo de concentración se mantiene sin variancias respecto de aquellos calculados en la sección 4.5.2.2 y por ende el coeficiente de almacenamiento. Cabe resaltar que se ha verificado la concordancia del valor con aquellos tabulados en torno al uso de suelo, siendo prácticamente coincidente.

9.3.4.1. Sensibilidad de los parámetros del Modelo HEC-HMS

Para cuantificar la eficiencia del modelo y verificar la certeza de los datos obtenidos, vale decir que, en la relación entre los volúmenes observados y los calculados para una misma unidad hidrológica, se utilizó el concepto de error relativo calculado con la ecuación 34, la cual permite dictaminar si el ajuste del modelo ha sido aceptable; ello siempre y cuando los valores tiendan a cero.

$$Er = \frac{(V_{obs} - V_{cal})}{V_{obs}} \quad (38)$$

Donde:

Vobs: Volumen observado.

Vcal: Volumen calculado.

Partiendo de la Tabla 22, se puede apreciar que la prueba N°5 resulta satisfactoria y por medio de ella se procedió a calibrar el resto de las unidades hidrológicas consideradas.

9.3.4.2 Prueba de Validación del Modelo HEC-HMS

La validación del modelo consistió en medir su capacidad predictiva mediante la comparación del volumen de agua almacenada sobre las demás parcelas, distintas a la contemplada para la calibración. De este modo, se aplicó la misma serie de precipitaciones (año 2012), ya que fueron dichas lluvias las más recordadas por los propietarios de dichos lotes.

Vale resaltar que la validación se hizo sobre las unidades hidrológicas denominadas como SC- RURAL II y SC- RURAL V.

9.4 RESULTADOS PRELIMINARES Y VERIFICACIÓN DE LA FUNCIONALIDAD DE LA CANALIZACIÓN EXISTENTE

9.4.1 Prueba 1: Sistema de evacuación de aguas pluviales existente en el año 2012 en relación a la tormenta de diseño

Primeramente, y por medio de la Tabla 23, se hará mención a los resultados obtenidos respecto de los caudales de tránsito sobre la canalización principal; ello, para la tormenta de diciembre del año 2012. En este sentido, la duración de la misma ha sido de 480min, cuyo hietograma presenta una distribución temporal acorde a la metodología de los bloques alternos. El canal ha sido discretizado en 18 tramos, sobre los cuales se han plasmado los parámetros característicos de los mismos, como lo es su pendiente longitudinal, n Manning y ancho de fondo.

Tabla 23: Caudales resultantes para una tormenta puntual (año 2012)

CANAL PRINCIPAL	
TRAMO Canal	Qpico [m3/seg]
Tramo 0	6.9
Tramo 1-3	7.2
Tramo 3-5	7.5
Tramo 5-8	11.8
Tramo 8-9	12.3
Tramo 9-9A	15.9
Tramo 9A-11	16.4
Tramo 11-15	16.5
Tramo 15-17	16.8
Tramo 17-18	23.9
Tramo 19-19A	23.8
Tramo 19A-20	23.8
Tramo 20-20A	23.6
Tramo 20A-24	22.9
Tramo 25-28	28.9
Tramo 28-31	29.1
Tramo 31-34	28.5
Tramo 34-41	27.2

Vale resaltar que se estableció como especificaciones de control 12 (doce) horas, con un incremento temporal cada 5 (cinco) min., ello asociado al periodo de tiempo (inicio y fin) en el que HEC-HMS realizó los cálculos. Seguidamente se plasman los hidrogramas resultantes para la totalidad de los tramos constitutivos del canal colector principal, en torno al evento considerado (Figura 107).

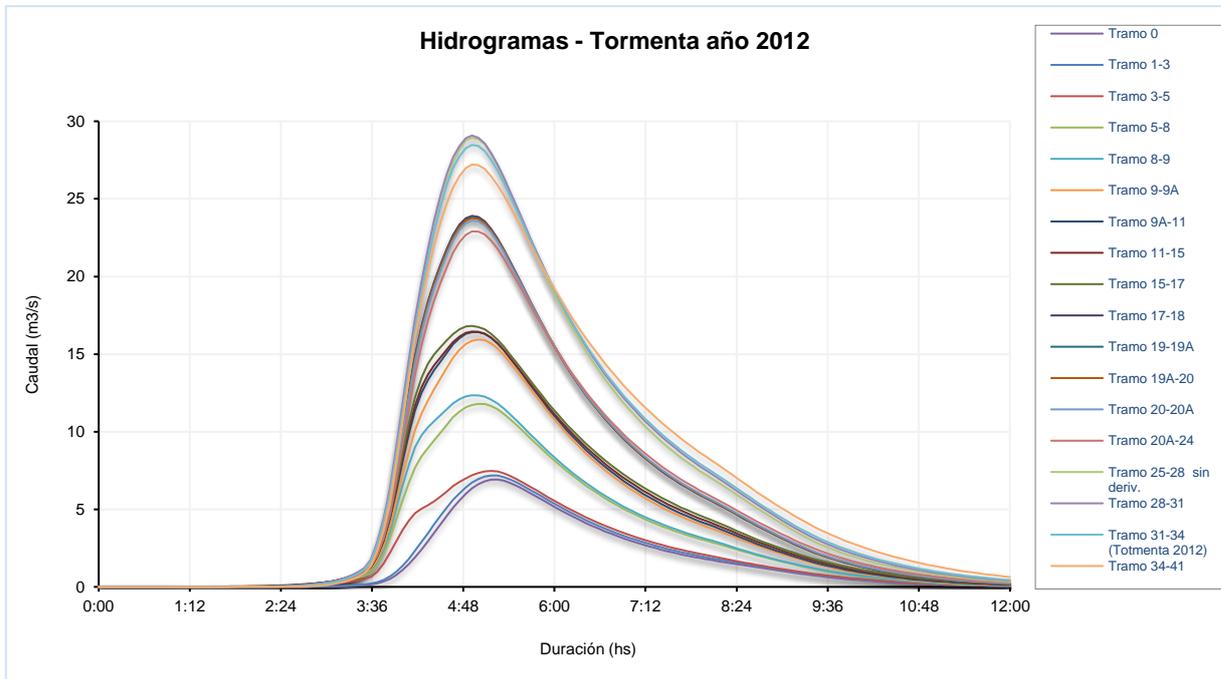


Figura 107: Hidrogramas resultantes sobre colector principal

9.4.1.1 Análisis del funcionamiento hidráulico

Una vez obtenido los hidrogramas, se planteó como objetivo verificar hidráulicamente las obras existentes, para lo cual se ha tomado en consideración una de las ecuaciones de mayor difusión para este tipo de análisis, puntualmente se hace referencia a la expresión de Chezy-Manning:

$$V = \frac{1}{n} R_h^{2/3} i^{1/2} \quad (39)$$

Siendo V la velocidad media (m/s); R_h el radio hidráulico (m); i la pendiente longitudinal (m/m); y n , el coeficiente de rugosidad de Manning.

Por otro lado, la expresión del caudal Q (m³/s), para régimen permanente y uniforme, se expresa del siguiente modo:

$$Q = V A \quad (40)$$

Considerando además que el radio hidráulico está dado por:

$$R_h = A/P \quad (41)$$

Donde A , es el área de escurrimiento (m²) y P , es el perímetro mojado (m).

Operando con las ecuaciones anteriores, se llega a las siguientes expresiones:

$$Q = \frac{1}{n} \frac{A^{2/3}}{p^{2/3}} i^{1/2} A \quad (42)$$

$$Q = \frac{1}{n} \frac{A^{5/3}}{p^{2/3}} i^{1/2} \quad (43)$$

Partiendo de las expresiones precedentes, se confeccionaron planillas de cálculo (Tabla 24), las cuales plasman la verificación hidráulica en cada uno de los tramos considerados.

Tabla 24: Valoración hidráulica del canal año 2012

TRAMO	CARÁCTERÍSTICAS HIDRÁULICAS						REQUERIMIENTOS TÉCNICOS S/MODELACIÓN (tomena diseño)			
	Sección	Tirante max.	Perímetro mojado	Radio Hidráulico	Caudal máx.	Vel (m/s)	Sección mínima	Caudal s/cálculo	V (máx)	CONTROL
	m ²	m	m	m	m ³ /s	m/s	m ²	m ³ /s	m/s	Q max.
Tramo 0	1.4	0.8	3.3	0.4	2.5	1.8	11.5	6.9	0.6	NO VERIFICA
Tramo 1-3	1.7	1.1	3.8	0.5	1.3	0.8	12.0	7.2	0.6	NO VERIFICA
Tramo 3-5	1.7	1.1	3.7	0.5	1.0	0.6	12.5	7.5	0.6	NO VERIFICA
Tramo 5-8	1.6	1.0	3.6	0.5	0.3	0.2	19.7	11.8	0.6	NO VERIFICA
Tramo 8-9	1.6	0.9	3.5	0.4	0.5	0.3	20.6	12.3	0.6	NO VERIFICA
Tramo 9-9A	1.6	1.0	3.6	0.5	2.2	1.4	26.6	15.9	0.6	NO VERIFICA
Tramo 9A-11	1.7	1.1	3.7	0.5	1.4	0.8	27.4	16.4	0.6	NO VERIFICA
Tramo 11-15	1.7	1.0	3.6	0.5	0.4	0.3	27.4	16.5	0.6	NO VERIFICA
Tramo 15-17	1.7	1.1	3.8	0.5	0.8	0.5	28.0	16.8	0.6	NO VERIFICA
Tramo 17-18	0.8	0.8	2.6	0.3	1.5	1.8	39.8	23.9	0.6	NO VERIFICA
Tramo 19-19A	0.8	0.8	2.6	0.3	0.3	0.3	39.7	23.8	0.6	NO VERIFICA
Tramo 19A-20	1.4	0.7	3.5	0.4	3.5	2.5	39.6	23.8	0.6	NO VERIFICA
Tramo 20-20A	1.8	0.9	3.8	0.5	3.2	1.7	39.3	23.6	0.6	NO VERIFICA
Tramo 20A-24	2.1	1.1	4.1	0.5	1.8	0.9	38.2	22.9	0.6	NO VERIFICA
Tramo 25-28	0.9	1.0	2.9	0.3	0.4	0.5	48.2	28.9	0.6	NO VERIFICA
Tramo 28-31	1.0	1.2	3.1	0.3	0.5	0.5	48.5	29.1	0.6	NO VERIFICA
Tramo 31-34	3.0	1.6	5.0	0.6	4.4	1.5	47.5	28.5	0.6	NO VERIFICA
Tramo 34-41	3.0	1.6	5.0	0.6	1.9	0.6	45.4	27.2	0.6	NO VERIFICA

Finalmente se agrega que existen diversas metodologías para estimar el coeficiente de Manning en un cauce natural. Estas metodologías tienen en común el cálculo de un valor base de n en función de la rugosidad absoluta o de la granulometría de los materiales del lecho. Para el caso en estudio, el valor del coeficiente de rugosidad ha sido extraído de tabulaciones contenidas en bibliografías, teniendo en consideración las cualidades físicas de las canalizaciones existentes.

9.4.1.2 Conclusiones

En torno a los resultados obtenidos, se concluye que la canalización de ningún modo hubiera dado respuesta eficaz frente a los caudales evidenciados, ello luego del evento de diciembre del año 2012, donde a la sección insuficiente para el tránsito de dichos caudales, se le suma la falta de mantenimiento a lo largo de su traza, y estudios técnicos que permitan justificar su dimensionado. Asimismo, se verificó el funcionamiento de dicha canalización para tormentas con T_r menores, como ser 5 y 10 años.

9.4.2 Prueba 2: Sistema de evacuación de aguas pluviales existente en el año 2012, en relación a la tormenta de diseño con derivación hacia canal secundario

No menos importante fue valorar si, luego del evento del año 2012, la conformación de una nueva canalización, que para los fines de cálculo se la denominó “canalización secundaria”, cumplimentó con el objetivo de atenuar los caudales picos del colector principal. Ello derivó en un nuevo esquema topológico en HEC-HMS, donde se indicó al programa la derivación constante de $1.5\text{m}^3/\text{s}$ hacia el canal secundario, magnitud determinada en virtud del Q_{max} (caudal máximo) que puede trasportar el mismo, respecto de sus características físicas, y cuyos resultados se detallan en la Tabla 25.

Tabla 25: Caudales resultantes para el evento del año 2012 con derivación

CANAL PRINCIPAL	
TRAMO Canal	Qpico [m3/seg]
Tramo 0	6.9
Tramo 1-3	7.2
Tramo 3-5	7.5
Tramo 5-8	11.8
Tramo 8-9	12.3
Tramo 9-9A	15.9
Tramo 9A-11	16.4
Tramo 11-15	16.5
Tramo 15-17	16.8
Tramo 17-18	23.9
Tramo 19-19A	23.8
Tramo 19A-20	23.8
Tramo 20-20A	23.6
Tramo 20A-24	22.9
Tramo 25-28	27.4
Tramo 28-31	27.5
Tramo 31-34	27.0
Tramo 34-41	27.1

La Figura 108 refleja los hidrogramas obtenidos, donde a priori se puede afirmar que no se aprecia una reducción significativa de los caudales picos, según los tramos analizados, lo que conlleva a reafirmar que el haber generado un nuevo conducto no contribuyó en la atenuación de los problemas de anegamientos en el sector.

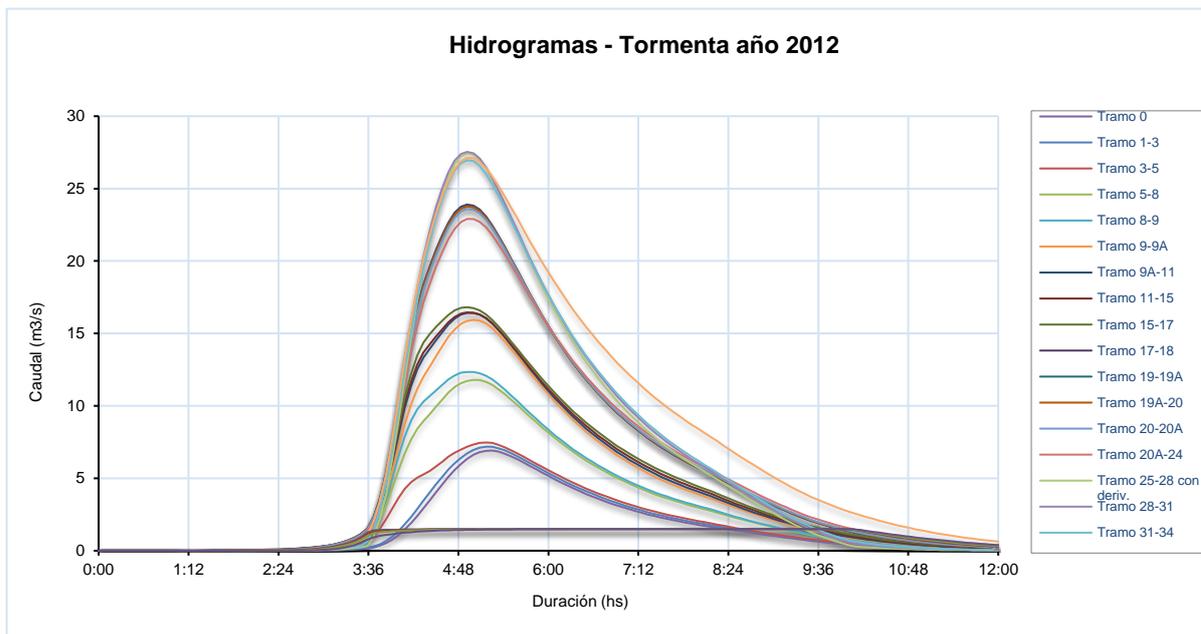


Figura 108: Hidrogramas resultantes sobre colector principal y derivación

9.4.2.1 Análisis del funcionamiento hidráulico

La verificación hidráulica, en cada uno de los tramos, se plasma en la Tabla 26, ello según las expresiones de cálculos anteriormente citadas.

Tabla 26: Valoración hidráulica del canal año 2012 con derivación hacia el canal secundario

CANAL	TRAMO	CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS						REQUERIMIENTOS TÉCNICOS S/MODELACIÓN			
		Sección	Tirante max.	Perímetro mojado	Radio Hidráulico	Caudal máx.	Vel (m/s)	Sección mínima	Caudal s/cálculo	V (máx)	CONTROL
		m ²	m	m	m	m ³ /s	m/s	m ²	m ³ /s	m/s	Q max.
PRINCIPAL	Tramo 0	1.4	0.8	3.3	0.4	2.5	1.8	11.5	6.9	0.6	NO VERIFICA
	Tramo 1-3	1.7	1.1	3.8	0.5	1.3	0.8	12.0	7.2	0.6	NO VERIFICA
	Tramo 3-5	1.7	1.1	3.7	0.5	1.0	0.6	12.5	7.5	0.6	NO VERIFICA
	Tramo 5-8	1.6	1.0	3.6	0.5	0.3	0.2	19.7	11.8	0.6	NO VERIFICA
	Tramo 8-9	1.6	0.9	3.5	0.4	0.5	0.3	20.6	12.3	0.6	NO VERIFICA
	Tramo 9-9A	1.6	1.0	3.6	0.5	2.2	1.4	26.6	15.9	0.6	NO VERIFICA
	Tramo 9A-11	1.7	1.1	3.7	0.5	1.4	0.8	27.4	16.4	0.6	NO VERIFICA
	Tramo 11-15	1.7	1.0	3.6	0.5	0.4	0.3	27.4	16.5	0.6	NO VERIFICA
	Tramo 15-17	1.7	1.1	3.8	0.5	0.8	0.5	28.0	16.8	0.6	NO VERIFICA
	Tramo 17-18	0.8	0.8	2.6	0.3	1.5	1.8	39.8	23.9	0.6	NO VERIFICA
	Tramo 19-19A	0.8	0.8	2.6	0.3	0.3	0.3	39.7	23.8	0.6	NO VERIFICA
	Tramo 19A-20	1.4	0.7	3.5	0.4	3.5	2.5	39.6	23.8	0.6	NO VERIFICA
	Tramo 20-20A	1.8	0.9	3.8	0.5	3.2	1.7	39.3	23.6	0.6	NO VERIFICA
	Tramo 20A-24	2.1	1.1	4.1	0.5	1.8	0.9	38.2	22.9	0.6	NO VERIFICA
	Tramo 25-28	0.9	1.0	2.9	0.3	0.4	0.5	45.7	27.4	0.6	NO VERIFICA
Tramo 28-31	1.0	1.2	3.1	0.3	0.5	0.5	45.9	27.5	0.6	NO VERIFICA	
Tramo 31-34	3.0	1.6	5.0	0.6	4.4	1.5	44.9	27.0	0.6	NO VERIFICA	
Tramo 34-41	3.0	1.6	5.0	0.6	1.9	0.6	45.2	27.1	0.6	NO VERIFICA	
SECUNDARIO	Tramo 1	3.6	1.5	5.4	0.7	2.0	0.6	2.5	1.5	0.6	VERIFICA
	Tramo 2	3.6	1.5	5.4	0.7	2.0	0.6	2.5	1.5	0.6	VERIFICA
	Tramo 3	3.6	1.5	5.4	0.7	2.0	0.6	2.5	1.5	0.6	VERIFICA
	Tramo 4	3.6	1.5	5.4	0.7	2.0	0.6	2.5	1.5	0.6	VERIFICA

9.4.2.2 Conclusiones

Conforme a los resultados, se deduce que las características físico-geométricas de las canalizaciones en estudio no hubiesen presentado un desempeño adecuado, independientemente de haber evidenciado un funcionamiento integrado. Ello debido a los grandes caudales generados, superando todo criterio de diseño.

9.4.3 Prueba 3: Sistema de evacuación de aguas pluviales existente en el año 2012, en relación a una tormenta con Tr de 5 años

Mediante la Tabla 27 y la correspondiente Figura 109, se hará mención a los resultados obtenidos respecto de los caudales de tránsito sobre la canalización principal. En este sentido, la duración de la tormenta es coincidente con el tiempo de concentración máximo, a los fines de asegurar un aporte total del sistema, siendo éste de 150min.

Tabla 27: Caudales resultantes para una tormenta Tr 5 años

CANAL PRINCIPAL	
TRAMO Canal	Qpico [m3/seg]
Tramo 0	0.7
Tramo 1-3	0.7
Tramo 3-5	0.8
Tramo 5-8	1.2
Tramo 8-9	1.3
Tramo 9-9A	1.7
Tramo 9A-11	1.7
Tramo 11-15	1.7
Tramo 15-17	1.7
Tramo 17-18	2.4
Tramo 19-19A	2.4
Tramo 19A-20	2.4
Tramo 20-20A	2.4
Tramo 20A-24	2.2
Tramo 25-28	2.8
Tramo 28-31	2.8
Tramo 31-34	2.7
Tramo 34-41	2.4

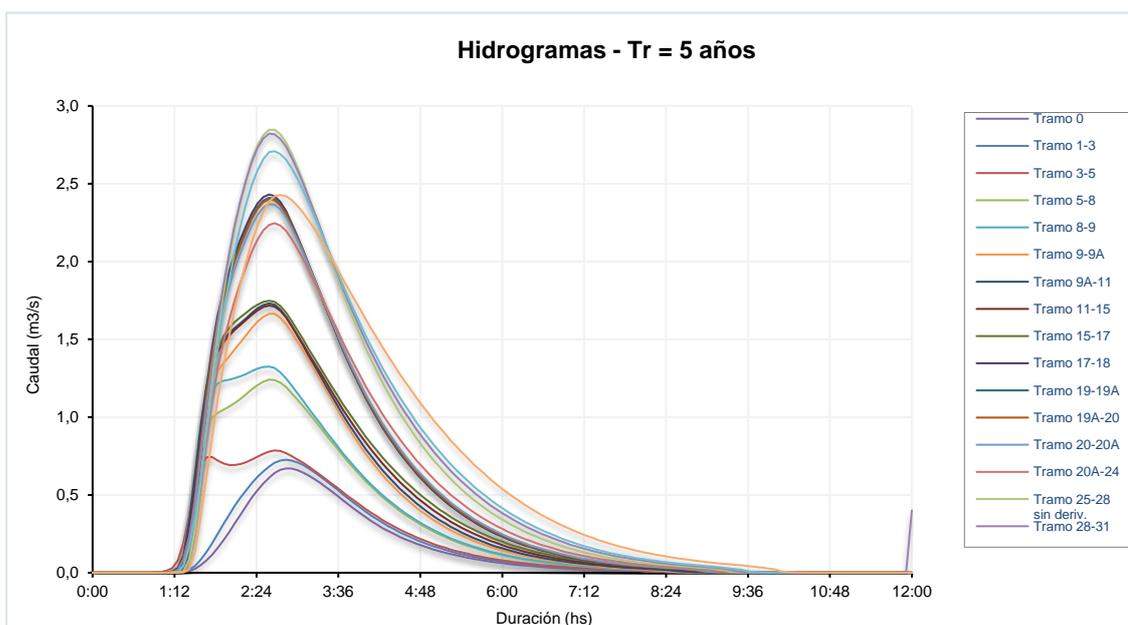


Figura 109: Hidrograma resultante sobre colector principal - tormenta Tr 5 años

9.4.3.1 Análisis del funcionamiento hidráulico

La verificación hidráulica, en cada uno de los tramos considerados, se plasma mediante la tabla 28, resaltando en la misma los parámetros de mayor relevancia.

Tabla 28: Valoración hidráulica del canal año 2012

TRAMO	CARÁCTERÍSTICAS HIDRÁULICAS						REQUERIMIENTOS TÉCNICOS S/MODELACIÓN			
	Sección	Tirante max.	Perímetro mojado	Radio Hidráulico	Caudal máx.	Vel (m/s)	Sección mínima	Caudal s/cálculo	V (máx)	CONTROL
	m ²	m	m	m	m ³ /s	m/s	m ²	m ³ /s	m/s	Q max.
Tramo 0	1.38	0.75	3.33	0.41	2.513	1.824	1.1	0.7	0.6	VERIFICA
Tramo 1-3	1.75	1.12	3.78	0.46	1.313	0.752	1.2	0.7	0.6	VERIFICA
Tramo 3-5	1.70	1.06	3.71	0.46	1.011	0.595	1.3	0.8	0.6	VERIFICA
Tramo 5-8	1.63	0.98	3.61	0.45	0.277	0.171	2.1	1.2	0.6	NO VERIFICA
Tramo 8-9	1.56	0.91	3.52	0.44	0.477	0.306	2.2	1.3	0.6	NO VERIFICA
Tramo 9-9A	1.62	0.97	3.59	0.45	2.193	1.357	2.8	1.7	0.6	VERIFICA
Tramo 9A-11	1.70	1.06	3.71	0.46	1.363	0.801	2.9	1.7	0.6	NO VERIFICA
Tramo 11-15	1.66	1.01	3.65	0.45	0.424	0.255	2.9	1.7	0.6	NO VERIFICA
Tramo 15-17	1.73	1.10	3.76	0.46	0.816	0.472	2.9	1.7	0.6	NO VERIFICA
Tramo 17-18	0.80	0.80	2.59	0.31	1.471	1.837	4.1	2.4	0.6	NO VERIFICA
Tramo 19-19A	0.80	0.80	2.59	0.31	0.262	0.327	4.0	2.4	0.6	NO VERIFICA
Tramo 19A-20	1.43	0.67	3.46	0.41	3.547	2.480	4.0	2.4	0.6	VERIFICA
Tramo 20-20A	1.84	0.91	3.82	0.48	3.200	1.744	3.9	2.4	0.6	VERIFICA
Tramo 20A-24	2.14	1.10	4.13	0.52	1.848	0.864	3.7	2.2	0.6	NO VERIFICA
Tramo 25-28	0.95	1.00	2.93	0.32	0.427	0.451	4.7	2.8	0.6	NO VERIFICA
Tramo 28-31	0.96	1.17	3.15	0.31	0.483	0.503	4.7	2.8	0.6	NO VERIFICA
Tramo 31-34	2.96	1.62	5.04	0.59	4.353	1.473	4.5	2.7	0.6	VERIFICA
Tramo 34-41	2.96	1.62	5.05	0.59	1.884	0.636	4.0	2.4	0.6	NO VERIFICA

9.4.3.2 Conclusiones

En base a lo expresado, se deduce que las características físico-geométricas de la canalización en estudio no hubiesen presentado un desempeño adecuado ni aun así para una lluvia con Tr de 5 años, lo que reafirma lo planteado en relación la falta de estudios técnicos, los que hubieran derivado en un adecuado diseño hidráulico del sistema de desagüe pluvial.

Pese a lo expresado, se pretendió verificar si la funcionalidad de la canalización secundaria, tendiente a minimizar los caudales transitados por el conducto principal, pudo haber dado resultados satisfactorios para una lluvia de menor periodo de retorno.

9.4.4 Prueba 4: Sistema de evacuación de aguas pluviales existente en el año 2012, con derivación hacia canal secundario en relación a una tormenta con Tr de 5 años

Una variante al punto 9.4.3 se logra si al esquema de cuencas y causes generado en el modelo HEC HMS, se incorpora el canal secundario. Todo ello, con objeto de comprobar si dicha canalización hubiese permitido atenuar los caudales picos del colector principal, teniendo en consideración una tormenta con recurrencia de 5 años, cuyos resultados se pueden observar en la Tabla 29.

Tabla 29: Caudales resultantes para una tormenta Tr 5 años y derivación

CANAL PRINCIPAL	
TRAMO Canal	Qpico [m3/seg]
Tramo 0	0.7
Tramo 1-3	0.7
Tramo 3-5	0.8
Tramo 5-8	1.2
Tramo 8-9	1.3
Tramo 9-9A	1.7
Tramo 9A-11	1.7
Tramo 11-15	1.7
Tramo 15-17	1.7
Tramo 17-18	2.4
Tramo 19-19A	2.4
Tramo 19A-20	2.4
Tramo 20-20A	2.4
Tramo 20A-24	2.2
Tramo 25-28	1.4
Tramo 28-31	1.4
Tramo 31-34	1.3
Tramo 34-41	2.4

Partiendo de los resultados obtenidos, y considerando que se ha configurado al programa de modo tal de valorar el caudal con una variabilidad temporal de 5 min, es que se obtuvieron los siguientes hidrogramas, según se plasma en la Figura 110.

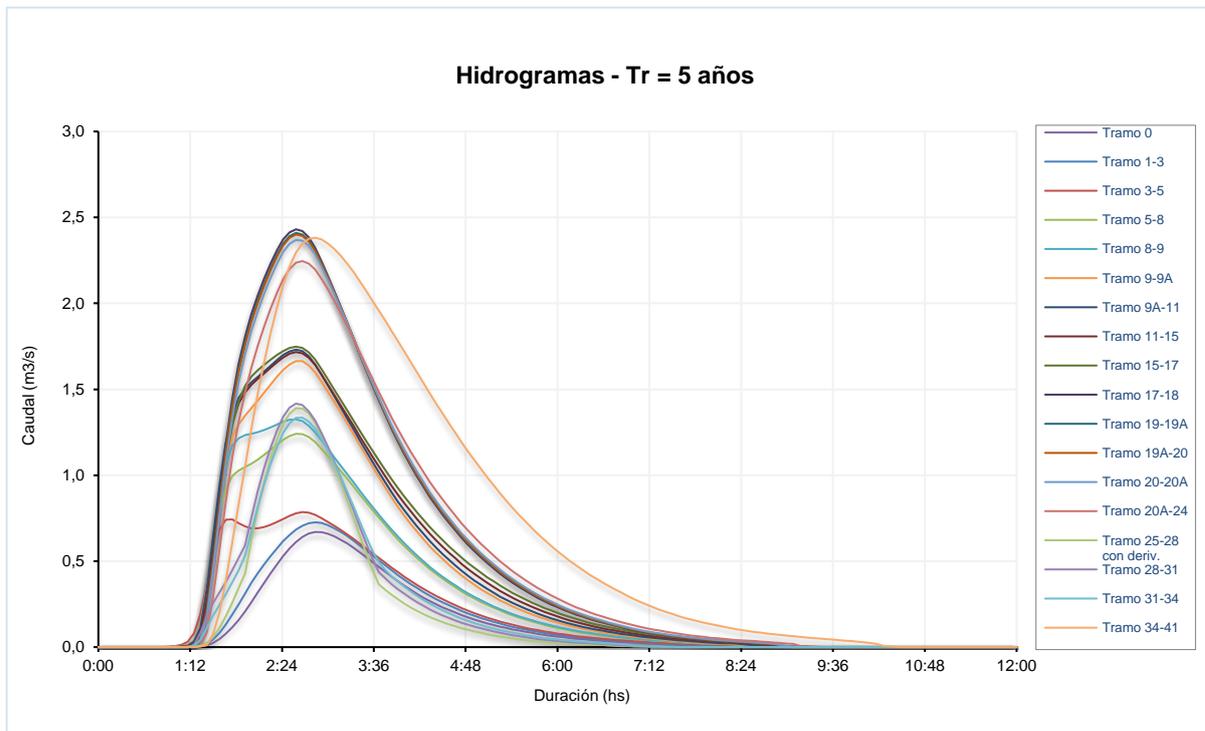


Figura 110: Hidrograma resultante sobre colector principal y derivación – Tr 5 años

9.4.4.1 Análisis del funcionamiento hidráulico

Conforme a las expresiones de cálculos, la verificación hidráulica en cada uno de los tramos considerados se detalla en la Tabla 30.

Tabla 30: Valoración hidráulica del canal año 2012 con Tr 5 años, con derivación hacia el canal secundario

CANAL	TRAMO	CARÁCTERÍSTICAS HIDRÁULICAS						REQUERIMIENTOS TÉCNICOS S/MODELACIÓN			
		Sección m ²	Tirante max. m	Perímetro mojado m	Radio Hidráulico m	Caudal máx. m ³ /s	Vel (m/s) m/s	Sección mínima m ²	Caudal s/cálculo m ³ /s	V (máx) m/s	CONTROL Q max.
PRINCIPAL	Tramo 0	1.38	0.75	3.33	0.41	2.513	1.824	1.1	0.7	0.6	VERIFICA
	Tramo 1-3	1.75	1.12	3.78	0.46	1.313	0.752	1.2	0.7	0.6	VERIFICA
	Tramo 3-5	1.70	1.06	3.71	0.46	1.011	0.595	1.3	0.8	0.6	VERIFICA
	Tramo 5-8	1.63	0.98	3.61	0.45	0.277	0.171	2.1	1.2	0.6	NO VERIFICA
	Tramo 8-9	1.56	0.91	3.52	0.44	0.477	0.306	2.2	1.3	0.6	NO VERIFICA
	Tramo 9-9A	1.62	0.97	3.59	0.45	2.193	1.357	2.8	1.7	0.6	VERIFICA
	Tramo 9A-11	1.70	1.06	3.71	0.46	1.363	0.801	2.9	1.7	0.6	NO VERIFICA
	Tramo 11-15	1.66	1.01	3.65	0.45	0.424	0.255	2.9	1.7	0.6	NO VERIFICA
	Tramo 15-17	1.73	1.10	3.76	0.46	0.816	0.472	2.9	1.7	0.6	NO VERIFICA
	Tramo 17-18	0.80	0.80	2.59	0.31	1.471	1.837	4.1	2.4	0.6	NO VERIFICA
	Tramo 19-19A	0.80	0.80	2.59	0.31	0.262	0.327	4.0	2.4	0.6	NO VERIFICA
	Tramo 19A-20	1.43	0.67	3.46	0.41	3.547	2.480	4.0	2.4	0.6	VERIFICA
	Tramo 20-20A	1.84	0.91	3.82	0.48	3.200	1.744	3.9	2.4	0.6	VERIFICA
	Tramo 20A-24	2.14	1.10	4.13	0.52	1.848	0.864	3.7	2.2	0.6	NO VERIFICA
	Tramo 25-28	0.95	1.00	2.93	0.32	0.427	0.451	2.3	1.4	0.6	NO VERIFICA
Tramo 28-31	0.96	1.17	3.15	0.31	0.483	0.503	2.4	1.4	0.6	NO VERIFICA	
Tramo 31-34	2.96	1.62	5.04	0.59	4.353	1.473	2.2	1.3	0.6	VERIFICA	
Tramo 34-41	2.96	1.62	5.05	0.59	1.884	0.636	4.0	2.4	0.6	NO VERIFICA	
SECUNDARIO	Tramo 1	3.56	1.50	5.35	0.67	2.011	0.564	2.5	1.5	0.6	VERIFICA
	Tramo 2	3.56	1.50	5.35	0.67	2.011	0.564	2.5	1.5	0.6	VERIFICA
	Tramo 3	3.56	1.50	5.35	0.67	2.011	0.564	2.5	1.5	0.6	VERIFICA
	Tramo 4	3.56	1.50	5.35	0.67	2.011	0.564	2.5	1.5	0.6	VERIFICA

9.4.4.2 Conclusiones

Los resultados obtenidos permiten inferir que las características físico-geométricas de las canalizaciones en estudio no hubiesen presentado un desempeño adecuado, donde, en gran parte de los tramos considerados, el caudal generado supera al máximo admisible por éstos mismos.

9.4.5 Interpretación global de los resultados

De acuerdo a las valoraciones realizadas, y tomando en consideración los caudales generados luego del evento del año 2012, resulta lógico afirmar que ningún sistema de evacuación de aguas pluviales hubiese dado respuestas satisfactorias, siendo que el flujo fue de una gran magnitud, acorde con una tormenta extraordinaria y de corto plazo.

Por otro lado, los caudales generados para una tormenta con recurrencia de 5 años, resultan ser más razonables, en una proporción mucho menor que los anteriores; pero aun así existen tramos del canal colector principal que no verifican en cuando a los caudales máximo a transportar, bien sea por escasa pendiente longitudinal o sección transversal.

A modo de comprender la discrepancia en los caudales generados por ambas tormentas de diseños, es que se valoró el hidrograma resultante (ver Figura 111), para un mismo tramo de la canalización principal. En este caso particular se decidió analizar el tramo 31-34.

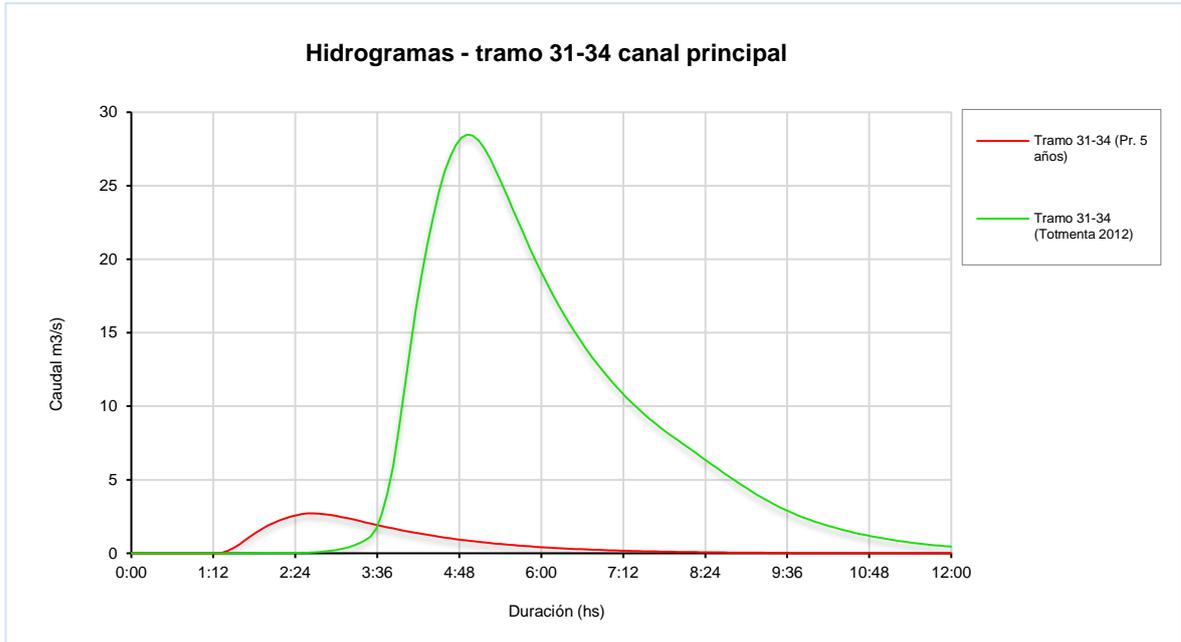


Figura 111: Hidrograma resultante para el tramo 31-34 (canal principal) - Año 2012

La Figura anterior resulta ser más que elocuente, reflejándose el gradiente entre los caudales generados según cada tormenta considerada, y de ello se deduce el por qué el sector oeste fue afectado enormemente en relación a los niveles de agua registrados.

A través de la Figura 112, se podrán observar los caudales de tránsito para el tramo 25-28, asociados a la tormenta del año 2012. Lo anterior considerando la situación previa y post generación del canal secundario (derivador).



Figura 112: Hidrograma asociado al tramo 25-28 (canal secundario) - Año 2012.

Conforme la Figura 113, se deduce que la canalización secundaria no mejoró las cualidades hidráulicas del colector principal, siendo que los caudales continuaron siendo muy superiores a los máximos admitidos por éste. Asimismo, se resalta que la derivación de caudales hacia el colector secundario fue limitada a razón del 75% de su máxima capacidad de transporte de caudales, más precisamente 1.50 m³/s.

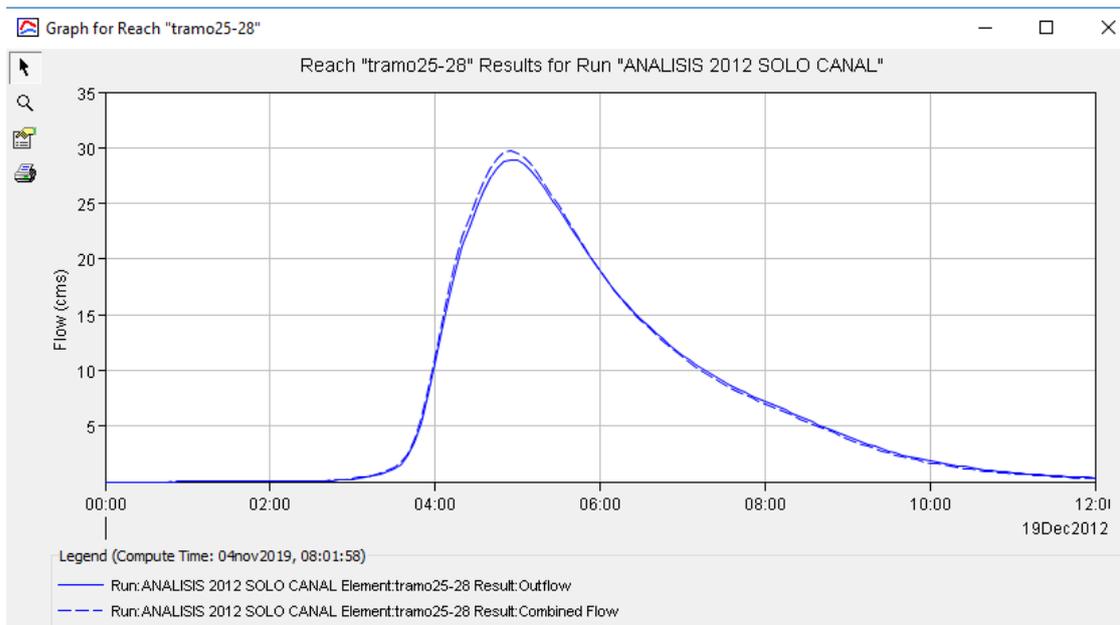


Figura 113: Hidrograma correspondiente al tramo 25-28 (año 2012)

Se resalta que la incidencia de la canalización secundaria sobre el colector principal puede ser percibida, de forma más notoria, mediante la comparativa de los hidrogramas para lluvias de diseños con tiempos de recurrencia del orden de los 5-10 años (Figura 114). De este modo, se realizó una nueva corrida del programa con una lluvia cuyo Tr fue 5 años.

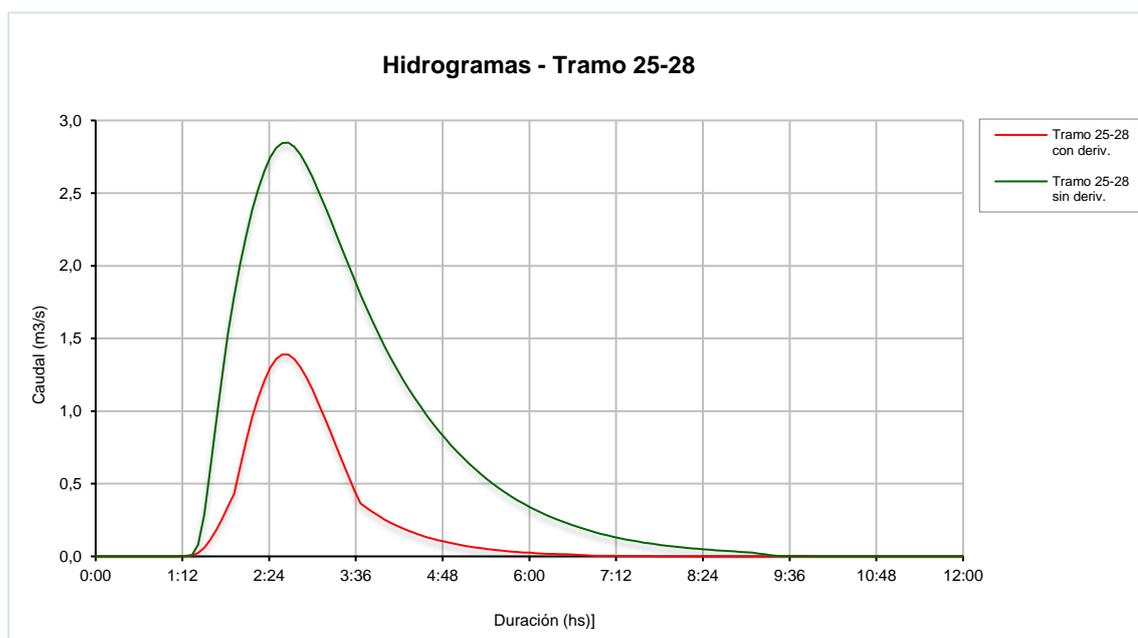


Figura 114: Hidrograma asociado al tramo 25-28 (canal secundario) - Tr. 5 años

CAPÍTULO 10

PROYECTO DE DESAGÜES PLUVIALES

10.1 SISTEMA DE DESCARGA PROPUESTO

Antes de plasmar el sistema propuesto, es conveniente reflejar los principios que dieron origen al mismo, entre los que podemos expresar:

- Hoy en día los distintos proyectos de drenaje urbano tienen casi la imperiosa necesidad de llegar a la aplicación de soluciones *no convencionales*, para atenuar los efectos de las inundaciones. Esto se debe a diversas razones, pero la fundamental, es el grado de ocupación desmedido del suelo, sin tener en cuenta el espacio ganado naturalmente por el agua y que en situaciones extremas reclamará su posesión.
- Considerar la connotación ecológica de los sistemas de evacuación, incorporando una fuerte parquización y forestación, con el fin de favorecer la regulación de los caudales picos de tormentas y la interceptación de materiales contaminantes, producto del lavado de las superficies urbanas.
- Concebir a las lagunas de retardo como una infraestructura urbana y un espacio multifuncional, donde se priorice los requerimientos hidráulicos, pero que además se considere la inserción paisajística y la creación de un sector de esparcimiento integrado a la vida de los habitantes del sector.
- Reafirmar que un modo de dar solución a los problemas de anegamientos urbanos es mediante un “cambio de concepto”, admitiendo que la disminución del escurrimiento ya sea sobre el caudal máximo o sobre el volumen, posee numerosas ventajas. Entre ellas, se resalta el colocar colectores de menor diámetro y/o la reducción de secciones transversales de las canalizaciones; disminuir el impacto sobre el medio receptor; mantener el nivel de servicio y la capacidad de los sistemas de desagües existentes, evitando la entrada en carga y el escurrimiento del excedente en forma superficial.
- Para lograr un adecuado control de escurrimiento asociado al drenaje urbano es conveniente que se promuevan obras y medidas orientadas a laminar los caudales picos producidos por las lluvias y, de ser posible, a reducir el volumen de escurrimiento.
- Uno de los criterios a considerar en áreas urbanas con desarrollo futuro es el de promover el control en la “fuente”, donde el criterio que generalmente se aplica en la laminación de caudales máximos es el de lograr el denominado “Impacto Hidrológico Cero” (o Nulo), el cual consiste en ejecutar obras de control tal que el caudal pico producido por el lote urbanizado sea similar a aquel producido en la situación previa a la urbanización.

Por medio de la Figura 115 se podrá visualizar que la solución propuesta se basa en la premisa de lograr un funcionamiento sistémico de tres elementos característicos a saber:

- Canal principal (color amarillo): el cual captará los mayores caudales, colectando aguas tanto del sector urbano y áreas rurales.
- Canal secundario (color rojo): el mismo será el responsable de evacuar caudales menores; sin embargo, se plantea la vinculación con el canal principal por medio de una cámara derivadora, donde conforme se colapsa la capacidad de conducción del canal principal, parte de los caudales son direccionados a ésta nueva canalización.

Independientemente de la derivación citada, el ésta canalización recibirá aportes del sector urbano.

- Laguna de Retardo (color azul): Sistema muy difundido en la actualidad, cuyo planteo es vincularlo a las canalizaciones, mediante cámaras derivadora. Todo ello con el afán de reducir los caudales pico y potenciar el funcionamiento de cada colector. Del mismo modo, se verificó la respuesta del reservorio, al momento de proponer una derivación total, proveniente desde ambas canalizaciones.

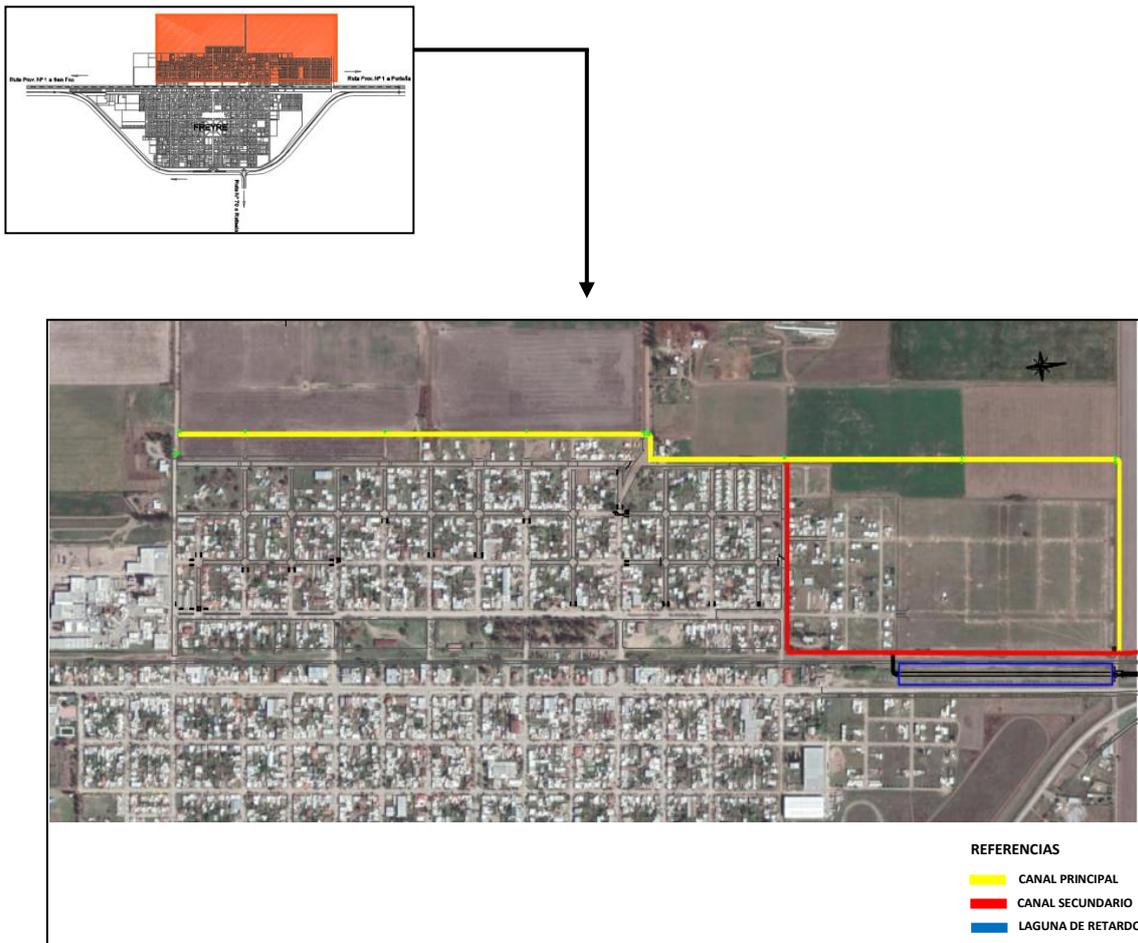


Figura 115: Sistema de canalizaciones propuesto

Como salvedad se resalta que la propuesta fue resultado de un proceso iterativo de pruebas y verificaciones, cuyo denominador común ha sido la variancia de secciones y traza de cada una de las canalizaciones, optándose por aquella de mayor viabilidad.

10.2 DELIMITACIÓN ÁREAS DE APOORTE SEGÚN PROPUESTA

El proyecto será valorado para una tormenta de 5, 10 años de recurrencia y una duración de lluvia aproximadamente equivalente al máximo T_c respecto de las áreas de aporte. En este sentido, serán contempladas 18 unidades hidrológicas, conforme se observa en la Figura 116.

10.3 DETERMINACIÓN DE LOS CAUDALES DE DISEÑO Y PREDIMENSIONADO

Teniendo en consideración que Freyre actualmente se encuentra desarrollando un proyecto de desagües pluviales, y que el mismo ha generado una variancia en cuanto a las características de las unidades hidrológicas existentes, fue necesario realizar un predimensionado del sistema que se proyectó, mediante el cual se pretende dar solución integral a la problemática vinculada a los excedentes hídricos (ver Tablas 33 y 34).

Para la determinación de los caudales se utilizó el método conocido como Racional, cuyo concepto fundamental es la existencia de proporcionalidad entre el caudal máximo producido por una lluvia, la intensidad de la misma y el área de la cuenca de aporte. Esta relación queda expresada como:

$$Q = C \times I \times A \quad (44)$$

Donde Q es caudal máximo expresado en m³/s; C es el coeficiente de escorrentía o de escurrimiento; I representa la intensidad de lluvia (m/s), obtenida de la curva IDF para una duración de la precipitación igual al tiempo de concentración de la cuenca; A es el área de aporte expresado en m².

Las premisas básicas del método indican que:

- El caudal máximo ocurre cuando toda la superficie de aporte contribuye a la sección a dimensionar.
- La lluvia presenta uniformidad espacial y temporal, siendo su duración coincidente con el tiempo de concentración de la cuenca o de la sección a dimensionar.
- Las condiciones de impermeabilidad de la cuenca se mantienen constantes durante la precipitación.

Según se ha expresado, se dividió el área de estudio en unidades hidrológicas, donde los caudales fueron determinados en relación a una lluvia con tiempo de recurrencia de 5 años. Para aplicar el método, se calcularon los tiempos de concentración en cada área de aporte, para luego determinar la intensidad de la lluvia que corresponde utilizar en función de dichos tiempos de concentración.

La selección del coeficiente de escurrimiento se basó en la ponderación de los valores de C, de acuerdo a la distribución de superficies de pavimentos, superficies impermeables conectadas a la red y superficie permeable de cada subcuenca, tal y como se presenta en la Tabla 31.

Tabla 31: Coeficiente C según tipo de superficie

TIPO DE SUPERFICIE	c
Cubierta	0.75-0.95
Pavimentos asfálticos y superficies de concreto	0.70-0.95
Vías adoquinadas	0.70-0.85
Zonas comerciales o Industriales	0.60-0.95
Residencial, con casas contiguas, predominio de zonas duras	0.75
Residencial multifamiliar, con bloques contiguos y zonas duras entre éstos	0.60-0.75
Residencial multifamiliar, con bloques contiguos y predominio de jardines	0.40-0.60
Residencial, con casas rodeadas de jardines o multifamiliares apreciablemente separadas	0.45
Residencial, con predominio de zonas verdes y parques cementerios	0.3
Laderas sin vegetación	0.6
Laderas con vegetación	0.3
Parques recreacionales	0.20-0.35

Tabla 32: Planilla de cálculo caudal de diseño con Método Racional

DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN	TRAMO CANAL N°	PROGRESIVA		Unidad Hidrológica que descarga		MÉTODO RACIONAL					
			P inicio (m)	P final (m)	N°	Tc (min)	c	i (mm/h)	A (Ha)	Q max. (m3/s)	Q acum. (m3/s)	
CANAL COLECTOR PRIMARIO	Excavado in situ (empastado)	1	0	145.48	SC- Rural I	89.8	0.10	35.97	46.40	0.46	0.59	
	Excavado in situ (empastado)	2	145.48	453.39	SC- Rural II SC- Urb I	74.0 20.8	0.10 0.55	41.38 92.76	23.26 5.88	0.27 0.83	1.69	
	Excavado in situ (empastado)	3	453.39	661.00	SC- Rural III SC- Urb II	74.5 37.5	0.10 0.55	41.19 65.59	22.90 6.14	0.26 0.62	2.57	
	Excavado in situ (empastado)	4	661.00	766.37	SC- Urb III	24.5	0.55	84.63	7.84	1.01	3.58	
	Excavado in situ (empastado)	5	766.37	869.27	SC- Urb IV	20.6	0.55	93.01	5.44	0.77	4.35	
	Excavado in situ (empastado)	6	869.27	1021.28	SC- Rural IV SC- Urb V SC- Urb VII	72.6 17.5 29.4	0.10 0.55 0.55	41.96 101.50 76.20	41.31 2.44 1.59	0.48 0.38 0.19	5.40	
	Excavado in situ (empastado)	7	1021.28	1070.28	Q derivado del tramo 6							5.40
	Excavado in situ (empastado)	8	1070.28	1257.08	Q derivado del tramo 7							5.40
	Excavado in situ (empastado)	9	1257.08	1366.42	SC- Rural V SC- Urb VI	71.7 22.2	0.10 0.55	42.30 89.40	26.19 2.53	0.31 0.35	6.05	
	Excavado in situ (empastado)	10	1366.42	1756.72	Q derivado del tramo 9 SC-Rural VI		78.5	0.10	39.65	33.05	0.36	5.05 5.42
	Excavado in situ (empastado)	11	1756.72	2097.22	SC- Rural VII	76.0	0.10	40.59	28.93	0.33	5.74	
	Excavado in situ (empastado)	12	2097.22	2497.72	Q derivado del tramo 11							5.74
CANAL COLECTOR SECUNDARIO	Módulo rectangular H°A°	1	1366.42	1558.87	Q derivado de Canal Principal						1.00	
	Módulo rectangular H°A°	2	1558.87	1741.21	SC- Urb IX SC- Urb X	27.5 35.3	0.55 0.45	79.25 68.14	10.63 3.15	1.29 0.27	2.56	
	Excavado in situ (empastado)	2	1741.21	1995.31	SC- Urb XI	40.7	0.45		7.54	0.00	2.56	
	Excavado in situ (empastado)	3	1995.31	2476.81	SC- Urb XII	65.7	0.45		17.97	0.00	2.56	
NOTA:	<p>Los cálculos realizados en torno al predimensionado de las canalizaciones, se corresponden a los casos en el cual se parte de un Q conocido, imponiendo una pendiente, una velocidad máx. (según tipo de terreno) y un talud teórico.</p> <p>Las fórmulas matemáticas utilizadas para los cálculos se corresponden con las expresiones de Manning - Chezy</p> <p>La intensidad de lluvia se obtiene de la curva IDF (Marco Juárez) para una duración de la precipitación igual al tiempo de concentración de la cuenca.</p> <p>El caudal derivado en TRAMO 1 del canal colector secundarios se corresponde al calculado.</p>											

Tabla 33: Planilla tipo configurada para el predimensionado de cada tramo de la canalización principal

DENOMINACIÓN	TRAMO CANAL N°	CANALIZACIÓN TRAPEZOIDAL													
		Parámetros adoptados									Cálculos			Verificación	
		Talud	Vel máx (m/seg)	Área Min. (m2)	Pendiente longitudinal s (m/m)	n Manning	Tirante adoptado (m)	Ancho solera (m)	R (radio hidráulico)	p (perímetro mojado)	Área s/ dimensiones	Q calculo (m3/s)	Vel. Calculo (m/s)	Q max.	V max.
CANAL COLECTOR PRIMARIO	1	1:2	0.75	0.79	0.000167	0.025	2.25	3.50	1.2	8.5	10.4	6.1	0.6	VERIFICA	VERIFICA
	2	1:2	0.75	2.25	0.000167	0.025	2.25	3.50	1.2	8.5	10.4	6.1	0.6	VERIFICA	VERIFICA
	3	1:2	0.75	3.42	0.000167	0.025	2.25	3.50	1.2	8.5	10.4	6.1	0.6	VERIFICA	VERIFICA
	4	1:2	0.75	4.78	0.000167	0.025	2.25	3.50	1.2	8.5	10.4	6.1	0.6	VERIFICA	VERIFICA
	5	1:2	0.75	5.81	0.000167	0.025	2.25	3.50	1.2	8.5	10.4	6.1	0.6	VERIFICA	VERIFICA
	6	1:2	0.75	7.20	0.000167	0.025	2.25	3.50	1.2	8.5	10.4	6.1	0.6	VERIFICA	VERIFICA
	7	1:2	0.75	7.20	0.000167	0.025	2.25	3.50	1.2	8.5	10.4	6.1	0.6	VERIFICA	VERIFICA
	8	1:2	0.75	7.20	0.000167	0.025	2.25	3.50	1.2	8.5	10.4	6.1	0.6	VERIFICA	VERIFICA
	9	1:2	0.75	8.07	0.000167	0.025	2.25	3.50	1.2	8.5	10.4	6.1	0.6	VERIFICA	VERIFICA
	10	1:2	0.75	6.74	0.000167	0.025	2.25	3.50	1.2	8.5	10.4	6.1	0.6	VERIFICA	VERIFICA
	11	1:2	0.75	7.66	0.000167	0.025	2.25	3.50	1.2	8.5	10.4	6.1	0.6	VERIFICA	VERIFICA
	12	1:2	0.75	7.66	0.000167	0.025	2.25	3.50	1.2	8.5	10.4	6.1	0.6	VERIFICA	VERIFICA
CANAL COLECTOR SECUNDARIO	2	1:2	0.75	3.41	0.000167	0.03	2.00	2.50	1.00	6.97	7.00	3.02	0.43	VERIFICA	VERIFICA
	3	1:2	0.75	3.41	0.000167	0.03	2.00	2.50	1.00	6.97	7.00	3.02	0.43	VERIFICA	VERIFICA

Tabla 34: Planilla tipo configurada para el predimensionado de cada tramo de la canalización secundaria

DETERMINACIÓN Q DISEÑO		PREDIMENSIONADO CANALIZACIONES RECTANGULARES									
DENOMINACIÓN	TRAMO CANAL N°	CANALIZACIÓN RECTANGULAR (módulos de H^3A^2)									
		Dimensiones								CONTROL	
		n Manning	Ancho adoptado b(m)	Altura adoptada h(m)	Área (m ²)	Perímetro mojado P (m)	Radio Hidráulico R (m)	Q diseño (m ³ /s)	V diseño (m/s)	Q diseño > Q max.	V diseño < V máx adm.
CANAL COLECTOR SECUNDARIO	1	0.016	2.00	1.50	3.00	5.00	0.60	1.72	0.58	VERIFICA	NO VERIFICA
	2	0.016	2.00	1.50	3.00	5.00	0.60	1.72	0.58	VERIFICA	NO VERIFICA
NOTA:		<p>Los cálculos realizados en torno al predimensionado de las canalizaciones, se corresponden a los casos en el cual se parte de un Q conocido, imponiendo una pendiente, una velocidad máx. (según tipo de terreno) y un talud teórico.</p> <p>Las fórmulas matemáticas utilizadas para los cálculos se corresponden con las expresiones de Manning - Chezy</p> <p>La intensidad de lluvia se obtiene de la curva IDF (Marco Juárez) para una duración de la precipitación igual al tiempo de concentración de la cuenca.</p> <p>El caudal derivado en TRAMO 1 del canal colector secundarios se corresponde al calculado.</p>									

Como salvedad de lo anterior, se expresa que la comprensión del modo en la que se fue logrando aquella combinación de valores (tirante – ancho de fondo), manteniendo una pendiente transversal constante y un n de manning equivalente en todos los tramos, puede ser lograda mediante el análisis de las planillas anteriores. Dicho procedimiento parte de la premisa por obtener las secciones transversales en cada uno de los tramos constitutivos de las canalizaciones, según el máximo caudal a conducir. Del mismo modo, se resalta que las dimensiones plasmadas son las obtenidas fruto del predimensionado, siendo que el análisis para hallar aquellas consideradas como definitivas se describe en capítulos posteriores.

10.4. RESERVOIRIO DE AGUAS PLUVIALES

Las lagunas de laminación para el control de crecidas funcionan reteniendo temporariamente parte del volumen de las crecidas, reduciendo así el caudal pico y el impacto aguas abajo de la obra. En la Figura 117 se observa el hidrograma que muestra la variación de los caudales del río en función del tiempo.

La intención de tratar de ensamblar al sistema un reservorio de aguas naturales, se circunscribe en considerar que dicha obra ha sido muy difundida en tiempos presente por su gran funcionalidad, entre ellas se destacan cuatro de gran importancia.

- Reducciones de los caudales picos de tormentas.
- Retención temporaria, cuyo fin es controlar los desbordes en razón de la insuficiencia de la red aguas abajo.
- Restitución del volumen acumulado con un caudal bajo sobre un período más o menos largo correspondiente a la distribución del caudal máximo en el tiempo.
- Intercepción de material contaminante.

Si la creación de una laguna de retardo sólo se limita a realizar la excavación de la fosa, con un escaso desmalezado y sin la parquización adecuada en relación a la integración con los habitantes que la rodean, todo ello trae como consecuencia su rechazo en el desarrollo de la vida diaria del sector, generando un espacio marginal y sucio. Del mismo modo la falta de mantenimiento puede generar eutrofización.

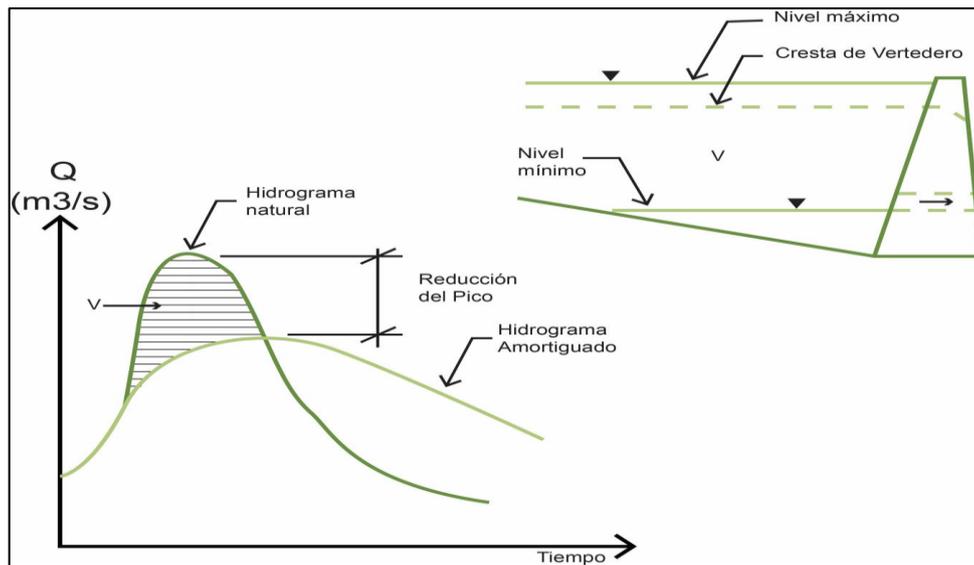


Figura 117: Perfil típico y efecto de un reservorio sobre el hidrograma de una cuenca (Bedogni 2019)

10.4.1 Relevamiento altimétrico sector Reservorio

Bajo la premisa de generar una laguna de retardo cuya materialización implique el menor impacto ambiental posible, se consideró oportuno valorar altimétricamente un sector que, por sus propias características naturales, hace las veces de reservorio de aguas pluviales, sobre todo cuando se registran abundantes precipitaciones en la región (Figura 118).

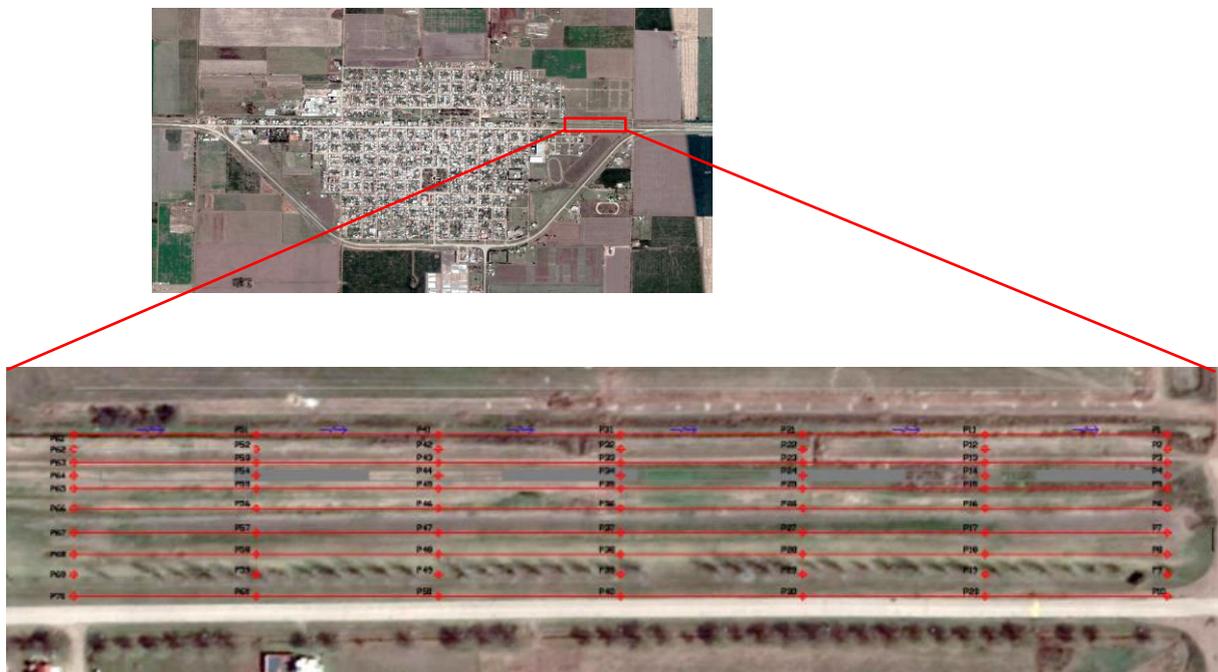


Figura 118: Localización del área evaluada para conformar el Reservorio

Resulta conveniente expresar que, para el modelado del sistema en HEC HMS, se procedió a elaborar la denominada curva de Área-Elevación, la cual se obtuvo en función del relevamiento topográfico del sector.

La curva de Elevación-Descarga, se corresponde con el tipo de dispositivo de regulación adoptado, que para este caso se proyectó el uso de tubos de H^oA^o y cuyos diámetros se determinaron según análisis posteriores.

La tabla 35 plasma el modelo de planillas conformada para el registro y análisis de datos obtenidos como resultado de la nivelación. Seguidamente se visualiza lo relevado mediante la estación base denominada "B".

Tabla 35: Planilla relevamiento reservorio

ESTACIÓN "B"					
PUNTO VISADO	LECTURA		PLANO VISUAL (m)	COTA (m)	OBSERVACIONES
	ATRÁS	ADELANTE			
PF-87		2.0	108.5	106.5	Punto Fijo
PF-RIEL1		2.6	108.5	106.0	Punto fijo
PF-RIEL1	2.6		108.5		Plano visual 2
P21		3.1	108.5	105.4	Fondo canal
P22		2.2	108.5	106.4	Terreno natural
P23		1.6	108.5	106.9	Terreno natural
P24		1.4	108.5	107.1	Eje Vía
P25		1.6	108.5	106.9	Terreno natural
P26		2.6	108.5	106.0	Terreno natural
P27		3.7	108.5	104.9	Fondo Laguna
P28		2.9	108.5	105.6	Terreno natural
P29		2.1	108.5	106.4	Terreno natural
P30		1.2	108.5	107.3	Terreno natural
P31		3.3	108.5	105.2	Fondo canal
P32		2.3	108.5	106.2	Terreno natural
P33		1.8	108.5	106.7	Terreno natural
P34		1.4	108.5	107.2	Eje Vía
P35		2.1	108.5	106.4	Terreno natural
P36		2.2	108.5	106.3	Terreno natural
P37		3.7	108.5	104.8	Fondo Laguna
P38		2.4	108.5	106.1	Terreno natural
P39		1.6	108.5	106.9	Terreno natural
P40		1.2	108.5	107.3	Terreno natural

10.4.1.1 Perfil tipo Reservorio de aguas

Mediante las Figuras 119-122, se observa el perfil transversal de la depresión en estudio, la cual presenta un volumen de almacenamiento del orden de los 16311 m³, en virtud de la información valorada y registrada. Asimismo, se destaca que el sector valorado posee una longitud es de 420 m; un ancho promedio de 45 m; y una profundidad variable, siendo en promedio del orden de los 2.25 m hasta el perfil N°6 (ver plano N°21).

La cota de fondo se circunscribe entre los valores de 104.90 y 104.70 msnm; mientras que la correspondiente al coronamiento resulta ser de 107.00 msnm.

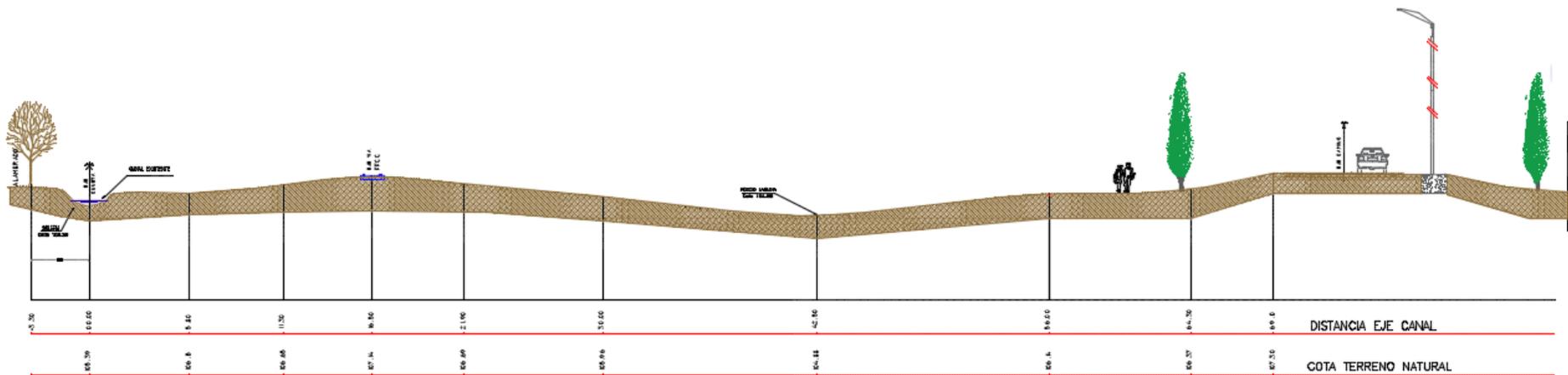


Figura 119: Perfil N°1 según relevamiento altimétrico del sector. Progresiva +0.00 m.

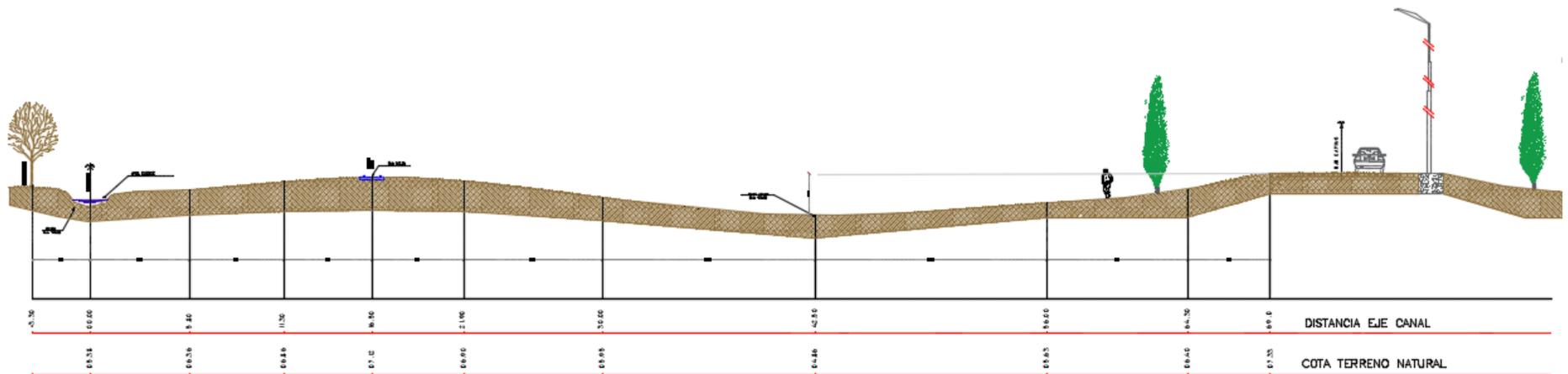


Figura 120: Perfil N°3 según relevamiento altimétrico del sector. Progresiva +140.00 m.

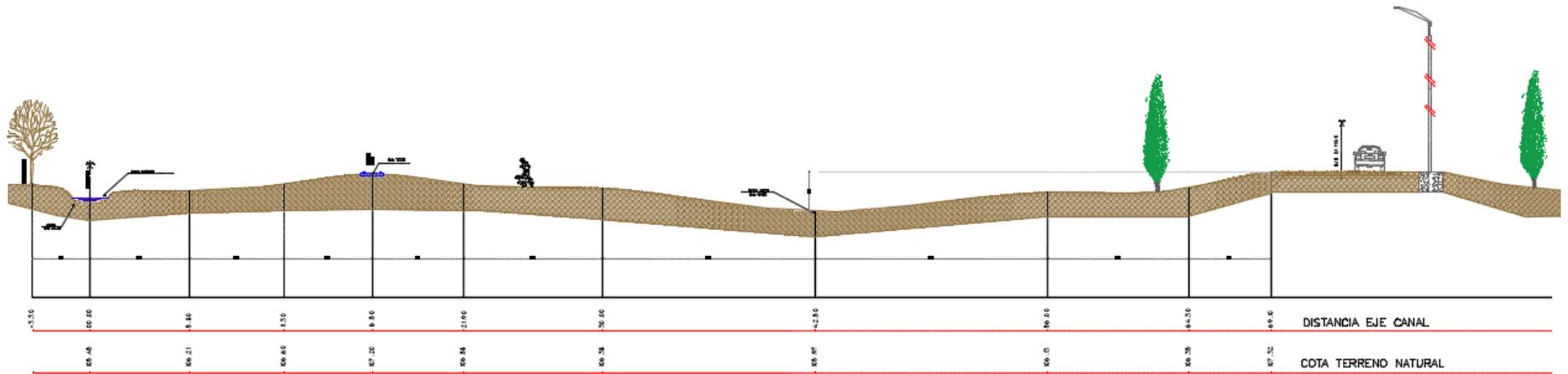


Figura 121: Perfil N°6 según relevamiento altimétrico del sector. Progresiva +350.00 m.

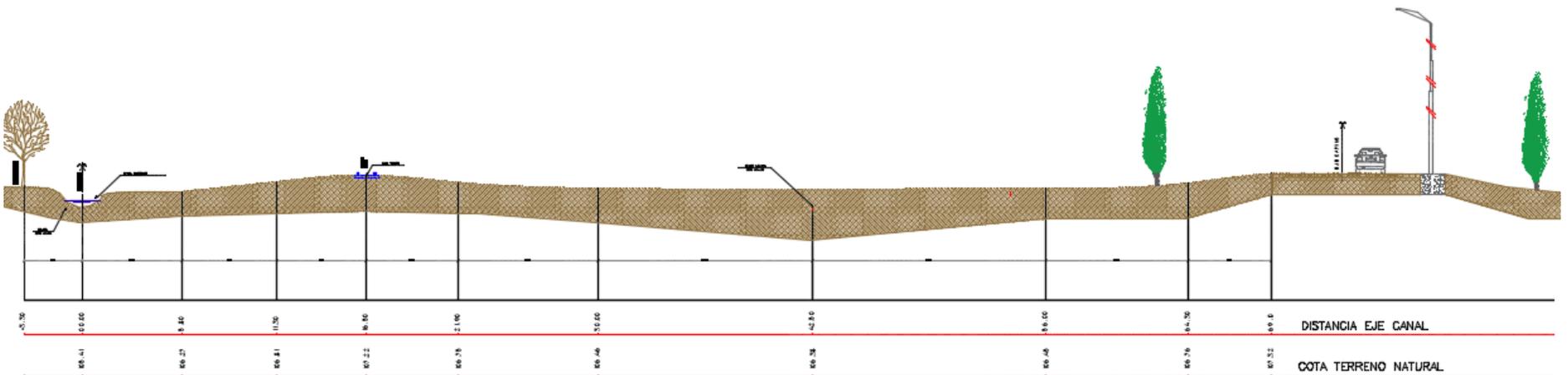


Figura 122: Perfil N°7 según relevamiento altimétrico del sector. Progresiva +420.00 m.

Seguidamente, por medio de las Figuras 123 y 124, se observa las características que presenta el sector considerando eventos extremos; esto es períodos de escasas precipitaciones y aquellos con registros superiores a 120 mm en cortos periodos.



Figura 123: Características del sector en época de sequía



Figura 124: Características del sector posteriores a precipitaciones recurrentes

10.4.1.2 Relación Cota – Volumen de cada Reservorio

Conforme a los relevamientos topográficos realizados, se obtuvo la curva cota-volumen del reservorio, todo ello detallado en la tabla 36 y la correspondiente Figura 125.

Tabla 36: Valores arrojados sobre la curva cota-volumen del reservorio

Relación Cota – Volumen del Reservorio						
COTA (m)	GRADIENTE ELEVACIÓN	AREA (m2)	PROMEDIO SUPERFICIES	LONGITUD (m)	VOLUMEN PARCIAL (m3)	VOLUMEN ACUMULADO (m3)
107.00	0.20	17281.4	16186.98	949.01	3237	16311
106.80	0.20	15092.55	14129.91	927.30	2826	13074
106.60	0.20	13167.27	12016.56	916.44	2403	10248
106.40	0.20	10865.85	9933.92	852.30	1987	7845
106.20	0.20	9001.98	8119.09	806.35	1624	5858
106.00	0.20	7236.2	6554.13	781.25	1311	4234
105.80	0.20	5872.06	5141.38	695.71	1028	2923
105.60	0.20	4410.7	3898.17	687.27	780	1895
105.40	0.20	3385.63	2841.30	648.79	568	1115
105.20	0.20	2296.96	1677.54	637.32	336	547
105.00	0.20	1058.12	1058.12	601.73	212	212

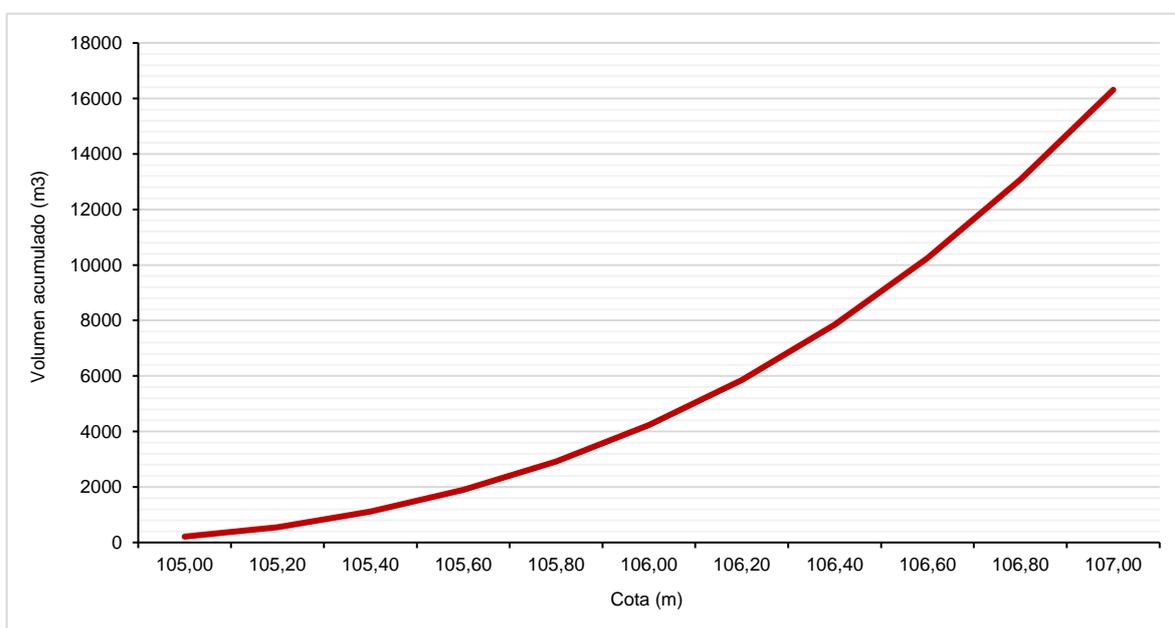


Figura 125: Relación cota – volumen del reservorio

10.4.1.3 Ley de descarga de las estructuras de erogación

Para que el modelo sea aún más representativo de la realidad, se tuvo en cuenta el efecto amortiguador de esta depresión.

Los datos de entrada para representarlas se corresponden a la relación Elevación-Almacenamiento, la que se obtuvo a partir de relevamientos en campaña; mientras que por otro lado se dispuso de la curva de Elevación-Descarga que representan las alcantarillas reguladoras a la salida de la laguna.

En torno a lo expuesto, manifestar que la expresión considerada para los cálculos ha sido:

$$Q = C_o * A_o * \sqrt{(2 * g * H_o)} \quad (45)$$

Donde:

C_o es un coeficiente de descarga, que varía de 0,4 a 0,6.

A_o es el área del orificio (m^2).

H_o es la carga efectiva por sobre el orificio (m).

Se agrega que no se tuvieron en consideración, para el diseño del reservorio, el planteo y diseño de vertederos de excedencias, siendo éste un elemento constitutivo en muchos proyectos que refieren a lagunas de retardo.

CAPÍTULO 11

MODELACIÓN HIDROLÓGICA EN HEC-HMS DE LAS DIVERSAS PROPUESTAS

Seguidamente se presentan los diversos esquemas de cuencas y causes utilizados en el modelo HEC HMS, los que permitieron derivar en la propuesta definitiva, tendientes al logro de un funcionamiento óptimo del sistema, cuyos parámetros fueron calculados convenientemente; ello en torno a los criterios de diseños y a los caudales generados según la nueva configuración de las áreas de aportes del sistema.

11.1 PRUEBA 5: SISTEMA DE EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES SIN DERIVACIÓN HACIA CANAL SECUNDARIO EN RELACIÓN A LA TORMENTA DE DISEÑO Tr 5 AÑOS

Para el adecuado dimensionado de cada uno de los elementos constitutivos del nuevo proyecto, es necesario conocer los caudales generados a nivel de microcuenca según la nueva configuración de las áreas de aporte, todo ello en base a la tormenta de diseño considerada, siendo aquí aplicada aquella que presenta un Tr de 5 años (ver Tabla 37). A lo anterior, se le suma el criterio de contemplar un funcionamiento independiente de cada elemento, vinculándose sólo en la salida y cuyos hidrogramas resultantes se especifican en las Figuras 126 y 127.

Tabla 37: Caudales resultantes para una tormenta Tr 5 años

Unidad Hidrológica	Área (Km ²)	Q pico (m ³ /s)	Hora pico	Volumen (1000m ³)
Tramo 1	0.46	0.4	19dic2018, 02:20	2.9
Tramo 10	2.00	1.4	19dic2018, 01:45	13.1
Tramo 11	2.33	1.4	19dic2018, 02:00	14.5
tramo 12	2.62	1.4	19dic2018, 02:05	15.4
Tramo 2	0.76	0.5	19dic2018, 02:15	5.0
Tramo 3	1.05	0.8	19dic2018, 02:05	7.1
Tramo 4	1.12	0.9	19dic2018, 01:40	8.1
Tramo 5	1.59	1.4	19dic2018, 01:45	11.4
Tramo 6	1.70	1.6	19dic2018, 01:40	12.7
Tramo 7	1.72	1.7	19dic2018, 01:35	12.9
Tramo 8	1.72	1.5	19dic2018, 01:35	12.5
Tramo 9	2.00	1.7	19dic2018, 01:40	14.1
tramo13	0.03	0.1	19dic2018, 01:35	0.3
tramo14	0.06	0.2	19dic2018, 01:20	0.6
tramo15	0.06	0.1	19dic2018, 01:35	0.4
tramo16	0.13	0.1	19dic2018, 01:45	0.9

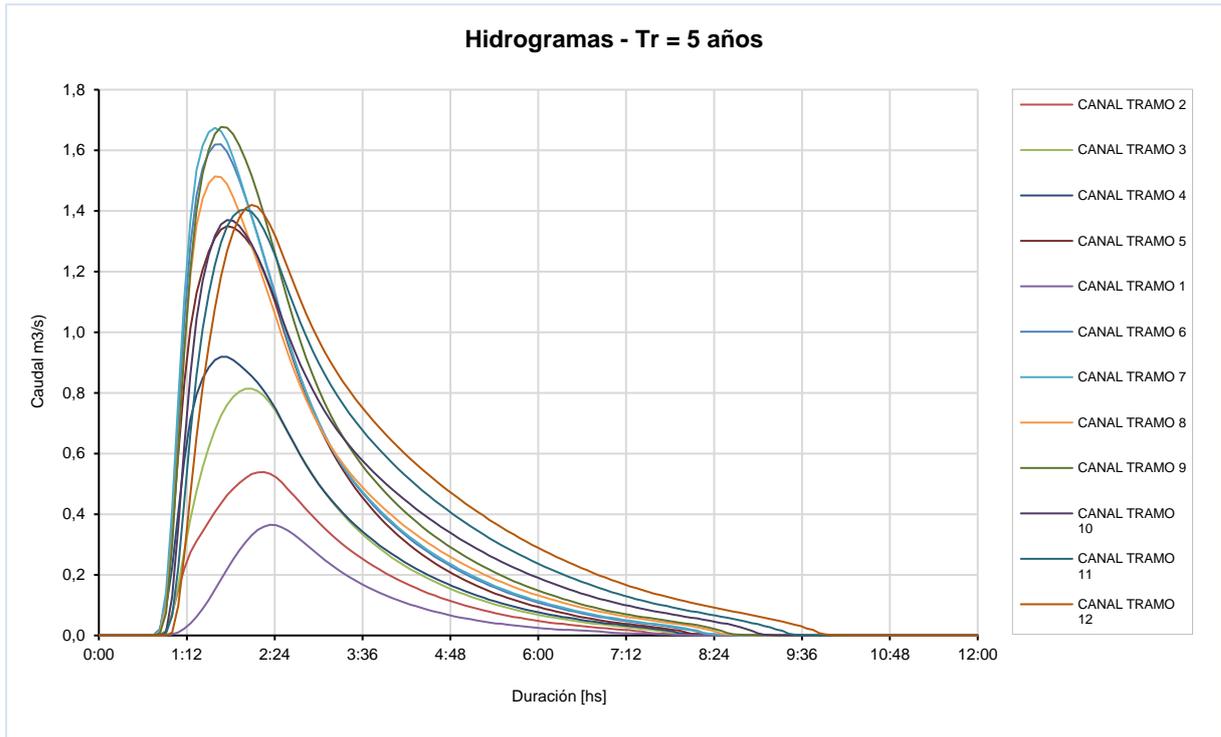


Figura 126: Hidrograma resultante sobre la canalización principal – Sin derivación

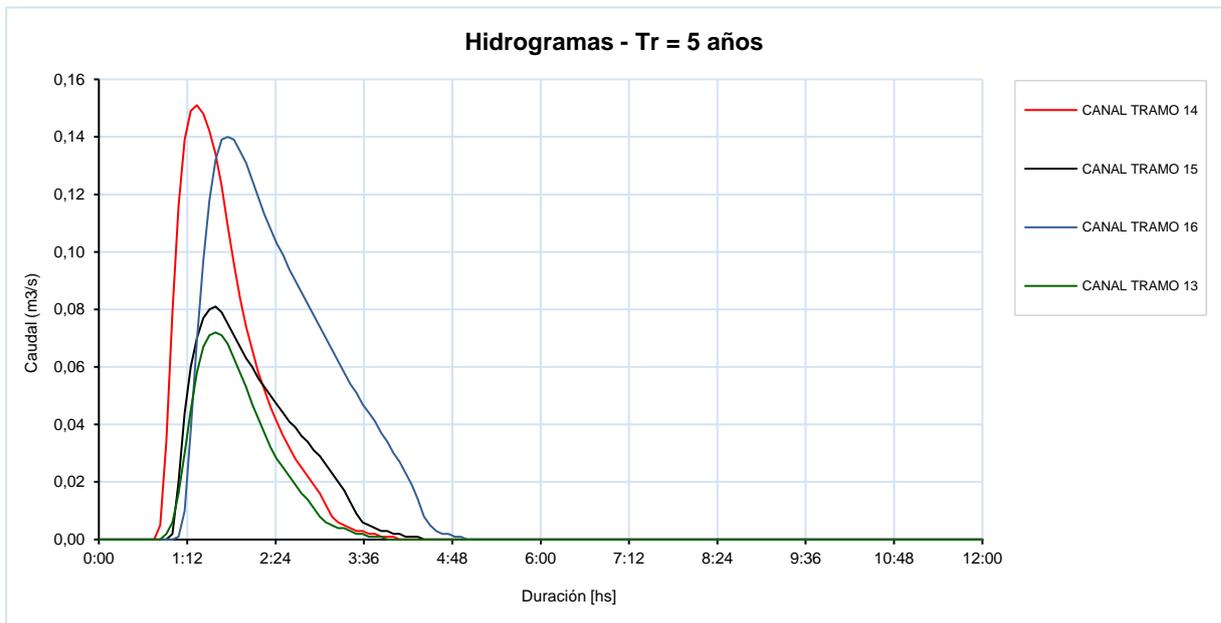


Figura 127: Hidrograma resultante sobre la canalización secundaria –Sin derivación

11.1.1 Análisis del funcionamiento hidráulico

De acuerdo a las expresiones de cálculos, las Tabla 38 y 39 detallan la verificación hidráulica en cada uno de los tramos considerados.

Tabla 38: Valoración hidráulica de las canalizaciones excavadas in situ

CÁLCULOS CAUDALES CON PR 5 AÑOS			DIMENSIONADO CANALIZACIONES SECCIÓN TRAPEZOIDAL													
DENOMINACIÓN	TRAMO CANAL	Q diseño. (m3/s)	CANALIZACIÓN TRAPEZOIDAL										Cálculos		Verificación	
			Parámetros adoptados										Q calculo (m3/s)	Vel. Calculo (m/s)	Q max.	V max.
			Talud	Área Min. (m2)	Pendiente longitudinal s (m/m)	n Manning	Tirante adoptado (m)	Ancho solera (m)	R (radio hidráulico)	p (perímetro mojado)						
CANAL COLECTOR PRIMARIO	1	0.37	1:2	0.49	0.000167	0.025	1.40	2.50	0.796	5.630	1.989	0.444	VERIFICA	VERIFICA		
	2	0.54	1:2	0.72	0.000167	0.025	1.40	2.50	0.796	5.630	1.989	0.444	VERIFICA	VERIFICA		
	3	0.81	1:2	1.09	0.000167	0.025	1.40	2.50	0.796	5.630	1.989	0.444	VERIFICA	VERIFICA		
	4	0.92	1:2	1.23	0.000167	0.025	1.40	2.50	0.796	5.630	1.989	0.444	VERIFICA	VERIFICA		
	5	1.35	1:2	1.80	0.000167	0.025	1.40	2.50	0.796	5.630	1.989	0.444	VERIFICA	VERIFICA		
	6	1.62	1:2	2.16	0.000167	0.025	1.40	2.50	0.796	5.630	1.989	0.444	VERIFICA	VERIFICA		
	7	1.67	1:2	2.23	0.000167	0.025	1.40	2.50	0.796	5.630	1.989	0.444	VERIFICA	VERIFICA		
	8	1.51	1:2	2.02	0.000167	0.025	1.40	2.50	0.796	5.630	1.989	0.444	VERIFICA	VERIFICA		
	9	1.68	1:2	2.24	0.000167	0.025	1.40	2.50	0.796	5.630	1.989	0.444	VERIFICA	VERIFICA		
	10	1.37	1:2	1.83	0.000167	0.025	1.40	2.50	0.796	5.630	1.989	0.444	VERIFICA	VERIFICA		
	11	1.41	1:2	1.87	0.000167	0.025	1.40	2.50	0.796	5.630	1.989	0.444	VERIFICA	VERIFICA		
	12	1.42	1:2	1.89	0.000167	0.030	1.40	2.50	0.796	5.630	1.657	0.370	VERIFICA	VERIFICA		
CANAL COLECTOR SECUNDARIO	15	0.08	1:2	0.11	0.000167	0.025	1.10	2.00	0.629	4.460	1.065	0.380	VERIFICA	VERIFICA		
	16	0.14	1:2	0.19	0.000167	0.025	1.10	2.00	0.629	4.460	1.065	0.380	VERIFICA	VERIFICA		

Tabla 39: Valoración hidráulica de la canalización secundaria (H° A°)

CÁLCULOS CAUDALES CON PR 5 AÑOS			DIMENSIONADO CANALIZACIONES RECTANGULARES											
DENOMINACIÓN	TRAMO CANAL	Q diseño. (m3/s)	CANALIZACIÓN RECTANGULAR (H°A°)									Verificación		
			Parámetros										Q diseño > Q max.	V diseño < V máx adm.
			n Manning	Vel máx (m/seg)	Ancho adoptado b(m)	Altura adoptada h(m)	Área (m2)	Perímetro mojado P (m)	Radio Hidráulico R (m)	Q diseño (m3/s)	V diseño (m/s)			
CANAL COLECTOR SECUNDARIO	13	0.07	0.016	5.50	1.25	0.60	0.75	2.45	0.306	0.275	0.370	VERIFICA	VERIFICA	
	14	0.15	0.016	5.50	1.25	0.60	0.75	2.45	0.306	0.275	0.370	VERIFICA	VERIFICA	

11.1.2 Conclusiones

Conforme a los cálculos se observa que, para un adecuado funcionamiento del sistema, la canalización principal debe presentar un tirante del orden de los 1.40 m, con un ancho de fondo de 2.50 m. Más aun, el colector secundario entre los tramos 13 y 14 (canalización rectangular de H° A°), debe presentar 1.25 m de ancho y 0.60 m de altura; mientras que el tirante en los tramos 15 y 16 (canalización empastada) puede ser reducido a 1.25 m, cuyo ancho de fondo debe ser de 2.50 m.

Pese a lo anterior, se pretende optimizar las secciones de dichas canalizaciones, verificando si el funcionamiento vinculado entre las mismas puede dar como resultado la reducción de sus dimensiones, y con ello los costos operativos.

11.1.3 Verificación para Tormenta Tr 10 años

Como se podrá observar en la Tabla 40, la consideración de una tormenta con un periodo de retorno mayor derivó en un incremento en los caudales de tránsito en el sistema, siendo necesaria la verificación hidráulica en cada tramo de las canalizaciones. En base a esto, se llega a la conclusión que las secciones no se corresponden con los nuevos caudales, siendo necesario el incremento del tirante (canal principal), pasando a ser éste de 1.50 m. Del mismo modo, una variante de lo anterior sería generar un reacondicionamiento del ancho de fondo, siendo éste de 3.00 m hasta el tramo 6 y luego del mismo incrementarlo a 3.50 m hasta el tramo 12.

Respecto de la canalización secundaria, se debe afirmar que sus dimensiones verifican aun para lluvias con periodos de recurrencia del orden de los 10 años, en todos sus tramos considerados 13, 14, 15 y 16.

Tabla 40: Valoración hidráulica de la canalización principal para Tormenta Tr 10 años

DENOMINACIÓN	TRAMO CANAL	Q diseño. (m ³ /s)	CANALIZACIÓN TRAPEZOIDAL						
			Parámetros adoptados					Verificación	
			Talud	Pendiente longitudinal s (m/m)	n Manning	Tirante adoptado (m)	Ancho solera (m)	Q max.	V max.
CANAL COLECTOR PRIMARIO	1	0.62	1:2	0.000167	0.025	1.50	3.00	VERIFICA	VERIFICA
	2	0.91	1:2	0.000167	0.025	1.50	3.00	VERIFICA	VERIFICA
	3	1.36	1:2	0.000167	0.025	1.50	3.00	VERIFICA	VERIFICA
	4	1.48	1:2	0.000167	0.025	1.50	3.00	VERIFICA	VERIFICA
	5	2.20	1:2	0.000167	0.025	1.50	3.00	VERIFICA	VERIFICA
	6	2.54	1:2	0.000167	0.025	1.50	3.00	VERIFICA	VERIFICA
	7	2.61	1:2	0.000167	0.025	1.50	3.50	VERIFICA	VERIFICA
	8	2.40	1:2	0.000167	0.025	1.50	3.50	VERIFICA	VERIFICA
	9	2.72	1:2	0.000167	0.025	1.50	3.50	VERIFICA	VERIFICA
	10	2.32	1:2	0.000167	0.025	1.50	3.50	VERIFICA	VERIFICA
	11	2.47	1:2	0.000167	0.025	1.50	3.50	VERIFICA	VERIFICA
	12	2.55	1:2	0.000167	0.030	1.50	3.50	VERIFICA	VERIFICA
	15	0.14	1:2	0.000167	0.025	1.10	2.00	VERIFICA	VERIFICA
	16	0.24	1:2	0.000167	0.025	1.10	2.00	VERIFICA	VERIFICA

11.2 PRUEBA 6: SISTEMA DE EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES CON DERIVACIÓN DE 0.5 m³/s HACIA CANAL SECUNDARIO EN RELACIÓN A LA TORMENTA DE DISEÑO Tr 5 AÑOS

En torno a lo expresado, se propone un nuevo análisis con el fin de lograr un funcionamiento sistémico entre ambas canalizaciones que se proponen como solución a la problemática. El sistema de cuencas y causes representado en HEC-HMS se aprecia en la Figura 128.

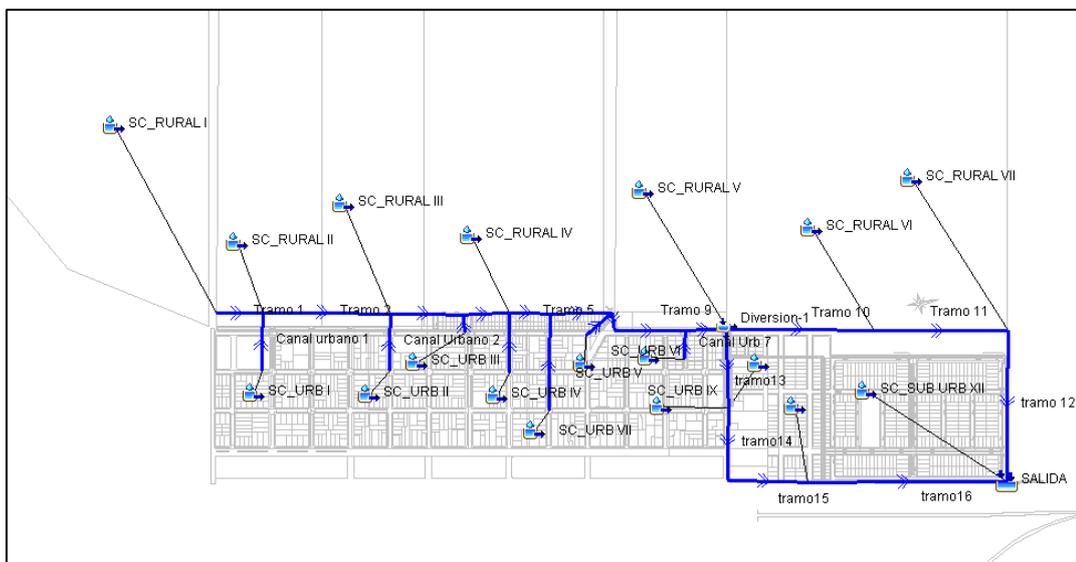


Figura 128: Esquema de subcuencas y causes adoptados para la simulación con el modelo HEC-HMS según proyecto

Como primera valoración, se indica al programa que al final del tramo N°9 (canal principal), se genere una derivación de 0.5 m³/s hacia la canalización secundaria; y con ello verificar si el tirante calculado en el inciso anterior puede ser reducido, teniendo en consideración la cota de salida del sistema, según los relevamientos realizados, lo que condiciona un tirante máximo de 1.10 m. Los resultados se detallan mediante las Tabla 41, y cuyos hidrogramas resultantes se aprecian en la Figura 129 y 130.

Tabla 41: Caudales resultantes para una tormenta Tr 5 años con derivación (0.5 m³/s)

Unidad Hidrológica	Área (Km ²)	Q pico (m ³ /s)	Hora pico	Volumen (1000m ³)
Tramo 1	0.46	0.4	19dic2018, 02:20	6.2
Tramo 10	2.00	0.9	19dic2018, 01:45	2.5
Tramo 11	2.33	1.0	19dic2018, 02:00	2.8
tramo 12	2.62	1.0	19dic2018, 02:05	2.9
Tramo 2	0.76	0.5	19dic2018, 02:15	6.6
Tramo 3	1.05	0.8	19dic2018, 02:05	6.8
Tramo 4	1.12	0.9	19dic2018, 01:40	7.2
Tramo 5	1.59	1.4	19dic2018, 01:45	7.2
Tramo 6	1.70	1.6	19dic2018, 01:40	7.5
Tramo 7	1.72	1.7	19dic2018, 01:35	7.5
Tramo 8	1.72	1.5	19dic2018, 01:35	7.2
Tramo 9	1.74	1.5	19dic2018, 01:35	7.2
tramo13	0.00	0.5	19dic2018, 03:45	n/a
tramo14	0.06	0.5	19dic2018, 01:20	145.6
tramo15	0.06	0.5	19dic2018, 03:45	137.8
tramo16	0.13	0.4	19dic2018, 03:45	59.6

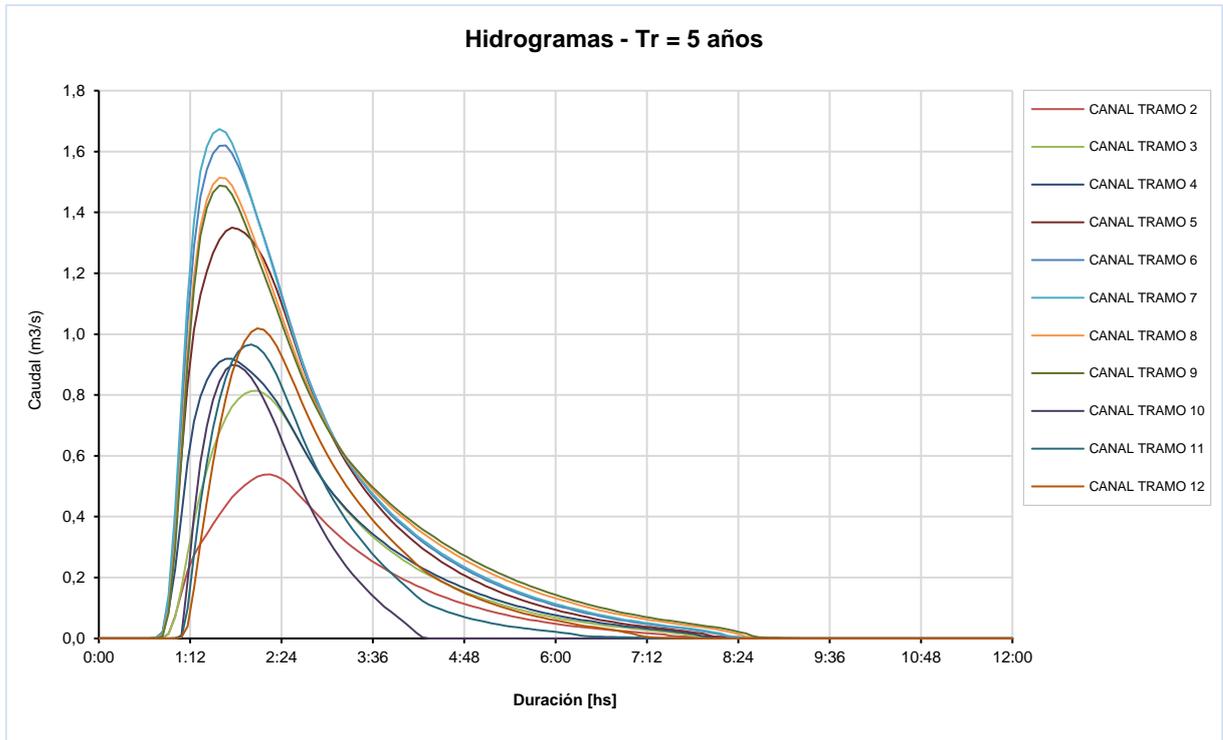


Figura 129: Hidrograma resultante en la canalización principal – Derivación 0.5 m³/s

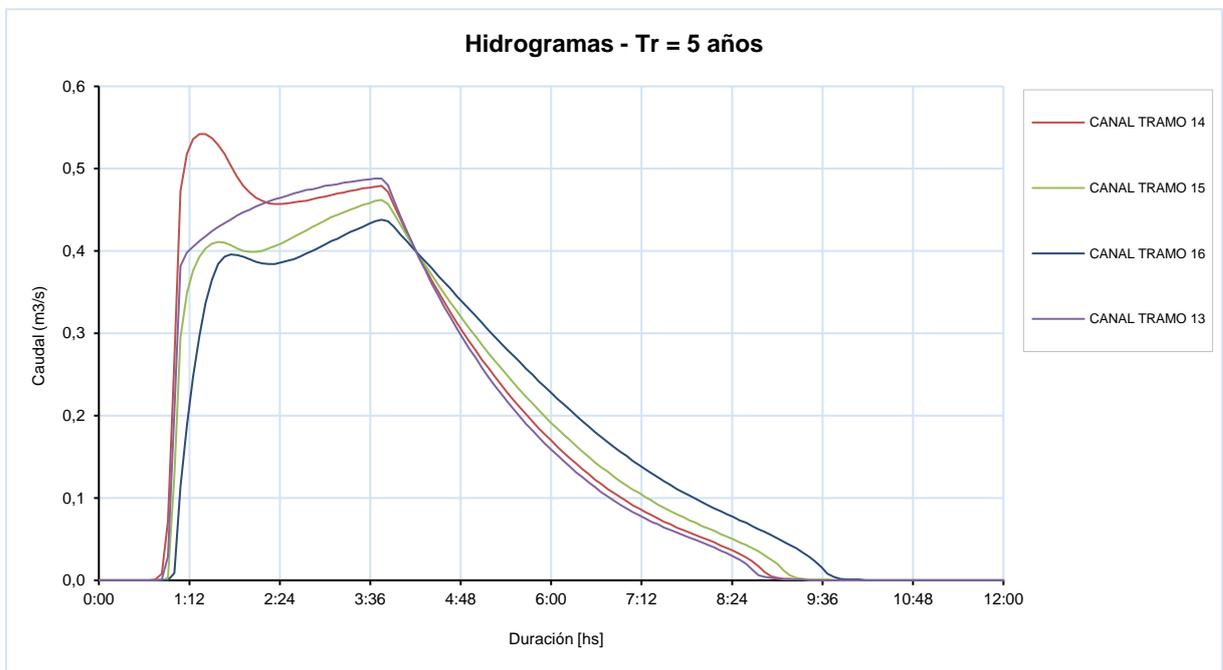


Figura 130: Hidrograma resultante sobre la canalización secundaria – Derivación 0.5 m³/s

11.2.1 Análisis del funcionamiento hidráulico

Tomando en consideración las expresiones de cálculos, la verificación hidráulica se plasma en la Tabla 42 y 43.

Tabla 42: Valoración hidráulica de las canalizaciones excavadas in situ

CÁLCULOS CAUDALES CON PR 5 AÑOS					DIMENSIONADO CANALIZACIONES SECCIÓN TRAPEZOIDAL													
DENOMINACIÓN	TRAMO CANAL N°	PROGRESIVA		Q diseño. (m3/s)	CANALIZACIÓN TRAPEZOIDAL										Cálculos		Verificación	
		P inicio (m)	P final (m)		Parámetros adoptados								Q calculo (m3/s)	Vel. Calculo (m/s)	Q max.	V max.		
					Talud	Área Min. (m2)	Pendiente longitudinal s (m/m)	n Manning	Tirante adoptado (m)	Ancho solera (m)	R (radio hidráulico)	p (perímetro mojado)						
CANAL COLECTOR PRIMARIO	1	0	145.48	0.37	1:2	0.49	0.000167	0.025	1.10	3.25	0.732	5.710	1.755	0.420	VERIFICA	VERIFICA		
	2	145.48	453.39	0.54	1:2	0.72	0.000167	0.025	1.10	3.25	0.732	5.710	1.755	0.420	VERIFICA	VERIFICA		
	3	453.39	661.00	0.81	1:2	1.09	0.000167	0.025	1.10	3.25	0.732	5.710	1.755	0.420	VERIFICA	VERIFICA		
	4	661.00	766.37	0.92	1:2	1.23	0.000167	0.025	1.10	3.25	0.732	5.710	1.755	0.420	VERIFICA	VERIFICA		
	5	766.37	869.27	1.35	1:2	1.80	0.000167	0.025	1.10	3.25	0.732	5.710	1.755	0.420	VERIFICA	VERIFICA		
	6	869.27	1021.28	1.62	1:2	2.16	0.000167	0.025	1.10	3.25	0.732	5.710	1.755	0.420	VERIFICA	VERIFICA		
	7	1021.28	1070.28	1.67	1:2	2.23	0.000167	0.025	1.10	3.25	0.732	5.710	1.755	0.420	VERIFICA	VERIFICA		
	8	1070.28	1257.08	1.51	1:2	2.02	0.000167	0.025	1.10	3.25	0.732	5.710	1.755	0.420	VERIFICA	VERIFICA		
	9	1257.08	1366.42	1.49	1:2	1.98	0.000167	0.025	1.10	3.25	0.732	5.710	1.755	0.420	VERIFICA	VERIFICA		
	10	1366.42	1756.72	0.90	1:2	1.20	0.000167	0.025	1.10	3.25	0.732	5.710	1.755	0.420	VERIFICA	VERIFICA		
	11	1756.72	2097.22	0.97	1:2	1.29	0.000167	0.025	1.10	3.25	0.732	5.710	1.755	0.420	VERIFICA	VERIFICA		
CANAL COLECTOR SECUNDARIO	15	1741.21	1995.31	0.46	1:2	0.616	0.000167	0.025	1.10	2.00	0.629	4.460	1.065	0.380	VERIFICA	VERIFICA		
	16	1995.31	2476.81	0.44	1:2	0.58	0.000167	0.025	1.10	2.00	0.629	4.460	1.065	0.380	VERIFICA	VERIFICA		

Tabla 43: Valoración hidráulica de la canalización secundaria (H° A°)

CÁLCULOS CAUDALES CON PR 5 AÑOS					DIMENSIONADO CANALIZACIONES RECTANGULARES											
DENOMINACIÓN	TRAMO CANAL N°	PROGRESIVA		Q diseño. (m3/s)	CANALIZACIÓN RECTANGULAR (módulos de H°A°)										Verificación	
		P inicio (m)	P final (m)		Parámetros								Q diseño (m3/s)	V diseño (m/s)	Q diseño > Q max.	V diseño < V máx adm.
					n Manning	Vel máx (m/seg)	Ancho adoptado b(m)	Altura adoptada h(m)	Área (m2)	Perímetro mojado P (m)	Radio Hidráulico o R (m)					
CANAL COLECTOR SECUNDARIO	13	1366.42	1558.87	0.49	0.016	5.50	1.25	1.20	1.5	3.65	0.411	0.670	0.449	VERIFICA	VERIFICA	
	14	1558.87	1741.21	0.54	0.016	5.50	1.25	1.20	1.5	3.65	0.411	0.670	0.449	VERIFICA	VERIFICA	

11.2.2 Conclusiones

Conforme a los cálculos realizados y considerando que la canalización principal debe mantener un tirante de 1.10 m, se concluye que, para una tormenta de diseño con Tr de 5 años, el ancho de fondo de la misma tendría que ser de 3.25 m.

Como salvedad agregar que producto de la derivación de caudales hacia el tramo 13 y 14, es necesario duplicar la altura del canal secundario, en relación a la prueba N°5, lo que equivale a expresar que la sola vinculación de ambas canalizaciones implica un reacondicionamiento de sus secciones transversales.

11.2.3 Verificación para Tormenta Tr 10 años

Como se podrá observar en la Tabla 44, la consideración de una tormenta con un periodo de retorno mayor obliga a tomar nuevos criterios de diseño respecto de las secciones transversales de cada tramo analizado; ello por la simple razón de generarse mayores caudales.

Se resalta nuevamente que, si se parte de la premisa de mantener un tirante máximo de 1.10 m, asociado con la canalización principal, ello obliga a incrementar el ancho de fondo a valores elevados. Así pues, y aplicando el sentido común, se deja sin efecto la altura máxima de cada tramo; por lo que se adoptando como tentativa 1.50 m de profundidad, considerando como cota del terreno natural 106.9 msnm (punto de inicio). De este modo, se estableció un ancho de fondo de 3.00 m, verificando los caudales máximos de tránsito.

En relación a la canalización secundaria, expresar que se respetaron las dimensiones adoptadas para el análisis con una tormenta con Tr de 5 años (ver tabla 43); verificando, asimismo, para una tormenta con recurrencia de 10 años.

Tabla 44: Valoración hidráulica de la canalización principal para Tormenta Tr 10 años

DENOMINACIÓN	TRAMO CANAL N°	Q diseño. (m ³ /s)	CANALIZACIÓN TRAPEZOIDAL						
			Parámetros adoptados					Verificación	
			Talud	Pendiente longitudinal s (m/m)	n Manning	Tirante adoptado (m)	Ancho solera (m)	Q max.	V max.
CANAL COLECTOR PRIMARIO	1	0.62	1:2	0.000167	0.025	1.50	3.00	VERIFICA	VERIFICA
	2	0.91	1:2	0.000167	0.025	1.50	3.00	VERIFICA	VERIFICA
	3	1.36	1:2	0.000167	0.025	1.50	3.00	VERIFICA	VERIFICA
	4	1.48	1:2	0.000167	0.025	1.50	3.00	VERIFICA	VERIFICA
	5	2.20	1:2	0.000167	0.025	1.50	3.00	VERIFICA	VERIFICA
	6	2.54	1:2	0.000167	0.025	1.50	3.00	VERIFICA	VERIFICA
	7	2.61	1:2	0.000167	0.025	1.50	3.00	VERIFICA	VERIFICA
	8	2.40	1:2	0.000167	0.025	1.50	3.00	VERIFICA	VERIFICA
	9	2.37	1:2	0.000167	0.025	1.50	3.00	VERIFICA	VERIFICA
	10	1.86	1:2	0.000167	0.025	1.50	3.00	VERIFICA	VERIFICA
	11	2.04	1:2	0.000167	0.025	1.50	3.00	VERIFICA	VERIFICA
	12	2.15	1:2	0.000167	0.025	1.50	3.00	VERIFICA	VERIFICA
	15	0.48	1:2	0.000167	0.025	1.10	2.00	VERIFICA	VERIFICA
	16	0.52	1:2	0.000167	0.025	1.10	2.00	VERIFICA	VERIFICA

11.3 PRUEBA 7: SISTEMA DE EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES CON DERIVACIÓN DE 1.00 m³/s HACIA CANAL SECUNDARIO EN RELACIÓN A LA TORMENTA DE DISEÑO Tr 5 AÑOS

Continuando, se propone una nueva configura en el programa, de modo tal que exista una derivación del canal principal al secundario de 1.00 m³/s, ello al final del tramo N°9. Lo anterior con objeto de verificar si el tirante calculado en el inciso anterior puede ser reducido, teniendo en consideración la cota de salida del sistema (máximo tirante de 1.10 m). En tal sentido, el esquema de causas y cuencas conformado en HEC-HMS se visualiza en la Figura 131. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 45, mientras que los hidrogramas resultantes se hallan contenidos en las Figuras 132 y 133.

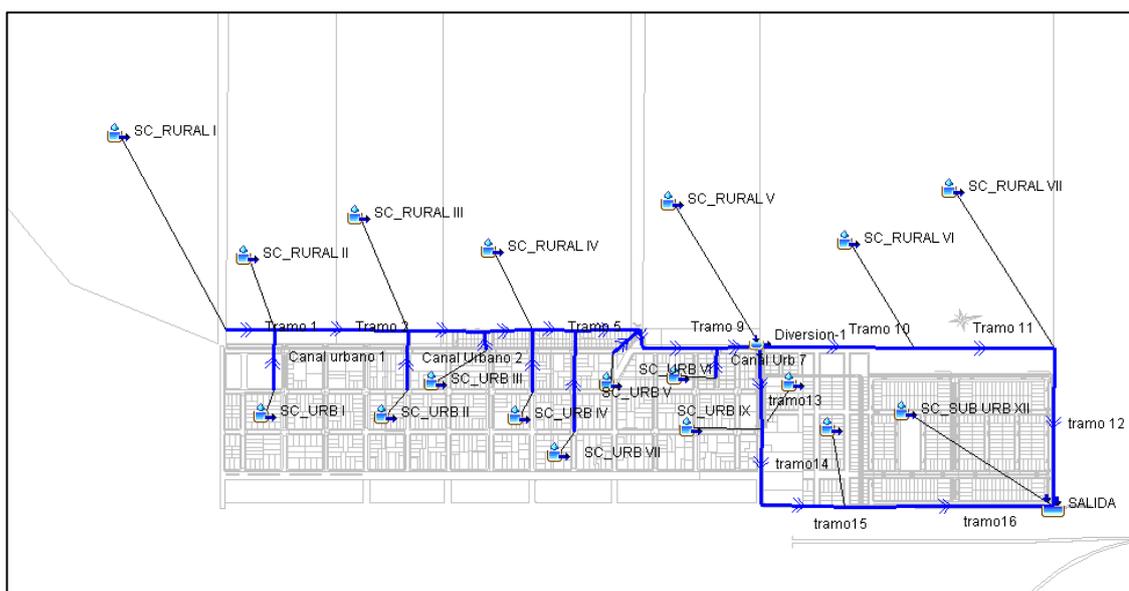


Figura 131: Esquema de subcuencas y causas adoptados para la simulación con el modelo HEC-HMS según proyecto

Tabla 45: Caudales resultantes para una tormenta Tr 5 años con derivación (1.00 m³/s)

Unidad Hidrológica	Área (Km ²)	Q pico (m ³ /s)	Hora pico	Volumen (1000m ³)
Tramo 1	0.46	0.4	19dic2018, 02:20	6.2
Tramo 10	2.00	0.5	19dic2018, 01:45	0.9
Tramo 11	2.33	0.6	19dic2018, 02:00	1.5
tramo 12	2.62	0.7	19dic2018, 02:05	1.8
Tramo 2	0.76	0.5	19dic2018, 02:15	6.6
Tramo 3	1.05	0.8	19dic2018, 02:05	6.8
Tramo 4	1.12	0.9	19dic2018, 01:40	7.2
Tramo 5	1.59	1.4	19dic2018, 01:45	7.2
Tramo 6	1.70	1.6	19dic2018, 01:40	7.5
Tramo 7	1.72	1.7	19dic2018, 01:35	7.5
Tramo 8	1.72	1.5	19dic2018, 01:35	7.2
Tramo 9	1.74	1.5	19dic2018, 01:35	7.2
tramo13	0.00	0.9	19dic2018, 02:40	n/a
tramo14	0.06	1.0	19dic2018, 01:20	203.4
tramo15	0.06	0.8	19dic2018, 02:40	193.1
tramo16	0.13	0.7	19dic2018, 02:40	81.3

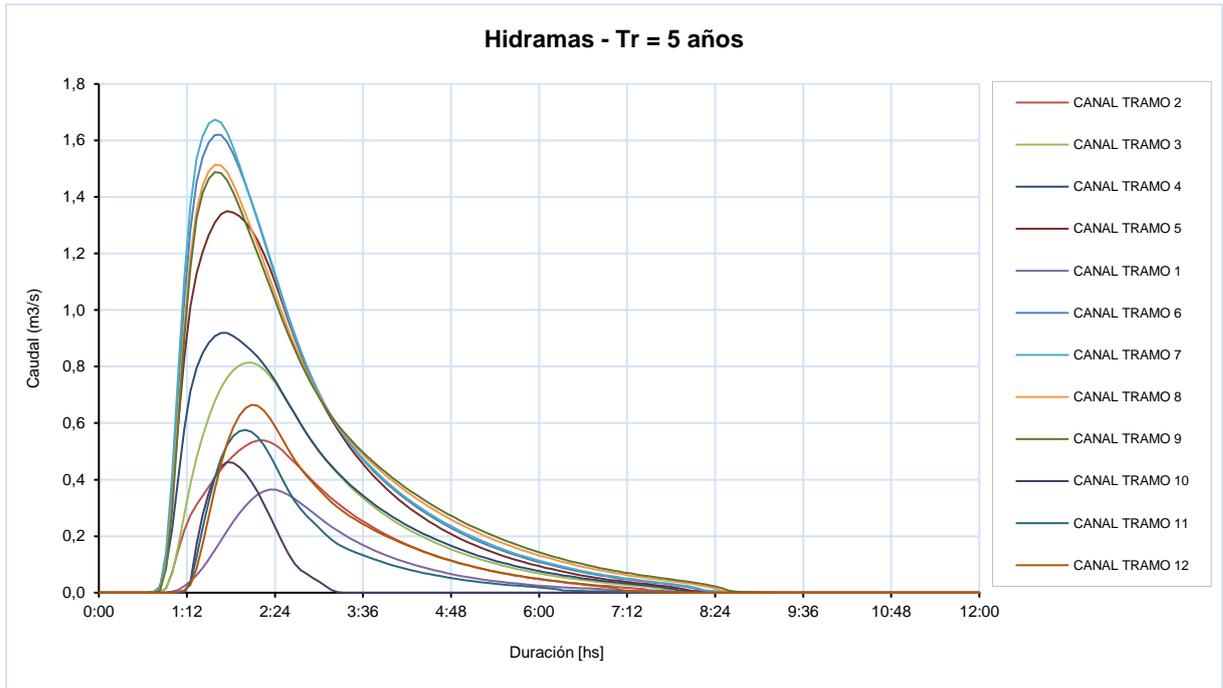


Figura 132: Hidrograma resultante sobre la canalización principal – Derivación 1.00 m³/s

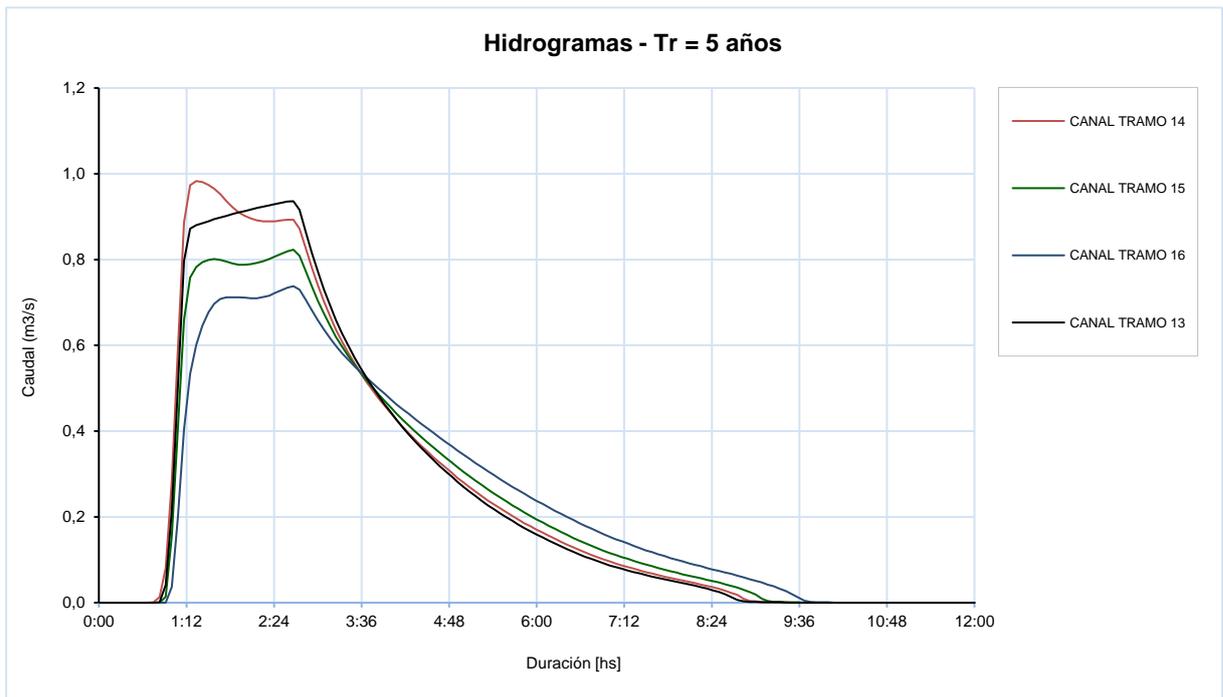


Figura 133: Hidrograma resultante sobre la canalización secundaria – Derivación 1.00 m³/s

11.3.1 Análisis del funcionamiento hidráulico

La verificación hidráulica de cada uno de los tramos considerados se plasma en las Tablas 46 y 47.

Tabla 46: Valoración hidráulica de las canalizaciones excavadas in situ

CÁLCULOS CAUDALES CON PR 5 AÑOS			DIMENSIONADO CANALIZACIONES SECCIÓN TRAPEZOIDAL													
DENOMINACIÓN	TRAMO CANAL	Q diseño. (m3/s)	CANALIZACIÓN TRAPEZOIDAL													
			Parámetros adoptados										Cálculos		Verificación	
			Talud	Vel máx (m/seg)	Área Min. (m2)	Pendiente longitudinal s (m/m)	n Manning	Tirante adoptado (m)	Ancho solera (m)	R (radio hidráulico)	p (perímetro mojado)	Área s/ dimensiones	Q calculo (m3/s)	Vel. Calculo (m/s)	Q max.	V max.
CANAL COLECTOR PRIMARIO	1	0.37	1:2	0.75	0.49	0.000167	0.025	1.50	2.50	0.833	5.854	4.875	2.231	0.458	VERIFICA	VERIFICA
	2	0.54	1:2	0.75	0.72	0.000167	0.025	1.50	2.50	0.833	5.854	4.875	2.231	0.458	VERIFICA	VERIFICA
	3	0.81	1:2	0.75	1.09	0.000167	0.025	1.50	2.50	0.833	5.854	4.875	2.231	0.458	VERIFICA	VERIFICA
	4	0.92	1:2	0.75	1.23	0.000167	0.025	1.50	2.50	0.833	5.854	4.875	2.231	0.458	VERIFICA	VERIFICA
	5	1.35	1:2	0.75	1.80	0.000167	0.025	1.50	2.50	0.833	5.854	4.875	2.231	0.458	VERIFICA	VERIFICA
	6	1.62	1:2	0.75	2.16	0.000167	0.025	1.50	2.50	0.833	5.854	4.875	2.231	0.458	VERIFICA	VERIFICA
	7	1.67	1:2	0.75	2.23	0.000167	0.025	1.50	2.50	0.833	5.854	4.875	2.231	0.458	VERIFICA	VERIFICA
	8	1.51	1:2	0.75	2.02	0.000167	0.025	1.50	2.50	0.833	5.854	4.875	2.231	0.458	VERIFICA	VERIFICA
	9	1.49	1:2	0.75	1.98	0.000167	0.025	1.50	2.50	0.833	5.854	4.875	2.231	0.458	VERIFICA	VERIFICA
	10	0.46	1:2	0.75	0.62	0.000167	0.025	1.50	2.50	0.833	5.854	4.875	2.231	0.458	VERIFICA	VERIFICA
	11	0.58	1:2	0.75	0.77	0.000167	0.025	1.50	2.50	0.833	5.854	4.875	2.231	0.458	VERIFICA	VERIFICA
	12	0.67	1:2	0.75	0.89	0.000167	0.025	1.50	2.50	0.833	5.854	4.875	2.231	0.458	VERIFICA	VERIFICA
CANAL COLECTOR SECUNDARIO	15	0.82	1:2	0.75	1.10	0.000167	0.025	1.10	2.00	0.629	4.460	2.805	1.065	0.380	VERIFICA	VERIFICA
	16	0.74	1:2	0.75	0.98	0.000167	0.025	1.10	2.00	0.629	4.460	2.805	1.065	0.380	VERIFICA	VERIFICA

Tabla 47: Valoración hidráulica de la canalización secundaria (H° A°)

CÁLCULOS CAUDALES CON PR 5 AÑOS			DIMENSIONADO CANALIZACIONES RECTANGULARES											
DENOMINACIÓN	TRAMO CANAL	Q diseño. (m3/s)	CANALIZACIÓN RECTANGULAR										Verificación	
			Parámetros											
			n Manning	Vel máx (m/seg)	Ancho adoptado b(m)	Altura adoptada h(m)	Área (m2)	Perímetro mojado P (m)	Radio Hidráulico R (m)	Q diseño (m3/s)	V diseño (m/s)	Q diseño > Q max.	V diseño < V máx adm.	
CANAL COLECTOR SECUNDARIO	13	0.94	0.016	5.50	1.50	2.00	3.00	5.5	0.545	1.618	0.541	VERIFICA	VERIFICA	
	14	0.98	0.016	5.50	1.50	2.00	3.00	5.5	0.545	1.618	0.541	VERIFICA	VERIFICA	

11.3.2 Conclusiones

En virtud de mantener un tirante de 1.10 m, en la canalización principal, se concluye que para una tormenta de diseño con Tr de 5 años, el ancho de fondo de la misma debe ser de 2.50 m. A su vez, para el canal secundario, en los tramos 13 y 14, se prevé una altura de 1.50 m y 2.00 m de ancho, según los cálculos realizados. Sin embargo, para los tramos 15 y 16 sus dimensiones se corresponden con las pruebas anteriores, estableciendo un tirante de 1.10 m y un ancho de fondo de 2.00 m.

11.3.3 Verificación para Tormenta Tr 10 años

Tal y como se aprecia en la Tabla 48 la consideración de una tormenta con un periodo de retorno mayor genera caudales superiores, lo que conlleva a verificar las secciones de las canalizaciones en estudio. En relación a esto, se tiene que:

- Canalización principal: es necesario aumentar el tirante hasta 1.50 m, con el objeto de no incrementar en demasía el ancho de fondo. En función a la altura establecida, el ancho correspondiente es de 2.50 m.
- Canalización secundaria: las dimensiones determinadas en la prueba anterior verifican incluso para una tormenta con Tr de 10 años.

Tabla 48: Valoración hidráulica de la canalización principal para Tormenta Tr 10 años

DENOMINACIÓN	TRAMO CANAL N°	Q diseño. (m ³ /s)	CANALIZACIÓN TRAPEZOIDAL						
			Parámetros adoptados					Verificación	
			Talud	Pendiente longitudinal s (m/m)	n Manning	Tirante adoptado (m)	Ancho solera (m)	Q max.	V max.
CANAL COLECTOR PRIMARIO	1	0.62	1:2	0.000167	0.025	1.50	3.00	VERIFICA	VERIFICA
	2	0.91	1:2	0.000167	0.025	1.50	3.00	VERIFICA	VERIFICA
	3	1.36	1:2	0.000167	0.025	1.50	3.00	VERIFICA	VERIFICA
	4	1.48	1:2	0.000167	0.025	1.50	3.00	VERIFICA	VERIFICA
	5	2.20	1:2	0.000167	0.025	1.50	3.00	VERIFICA	VERIFICA
	6	1.64	1:2	0.000167	0.025	1.50	3.00	VERIFICA	VERIFICA
	7	2.61	1:2	0.000167	0.025	1.50	3.00	VERIFICA	VERIFICA
	8	2.40	1:2	0.000167	0.025	1.50	3.00	VERIFICA	VERIFICA
	9	2.37	1:2	0.000167	0.025	1.50	3.00	VERIFICA	VERIFICA
	10	1.39	1:2	0.000167	0.025	1.50	3.00	VERIFICA	VERIFICA
	11	1.59	1:2	0.000167	0.025	1.50	3.00	VERIFICA	VERIFICA
	12	1.73	1:2	0.000167	0.025	1.50	3.00	VERIFICA	VERIFICA
CANAL COLECTOR SECUNDARIO	15	0.88	1:2	0.000167	0.025	1.10	2.00	VERIFICA	VERIFICA
	16	0.84	1:2	0.000167	0.025	1.10	2.00	VERIFICA	VERIFICA

11.4 PRUEBA 8: SISTEMA DE EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES CON DERIVACIÓN DE 1.00 m³/s HACIA CANAL SECUNDARIO, SEGÚN NUEVO PLANTEO Y EN RELACIÓN A UNA TORMENTA DE DISEÑO Tr 5 AÑOS

Como nuevo proyecto, se pretende realizar una variante respecto de las propuestas anteriores, fundamentalmente atendiendo a las descargas de las unidades hidrológicas nominadas como SC-URB VI, SC-URB VII, SC-URB IX, de modo tal que las mismas hagan su aporte directamente hacia la canalización secundaria (ver Figura 134); y con ello mayores caudales de desvío a la misma, reduciendo así la magnitud de aquellos que transitan sobre la canalización principal. Los resultados se hallan contenidos en la Tabla 49, mientras que los hidrogramas se visualizan en las Figuras 135 y 136.

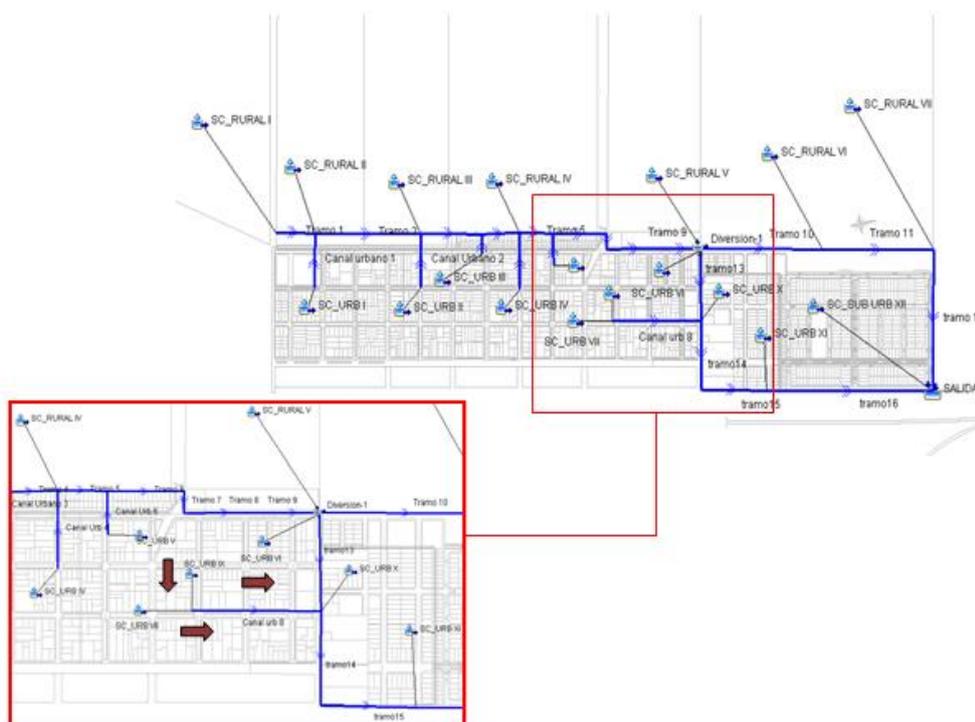


Figura 134: Esquema de subcuencas y canales adoptados para la simulación con el modelo HEC-HMS según nueva propuesta

Tabla 49: Caudales resultantes para una tormenta Tr 5 años con derivación (1.00 m³/s)

Unidad Hidrológica	Área (Km ²)	Q pico (m ³ /s)	Hora pico	Volumen (1000m ³)
Tramo 1	0.46	0.4	19dic2018, 02:20	2.9
Tramo 10	1.88	0.2	19dic2018, 02:05	0.6
Tramo 11	2.21	0.4	19dic2018, 02:10	2.4
tramo 12	2.50	0.5	19dic2018, 02:15	3.9
Tramo 2	0.76	0.5	19dic2018, 02:15	5.0
Tramo 3	1.05	0.8	19dic2018, 02:05	7.1
Tramo 4	1.12	0.9	19dic2018, 01:40	8.1
Tramo 5	1.59	1.4	19dic2018, 01:45	11.4
Tramo 6	1.62	1.3	19dic2018, 01:45	11.4
Tramo 7	1.62	1.3	19dic2018, 01:45	11.3
Tramo 8	1.62	1.2	19dic2018, 01:45	10.9
Tramo 9	1.62	1.1	19dic2018, 01:50	10.7
tramo13	0.02	1.0	19dic2018, 01:30	11.1
tramo14	0.18	1.5	19dic2018, 01:30	12.8
tramo15	0.18	1.2	19dic2018, 01:30	12.2
tramo16	0.25	1.1	19dic2018, 01:35	12.0

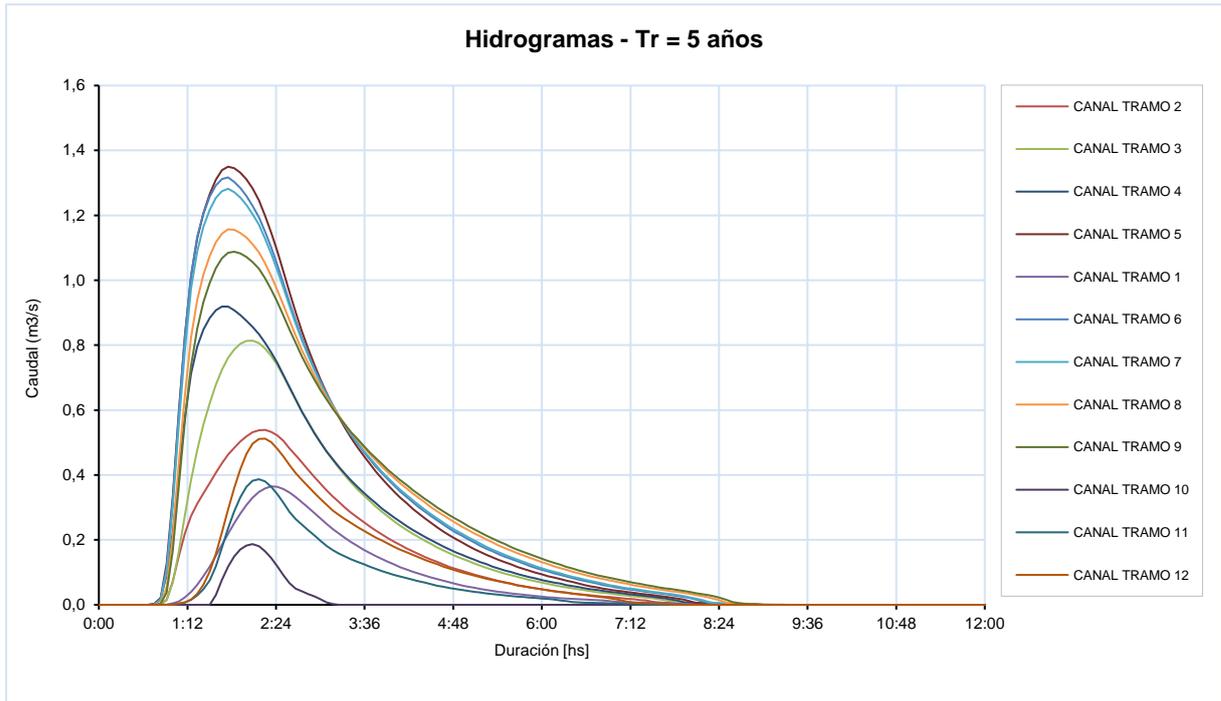


Figura 135: Hidrograma resultante sobre la canalización principal – Derivación 1.00 m³/s

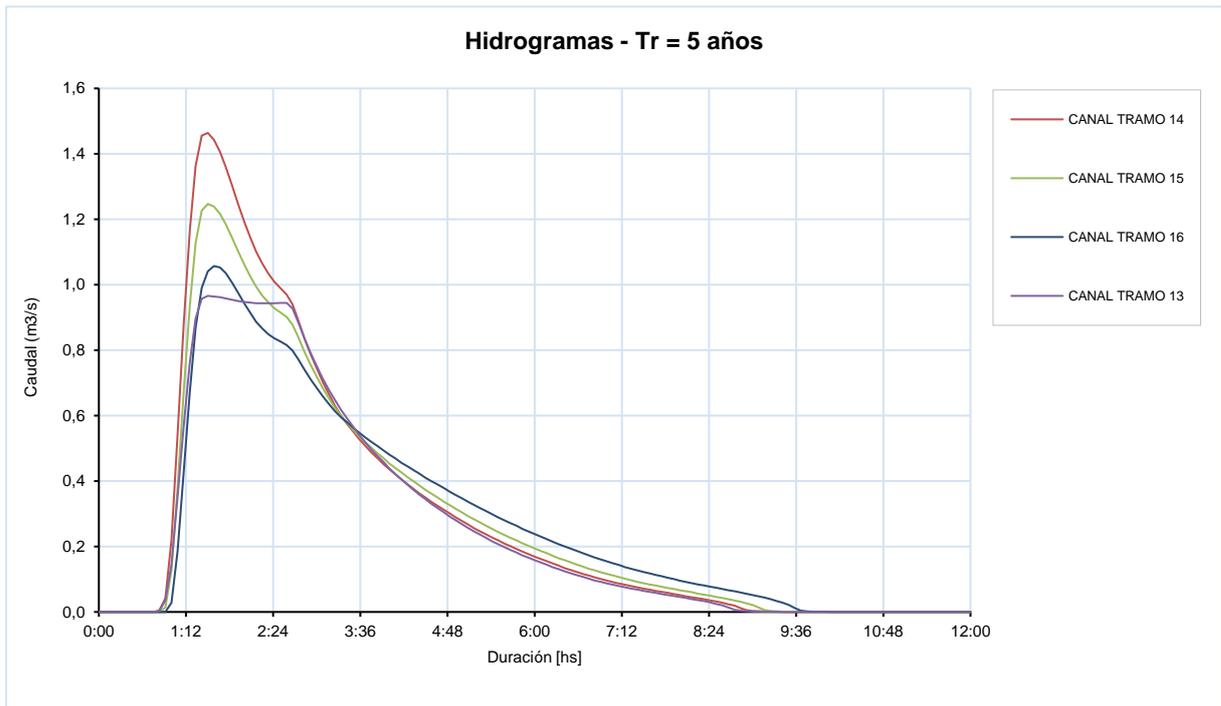


Figura 136: Hidrograma resultante sobre la canalización secundaria - Derivación 1.00 m³/s

11.4.1 Análisis del funcionamiento hidráulico

La verificación hidráulica en cada uno de los tramos considerados, se plasma seguidamente por medio de la Tabla 50 y 51.

Tabla 50: Valoración hidráulica de las canalizaciones excavadas in situ

CÁLCULOS CAUDALES CON PR 10 AÑOS					DIMENSIONADO CANALIZACIONES SECCIÓN TRAPEZOIDAL												
DENOMINACIÓN	TRAMO CANAL	PROGRESIVA		Q diseño. (m3/s)	CANALIZACIÓN TRAPEZOIDAL										Verificación		
		P inicio (m)	P final (m)		Parámetros adoptados					Cálculos					Q max.	V max.	
					Talud	Área Min. (m2)	Pendiente longitudinal s (m/m)	n Manning	Tirante adoptado (m)	Ancho solera (m)	R (radio hidráulico)	p (perímetro mojado)	Q calculo (m3/s)	Vel. Calculo (m/s)			
CANAL COLECTOR PRIMARIO	1	0	145.48	0.37	1:2	0.49	0.000167	0.025	1.10	2.60	0.68	5.06	1.39	0.40	VERIFICA	VERIFICA	
	2	145.48	453.39	0.54	1:2	0.72	0.000167	0.025	1.10	2.60	0.68	5.06	1.39	0.40	VERIFICA	VERIFICA	
	3	453.39	661.00	0.81	1:2	1.09	0.000167	0.025	1.10	2.60	0.68	5.06	1.39	0.40	VERIFICA	VERIFICA	
	4	661.00	766.37	0.92	1:2	1.23	0.000167	0.025	1.10	2.60	0.68	5.06	1.39	0.40	VERIFICA	VERIFICA	
	5	766.37	869.27	1.35	1:2	1.80	0.000167	0.025	1.10	2.60	0.68	5.06	1.39	0.40	VERIFICA	VERIFICA	
	6	869.27	1021.28	1.32	1:2	1.76	0.000167	0.025	1.10	2.60	0.68	5.06	1.39	0.40	VERIFICA	VERIFICA	
	7	1021.28	1070.28	1.28	1:2	1.71	0.000167	0.025	1.10	2.60	0.68	5.06	1.39	0.40	VERIFICA	VERIFICA	
	8	1070.28	1257.08	1.16	1:2	1.54	0.000167	0.025	1.10	2.60	0.68	5.06	1.39	0.40	VERIFICA	VERIFICA	
	9	1257.08	1366.42	1.09	1:2	1.45	0.000167	0.025	1.10	2.60	0.68	5.06	1.39	0.40	VERIFICA	VERIFICA	
	10	1366.42	1756.72	0.19	1:2	0.25	0.000167	0.025	1.10	2.60	0.68	5.06	1.39	0.40	VERIFICA	VERIFICA	
	11	1756.72	2097.22	0.39	1:2	0.52	0.000167	0.025	1.10	2.60	0.68	5.06	1.39	0.40	VERIFICA	VERIFICA	
12	2097.22	2497.72	0.51	1:2	0.68	0.000167	0.025	1.10	2.60	0.68	5.06	1.39	0.40	VERIFICA	VERIFICA		
CANAL COLECTOR SECUNDARIO	15	1741.21	1995.31	1.25	1:2	1.66	0.000167	0.025	1.10	2.50	0.68	4.96	1.34	0.40	VERIFICA	VERIFICA	
	16	1995.31	2476.81	1.06	1:2	1.41	0.000167	0.025	1.10	2.50	0.68	4.96	1.34	0.40	VERIFICA	VERIFICA	

Tabla 51: Valoración hidráulica de la canalización secundaria (H° A°)

CÁLCULOS CAUDALES CON PR 10 AÑOS					DIMENSIONADO CANALIZACIONES RECTANGULARES										
DENOMINACIÓN	TRAMO CANAL	PROGRESIVA		Q diseño. (m3/s)	CANALIZACIÓN RECTANGULAR									Verificación	
		P inicio (m)	P final (m)		Parámetros					Cálculos				Q diseño > Q max.	V diseño < V máx adm.
					n Manning	Vel máx (m/seg)	Ancho adoptado b(m)	Altura adoptada h(m)	Área (m2)	Perímetro mojado P (m)	Radio Hidráulico R (m)	Q diseño (m3/s)	V diseño (m/s)		
CANAL COLECTOR SECUNDARIO	13	1366.42	1558.87	0.97	0.016	5.50	1.75	2.00	3.5	5.75	0.609	2.031	0.582	VERIFICA	VERIFICA
	14	1558.87	1741.21	1.46	0.016	5.50	1.75	2.00	3.5	5.75	0.609	2.031	0.582	VERIFICA	VERIFICA

11.4.2 Conclusiones

Partiendo de los cálculos realizados, y haciendo alusión a la canalización principal, se infiere que es posible mantener el tirante máximo de 1.10 m, pero para ello es necesario adoptar como ancho de fondo 2.25 m. Respecto de la canalización secundaria, se debe expresar que las dimensiones de 1.75 m x 2.00 m, correspondientes a los tramos 13 y 14 verifican; mientras que es válido adoptar como dimensiones 1.10 m de tirante y 2.25 m de ancho de fondo para los tramos 15 y 16.

11.4.3 Verificación para Tormenta Tr 10 años

La consideración de una tormenta con un periodo de retorno mayor obliga a un redimensionado de la canalización principal, aumentando el tirante hasta 1.50 m, con el objeto de no incrementar en demasía el ancho de fondo (ver Tabla 52).

En función a la altura establecida el ancho correspondiente es de 2.50 m. Asimismo, en la canalización secundaria las dimensiones de los tramos 15 y 16 deben ser modificadas, tendiendo a incrementar la secciones transversal, adoptando un tirante de 1.25 m y 2.50 m de ancho de fondo.

Tabla 52: Valoración hidráulica de la canalización principal para Tormenta Tr 10 años

DENOMINACIÓN	TRAMO CANAL N°	Q diseño. (m ³ /s)	CANALIZACIÓN TRAPEZOIDAL						
			Parámetros adoptados					Verificación	
			Talud	Pendiente longitudinal s (m/m)	n Manning	Tirante adoptado (m)	Ancho solera (m)	Q max.	V max.
CANAL COLECTOR PRIMARIO	1	0.62	1:2	0.000167	0.025	1.50	2.50	VERIFICA	VERIFICA
	2	0.91	1:2	0.000167	0.025	1.50	2.50	VERIFICA	VERIFICA
	3	1.36	1:2	0.000167	0.025	1.50	2.50	VERIFICA	VERIFICA
	4	1.48	1:2	0.000167	0.025	1.50	2.50	VERIFICA	VERIFICA
	5	2.20	1:2	0.000167	0.025	1.50	2.50	VERIFICA	VERIFICA
	6	2.15	1:2	0.000167	0.025	1.50	2.50	VERIFICA	VERIFICA
	7	2.10	1:2	0.000167	0.025	1.50	2.50	VERIFICA	VERIFICA
	8	1.94	1:2	0.000167	0.025	1.50	2.50	VERIFICA	VERIFICA
	9	1.85	1:2	0.000167	0.025	1.50	2.50	VERIFICA	VERIFICA
	10	1.02	1:2	0.000167	0.025	1.50	2.50	VERIFICA	VERIFICA
	11	1.31	1:2	0.000167	0.025	1.50	2.50	VERIFICA	VERIFICA
	12	1.49	1:2	0.000167	0.025	1.50	2.50	VERIFICA	VERIFICA
	15	1.49	1:2	0.000167	0.025	1.25	2.50	VERIFICA	VERIFICA
	16	1.34	1:2	0.000167	0.025	1.25	2.50	VERIFICA	VERIFICA

CAPÍTULO 12

MODELACIÓN HIDROLÓGICA DEL PROYECTO DEFINITIVO

12.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS OBRAS HIDRÁULICAS QUE INTEGRAN EL SISTEMA DE DESAGÜES PLUVIALES PROPUESTO

12.1.1 Canalización primaria

Las dimensiones finales del canal colector principal se corresponden con aquellas que verifican el tránsito de caudales, incluso para tormentas con un Tr de 10 años, según se aprecia en la Tabla 53.

Se optó por una sección de tipo trapezoidal y a cielo abierto, por la simple razón de considerar parte del proyecto que actualmente se encuentra desarrollado en Freyre, añadiendo al mismo criterios propios en relación a cada tramo. Ejemplo de ello, es la propuesta de entubado del canal, más precisamente desde el tramo 7 al 9; partiendo de la premisa de considerar que la traza se halla en una zona residencial, donde las posibilidades de plantear diversas alternativas, en cuanto a dimensiones transversales se trate, son muy limitadas. A esto, se le suma la peligrosidad que implica una conducción abierta en zonas pobladas, donde el denominador común es sin lugar a dudas la contaminación antrópica.

Tabla 53: Dimensiones definitivas asociadas a las canalizaciones conformadas sobre terreno natural

CÁLCULOS CAUDALES CON PR 10 AÑOS					DIMENSIONADO CANALIZACIONES SECCIÓN TRAPEZOIDAL				
DENOMINACIÓN	TRAMO CANAL	PROGRESIVA		Q diseño. (m ³ /s)	CANALIZACIÓN TRAPEZOIDAL				
					Parámetros adoptados				
	N°	(m)	Talud	Pendiente longitudinal s (m/m)	n Manning	Tirante adoptado (m)	Ancho solera (m)		
CANAL COLECTOR PRIMARIO	1	0	145.48	0.62	1:2	0.000167	0.025	1.50	2.50
	2	145.48	453.39	0.91	1:2	0.000167	0.025	1.50	2.50
	3	453.39	661.00	1.36	1:2	0.000167	0.025	1.50	2.50
	4	661.00	766.37	1.48	1:2	0.000167	0.025	1.50	2.50
	5	766.37	869.27	2.20	1:2	0.000167	0.025	1.50	2.50
	6	869.27	1021.28	2.15	1:2	0.000167	0.025	1.50	2.50
	10	1366.42	1756.72	1.02	1:2	0.000167	0.025	1.50	2.50
	11	1756.72	2097.22	1.31	1:2	0.000167	0.025	1.50	2.50
	12	2097.22	2497.72	1.49	1:2	0.000167	0.025	1.50	2.50
CANAL COLECTOR SECUNDARIO	15	1741.21	1995.31	1.49	1:2	0.000167	0.025	1.25	2.50
	16	1995.31	2476.81	1.34	1:2	0.000167	0.025	1.25	2.50

Tabla 54: Dimensiones definitivas asociadas a los tramos 7,8 y 9 del canal colector principal

CÁLCULOS CAUDALES CON PR 10 AÑOS					DIMENSIONADO CANALIZACIONES RECTANGULARES						
DENOMINACIÓN	TRAMO CANAL	PROGRESIVA		Q diseño. (m ³ /s)	CANALIZACIÓN RECTANGULAR					CONTROL	
		(m)			Dimensiones						
		n Manning	Vel máx (m/seg)		Ancho adoptado b(m)	Altura adoptada h(m)	Área (m ²)	Q diseño > Q max.	V diseño < V máx adm.		
CANAL COLECTOR PRIMARIO	7	1021.28	1070.28	2.10	0.016	5.50	1.75	2.10	3.68	VERIFICA	VERIFICA
	8	1070.28	1257.08	1.94	0.016	5.50	1.75	2.10	3.68	VERIFICA	VERIFICA
	9	1257.08	1366.42	1.85	0.016	5.50	1.75	2.10	3.68	VERIFICA	VERIFICA

Según se pudo observar, la Tabla 53 plasma las dimensiones de cada tramo, pregonando la uniformidad de la canalización, no sólo en lo que respecta a su sección transversal, sino también en su pendiente longitudinal. De igual modo, la Tabla 54 refleja las características del tramo entubado, cuya tipología es similar a lo que se plantea para la canalización secundaria (ver inciso 12.1.2).

Finalmente, se presenta por medio de la Figura 137 el “perfil tipo” del colector principal y un detalle de mismo tendiente a evidenciar sus características transversales.

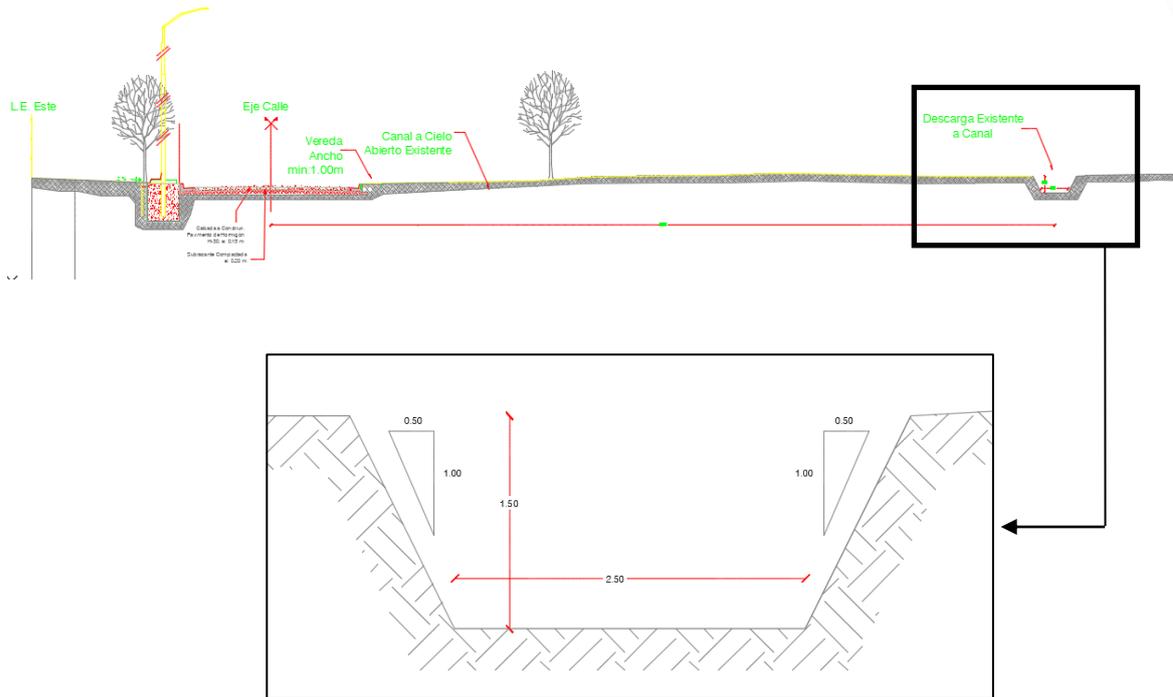


Figura 137: Perfil tipo de la canalización principal

12.1.2 Canalización secundaria

En relación a la canalización secundaria, más precisamente entre los tramos 13 y 14 se plantea como propuesta que la misma sea un pórtico de marco cerrado, tal como se muestra en las Figuras 138 y 139.

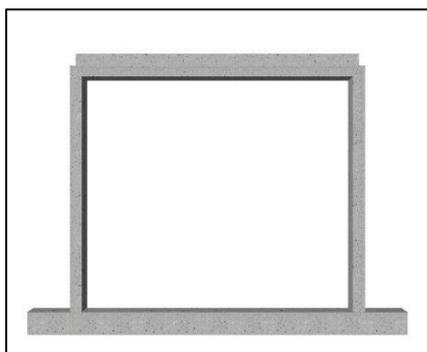


Figura 138: Pórtico de marco cerrado

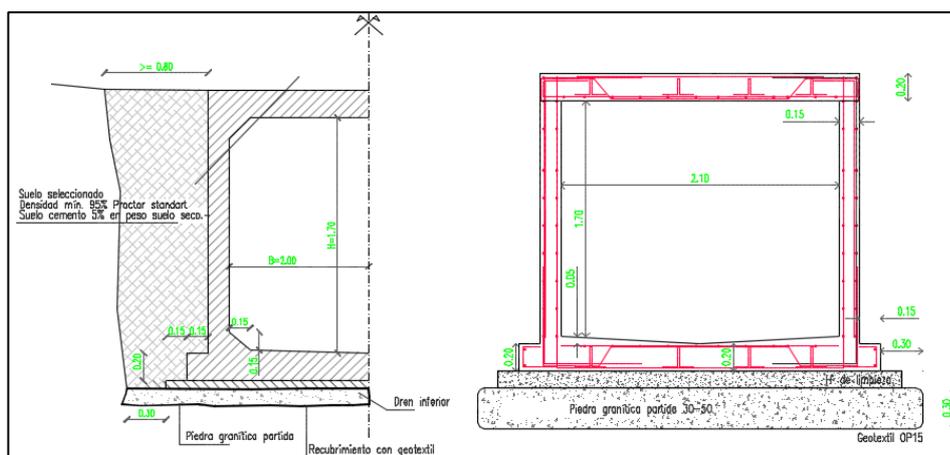


Figura 139: Dimensiones del conducto

La elección de esta tipología se circunscribe en considerar que:

- En caso de continuar con la sección tipo trapezoidal, con la traza coincidente a calle Ituzaingó, más precisamente entre las progresivas 1366 y 1558 m (canalización secundaria), ello hubiera condicionado el ancho de fondo a razón de 2.50 m en promedio; siendo estas dimensiones elevadas en relación al ancho de calle y el comienzo de la línea de edificación municipal.
- La adopción de una sección uniforme se corresponde en considerar menores pérdidas de carga en la sección útil, producto del estancamiento de residuos arrojados por la población, sobre todo en los sectores donde el canal se encuentra abierto, dificultando de esta manera el escurrimiento del agua (ver Tabla 55).
- Facilidad constructiva.

Tabla 55: Dimensiones definitivas asociadas a la canalización secundaria

CÁLCULOS CAUDALES CON PR 10 AÑOS					DIMENSIONADO CANALIZACIONES RECTANGULARES						
DENOMINACIÓN	TRAMO CANAL	PROGRESIVA		Q diseño. (m ³ /s)	CANALIZACIÓN RECTANGULAR						
		(m)			Dimensiones					CONTROL	
		n Manning	Vel máx (m/seg)		Ancho adoptado b(m)	Altura adoptada h(m)	Área (m ²)	Q diseño > Q max.	V diseño < V máx adm.		
CANAL COLECTOR SECUNDARIO	13	1366.42	1558.87	0.99	0.016	5.50	1.75	2.10	3.675	VERIFICA	VERIFICA
	14	1558.87	1741.21	1.74	0.016	5.50	1.75	2.10	3.675	VERIFICA	VERIFICA

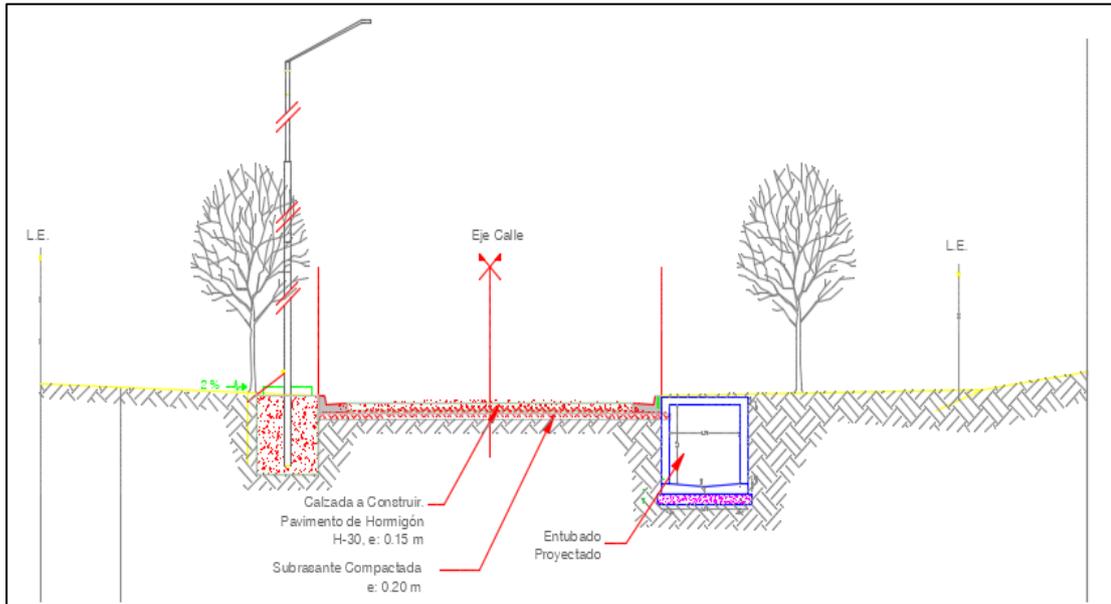


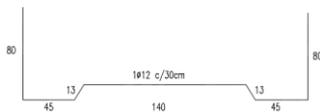
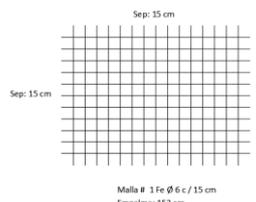
Figura 140: Perfil transversal canalización secundaria

12.1.3 Cálculo Estructural

En el presente proyecto, no se ha planteado como fin el realizar los cálculos estructurales de los diferentes componentes que integran el sistema de drenaje secundario. Sin embargo, se decidió tomar como referencia cierta información técnica disponible respecto de un conducto, de similares características al propuesto, realizado en la ciudad de Rafaela sobre Av. Brasil en 2012 (ver Figura 141). Así mismo, dicha medida facilitó el correspondiente cómputo de materiales en relación a los ítems asociados a dicho proyecto.

Partiendo de lo expuesto es que se adjunta la tabla 56, la cual refleja el modo de calcular la cantidad de armadura utilizada en la canalización secundaria (marco cerrado).

Tabla 56: Planilla tipo de corte y doblado de armadura

OBRA TIPO: Canalización marco cerrado								
DATOS: Ancho = 210 [cm] Largo = 7200 [cm] Altura = 170 [cm] Espesor losa superior = 20 [cm] Espesor losa inferior = 20 [cm] Espesor tabiques = 15 [cm]						 Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rafaela		
PLANILLA DE DOBLADO								
Nº	DESCRIPCIÓN	SEP. [m]	Ø [mm]	LONG. [cm]	CANT. [un]	Ø 6 [m]	Ø 10 [m]	Ø 12 [m]
1		0.30	12	415.00	830.00			830.00
2		0.15	6	6.00	60.00	60.00		

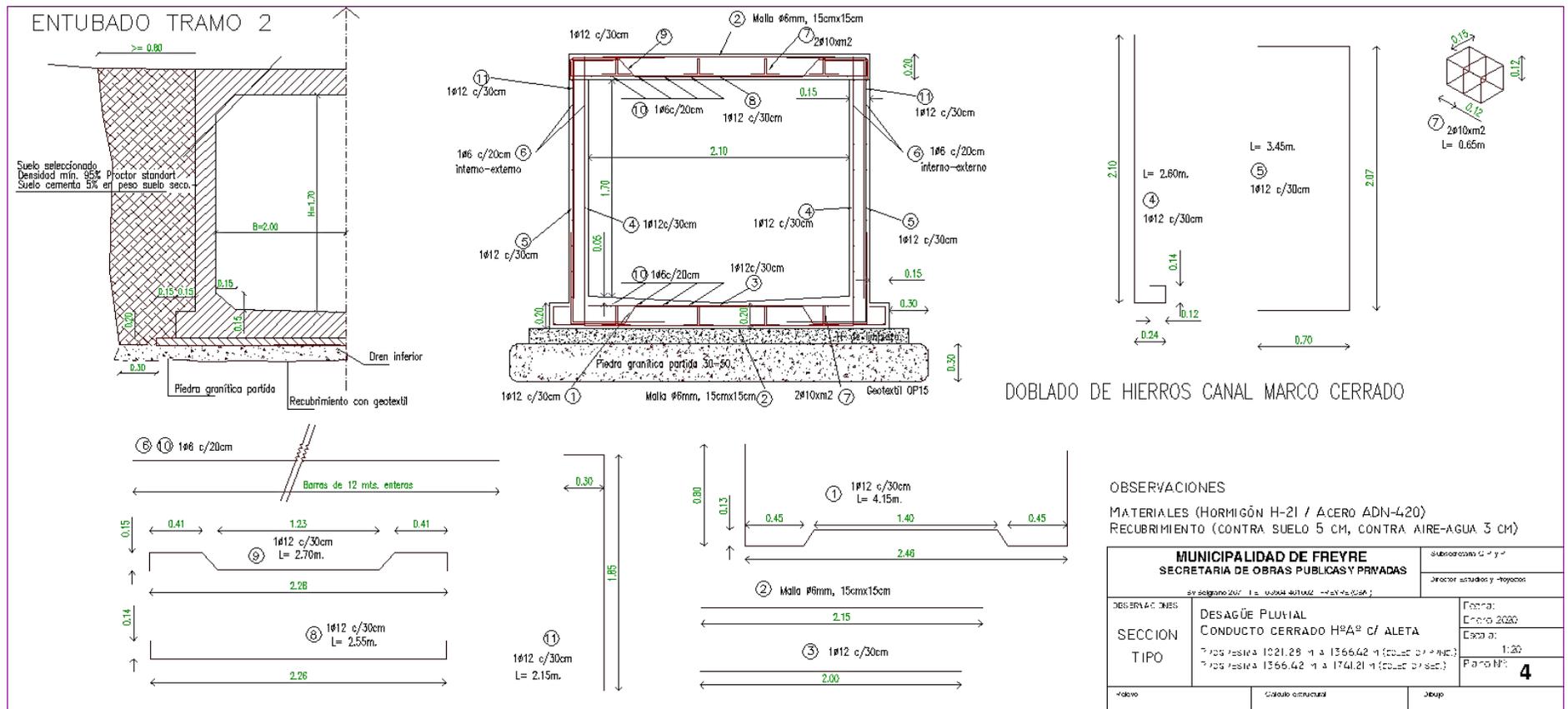


Figura 141: Planilla doblado armadura canalización secundaria – Marco cerrado

12.1.4 Reservorio de aguas pluviales

12.1.4.1 Generalidades

Refiriendo al reservorio, se debe expresar que sus características morfológicas permitirían un funcionamiento satisfactorio del sistema, integrado a su vez con las canalizaciones. Lo anterior, según los análisis que surgen al correlacionar su capacidad de almacenamiento con los caudales evidenciados por una tormenta de diseño con T_r de 100 años.

Se concluye, que no sería necesario un reacondicionamiento de su sección transversal, atendiendo al menor impacto ambiental posible, mayormente asociado al movimiento de suelo. No obstante, se deja en consideración la posibilidad de reacondicionar y uniformar los taludes, generando simetría, siempre y cuando se verifique su capacidad de almacenamiento.

Los terraplenes existentes materializaran el cierre de los vasos amortiguadores de crecidas, a fin de laminar los excedentes generados sobre la cuenca rural al oeste de la localidad, y todos aquellos aportes que se derivan desde el sector urbano.

La cota de coronamiento de la obra queda fijada por las condiciones naturales, donde en base al relevamiento altimétrico realizado, ésta es de 107 msnm, pudiendo considerar una revancha o borde libre mínimo para evitar el rebasamiento del terraplén, sobre todo si se toma en cuenta la ocurrencia de un evento superior al de proyecto.

Por los motivos apuntados, se consideran las características naturales del sector, donde en parte existen taludes tendidos, que no necesitarían tratamiento específico del suelo, ni protecciones costosas.

12.1.4.2 Diseño Geométrico

El ancho del reservorio admite un diseño que no sólo se circunscribe en fines hidráulicos, sino que también permite incorporar criterios como lo es una visión paisajística y de revalorización del sector, integrando la obra con la naturaleza (ver Figura 142). Con ello, se lograría generar un espacio de esparcimiento, siendo que los mismos son muy reducidos en la localidad.

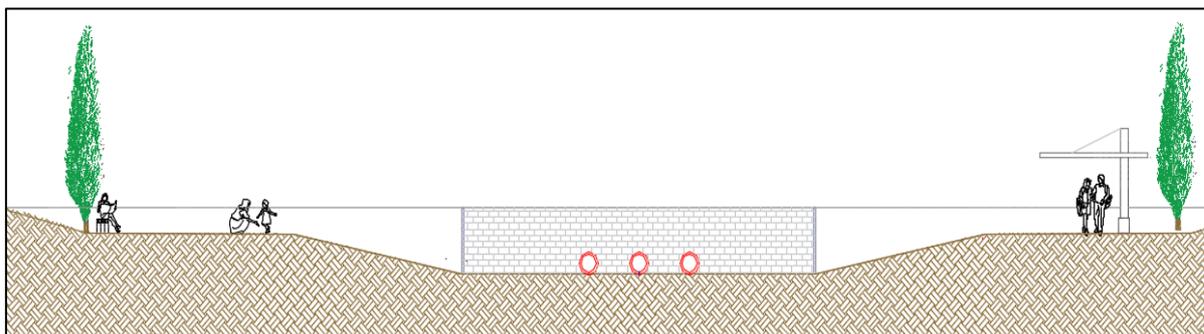


Figura 142: Corte transversal - diseño factible en el reservorio, progresiva 0.00 m.

La figura anteriormente plasmada, pone en evidencia el potencial que presenta dicho sector, sobre todo en relación a sus dimensiones, adaptando el diseño según las necesidades actuales.

Este nuevo proyecto contemplaría la generación de taludes tendidos cuya relación se expresa como 1:6, lo que permite la estabilidad del mismo en forma natural, evitando así tratamientos que encarecerían la obra.

No menos importante es resaltar que, con el fin de generar un desnivel del orden de los 50 cm a lo largo del reservorio (420 m lineales), es que se consideró una pendiente de 0.001 m/m.

Seguidamente, la Figura 143 refleja la connotación paisajística que se podría lograr, y por ende el enriquecimiento del sector; todo ello mediante un render realizado con el programa Vray 3.6, luego de materializar todo lo idealizado en Sketchup, versión 2018. Así mismo, se ha resaltado en color rojo el perfil transversal al que se hizo alusión anteriormente.

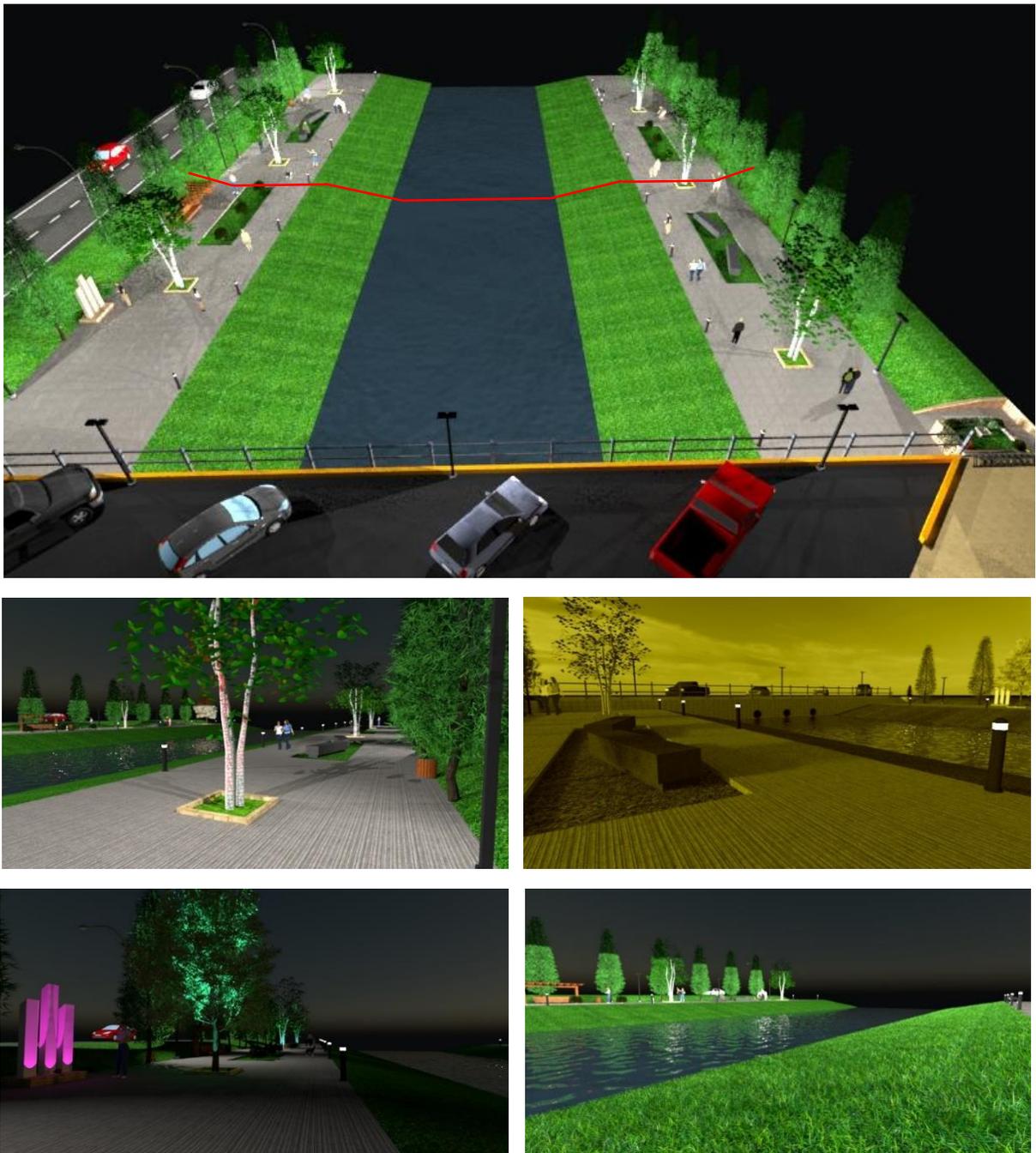


Figura 143: Propuesta paisajística planteada en el sector del Reservorio

12.1.4.3 Trazado

La traza de las obras se ajusta a la existente, considerando como límites laterales de la obra la ruta N1, continuidad del Bv 25 de mayo, y las vías del ferrocarril. De este modo, se minimiza la afectación de predios privados ya que el ancho de 45 m permite el desarrollo de secciones transversales que respondan a los fines planteados.

12.1.2.4 Protección de taludes y Coronamiento

En las proximidades de la obra de descarga, el talud seco estará sujeto a corrientes laterales al terraplén, provocadas por la obra de descarga, y la afectación desde aguas abajo por la condición de restitución sobre el cauce existente, pudiendo generar campos de velocidades erosivas, en las proximidades de la obra de descarga y dissipación. Por lo expuesto, se podría plantear como solución colocar una cubierta de Colchonetas rellenas de piedras asentadas sobre geotextil, sobre estas colchonetas también se desarrollaría en forma natural una cobertura vegetal, resultando de esta forma más armónico el conjunto.

12.1.2.5 Obras de entrada

En relación a las obras de entrada se prevé que la misma sea de tipo localizada, considerando además el aporte areal desde terrenos linderos.

12.1.2.6 Obras de salida

Las obras de descarga se configuran para que sea posible la reducción del pico de la crecida a valores tales que los caudales puedan ser admitidos por el actual canal aguas abajo, denominado terciario (ver Figura 144), y que en esencia direcciona las aguas pluviales hacia el punto considerado como descarga final. La capacidad de este fue estimada en $3.62 \text{ m}^3/\text{s}$, haciendo la salvedad que la misma no ha sido objeto de estudio y por ende el modelo culmina en el punto considerado como salida (diversión 3).

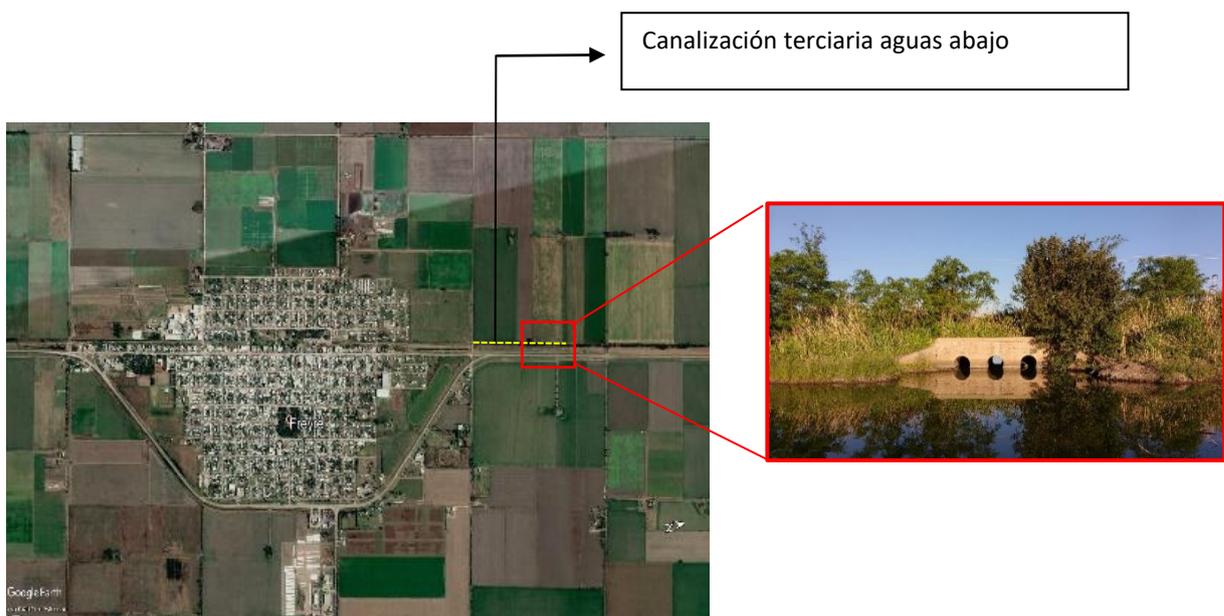


Figura 144: Canalización terciaria y puntos de descarga final

Características de la canalización terciaria:

- Ancho de fondo = 2.50 m.
- Tirante = 2.00 m.
- Coef. Manning = 0.025
- Pend. Long. = 0.000167 m/m
- Talud = 1/2

Por otro lado, la Tabla 57 plasma la planilla tipo, mediante la cual se valoraron los diversos caudales entrantes y salientes del reservorio, según el tipo y dimensiones de las obras de salida. Estos caudales han sido obtenidos considerando una tormenta de diseño de 25 años de recurrencia, verificando asimismo el sistema para una tormenta con Tr de 100 años.

Tabla 57: Cálculo caudales de entrada y salida del reservorio

RESERVORIO DE AGUAS PLUVIALES												
PRUEBA	CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO						CAUDALES DERIVADOS			VERIFICACIÓN		
	COTA DE CORONAMIENTO (m)	ANCHO (m)	LARGO (m)	TIPO Y UNIDADES DE LOS DESCARGADORES DE FONDO			Diversión 1 (m3/s)	Diversión 2 (m3/s)	Diversión 3 (m3/s)	Pr 25 AÑOS		
				Tubo H° A° ϕ 0.60 (m)	Tubo H° A° ϕ 0.80 (m)	Tubo H° A° ϕ 1.00 (m)				CAUDAL PICO INGRESO (m3/s)	CAUDAL PICO DE DESCARGA (m3/s)	COTA MAX. EN LAGUNA (m)
1	107.00	45.00	420.00	3			1.00	1.50		1.50	1.33	105.66
2	107.00	45.00	420.00	2			1.00	1.50		1.50	1.42	105.59
3	107.00	45.00	420.00	2			1.00	1.50		1.50	1.10	105.84
4	107.00	45.00	420.00	3			1.00	1.50	TOTAL	5.28	2.80	106.85
5	107.00	45.00	420.00	3			1.00	1.50	TOTAL	5.28	4.06	106.33
6	107.00	45.00	420.00	3			1.00	1.50	TOTAL	5.28	8.85	105.90

Finalmente, se adopta como obra de descarga 3 tubos de H°A° de 0.60 m de diámetro, donde la curva de descarga podrá visualizarse en la Figura 145. Del mismo modo, las Figuras 146 y 147 reflejan las curvas resultantes en torno al tipo de estructuras de salidas también valoradas.

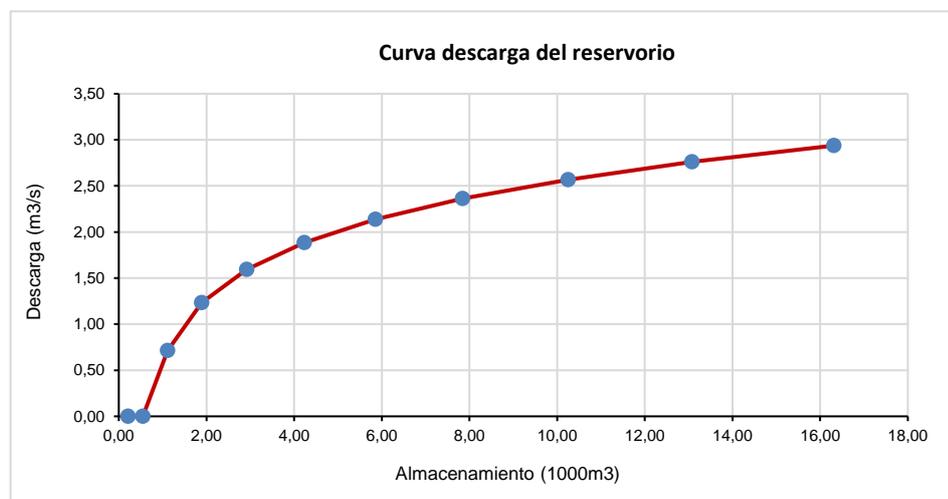


Figura 145: Curvas almacenamiento - descarga según 3 Tubos de H°A° Φ 0.60 m.

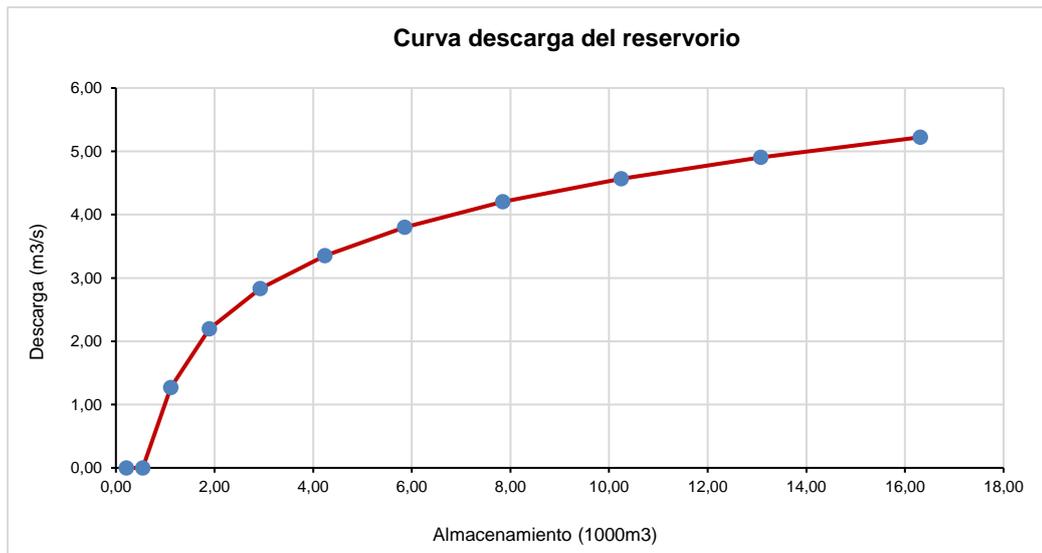


Figura 146: Curva almacenamiento - descarga según 3 Tubos de H°A° Φ 0.80 m.

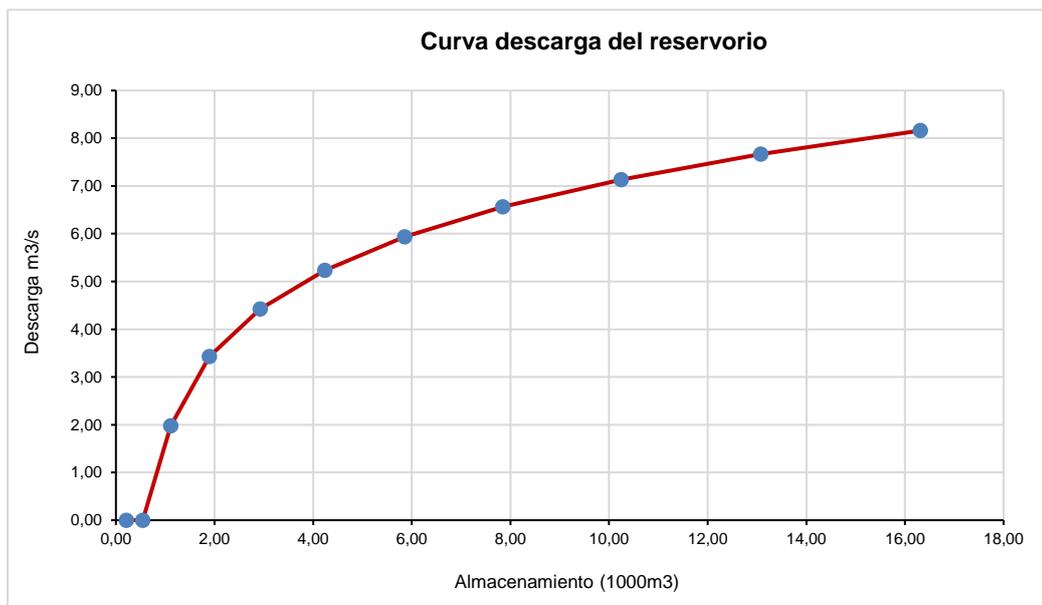


Figura 147: Curva almacenamiento - descarga según 3 Tubos de H°A° Φ 1.00 m.

12.1.2.7 Fondo del reservorio

En relación al fondo de la Laguna, vale resaltar que es de suma importancia su conformación, sobre todo en lo que respecta a las terminaciones, cuya pendiente longitudinal responde a los criterios de diseño. Una vez excavado y perfilado, se deberá realizar una compactación superficial con rodillo liso, cuyo número de pasadas estará asociado al grado de compactación que se pretenda en relación a las condiciones in situ que se tengan.

CAPÍTULO 13

MODELACIÓN HIDROLÓGICA DEL RESERVORIO EN CONDICIONES NATURALES

13.1 MODELACIÓN EN HEC-HMS

Partiendo de las diversas alternativas planteadas, tendientes a la determinación de aquella que presente el mejor desempeño en relación al tránsito de caudales, es que se llega a la propuesta según se aprecia en las Figuras 148 y 149.

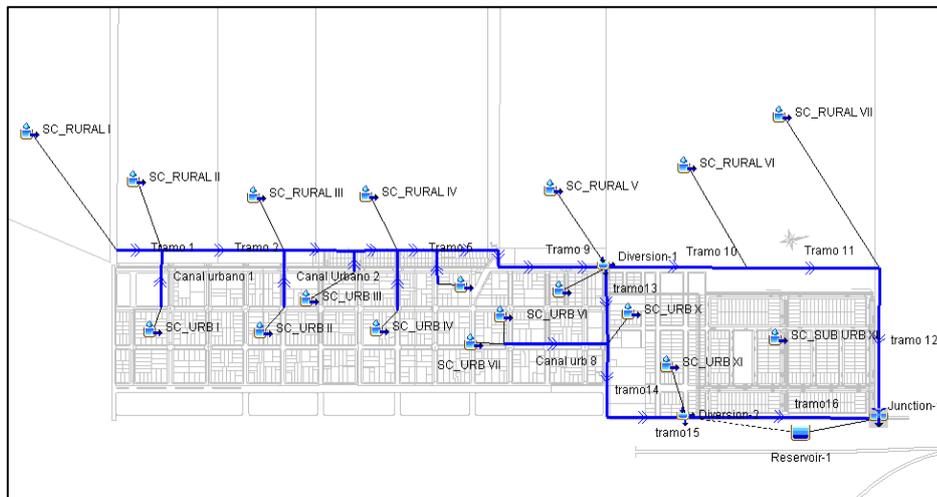


Figura 148: Esquema de subcuencas y causas adoptados para la simulación con el modelo HEC-HMS según propuesta definitiva

El proyecto se focaliza fundamentalmente en lograr un funcionamiento integrado de cada canalización planteada, de modo tal de aprovechar el potencial que cada una presenta respecto de sus características físico-geométricas.

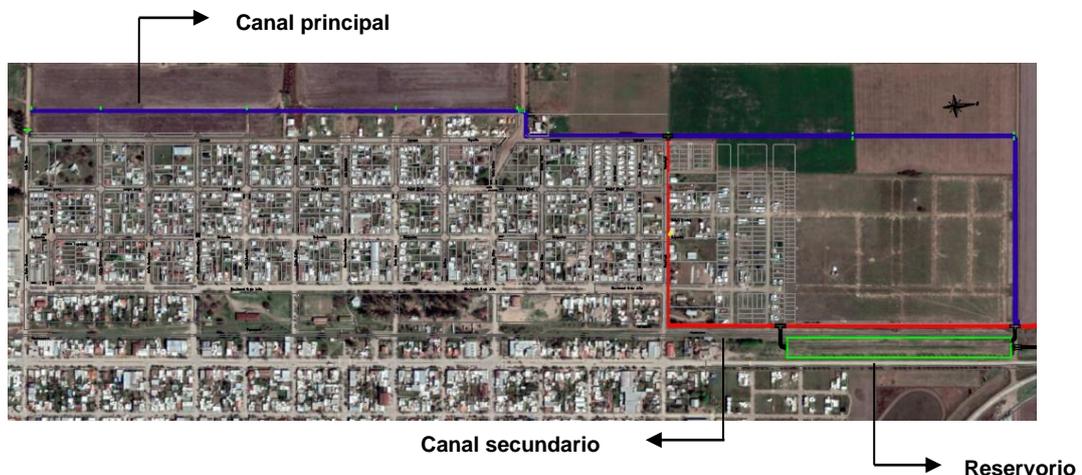


Figura 149: Sistema de desagüe propuesto

En relación a lo plasmado, resulta conveniente manifestar que en las primeras propuestas se respetó el proyecto que actualmente se encuentra ejecutando el municipio, en cuanto a descargas hacia el colector principal se trate. Sin embargo, éste último planteo contempla la modificación de algunas de ellas, haciendo hincapié a la necesidad de incrementar el número de descargas sobre el colector secundario (ver prueba N°8), cuyo objeto principal es aumentar los caudales de tránsito sobre el mismo; y por ende la reducción de aquellos que circularían sobre el canal principal, considerando que es éste el que presenta las mayores exigencias. A ello, se le adiciona el funcionamiento de un reservorio tendiente a laminar los caudales picos, permitiendo la conservación de las secciones transversales de dichas canalizaciones, según verificaciones realizadas con tormentas de recurrencia del orden de los 25 años.

13.2 VALORACIÓN DEL SISTEMA PRINCIPAL Y SECUNDARIO DE EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES, CON VINCULACIÓN DE ÉSTE ÚLTIMO CON EL RESERVORIO NATURAL

En relación a esta propuesta se debe resaltar que la derivación de caudales se focaliza en permitir que cada canalización responda a los fines para la cual es proyectada, sin necesidad de incrementar sus secciones transversales. De este modo se tiene que:

- Cámara de derivación N°1: proyectada para direccionar 1.00 m³/s, desde el canal principal al secundario.
- Cámara de derivación N°2: proyectada para direccionar 1.50 m³/s, desde el canal secundario hacia el reservorio de aguas pluviales.

13.2.1 Valoración del reservorio para Tormenta con Tr 25 años

La intencionalidad de verificar el sistema con tormenta de diseño mayor a los 10 años radica fundamentalmente en valorar el comportamiento del reservorio, esto en relación a la cota máxima a la que llegaría el nivel de agua con cada tormenta, sin que éste supere la cota de coronamiento para un buen funcionamiento.

Por otro lado, se aclara que la sola consideración de lluvias con mayores períodos de recurrencia, obliga a redimensionar las canalizaciones, respecto de sus secciones transversales, conforme los resultados detallados en la Tabla 58. A modo de ejemplo, se debería incrementar el tirante de agua del canal principal a 2.00 m y el ancho de fondo a 2.75 m; mientras que la canalización secundaria debería presentar una sección cuadrada de 2.00 m x 2.00 m, considerando siempre la opción que el mismo fuera construido in situ y de H° A°.

Tabla 58: Caudales generados en relación a una tormenta con Tr de 25 años

Unidad Hidrológica	Área (Km2)	Q pico (m3/s)	Hora pico	Volumen (1000m3)
Tramo 1	0.46	1.1	19dic2018, 02:15	8.5
Tramo 10	1.88	2.8	19dic2018, 01:55	16.2
Tramo 11	2.21	3.3	19dic2018, 02:00	21.2
tramo 12	2.50	3.7	19dic2018, 02:00	25.0
Tramo 2	0.76	1.7	19dic2018, 02:10	14.1
Tramo 3	1.05	2.4	19dic2018, 02:00	19.8
Tramo 4	1.12	2.6	19dic2018, 01:50	22.0
Tramo 5	1.59	3.9	19dic2018, 01:50	31.1
Tramo 6	1.62	3.8	19dic2018, 01:50	31.3
Tramo 7	1.62	3.7	19dic2018, 01:50	31.1
Tramo 8	1.62	3.5	19dic2018, 01:50	30.4
Tramo 9	1.62	3.4	19dic2018, 01:50	29.9
tramo13	0.02	1.0	19dic2018, 01:20	16.8
tramo14	0.18	2.2	19dic2018, 01:20	20.8
tramo15	0.18	2.0	19dic2018, 01:25	20.0
tramo16	0.25	0.6	19dic2018, 01:25	2.1

Finalmente, y por medio de la Figura 150, se puede apreciar que las dimensiones de la laguna de retardo verifican aun para tormentas con Tr de 25 años, donde el nivel de agua no supera la cota de coronamiento (107.00 msnm). Sin embargo, como salvedad se menciona que al limitar el caudal que llega a la misma, por parte del canal secundario, no se estaría aprovechando al máximo la potencialidad que el reservorio presenta, ello respecto del volumen de almacenamiento.

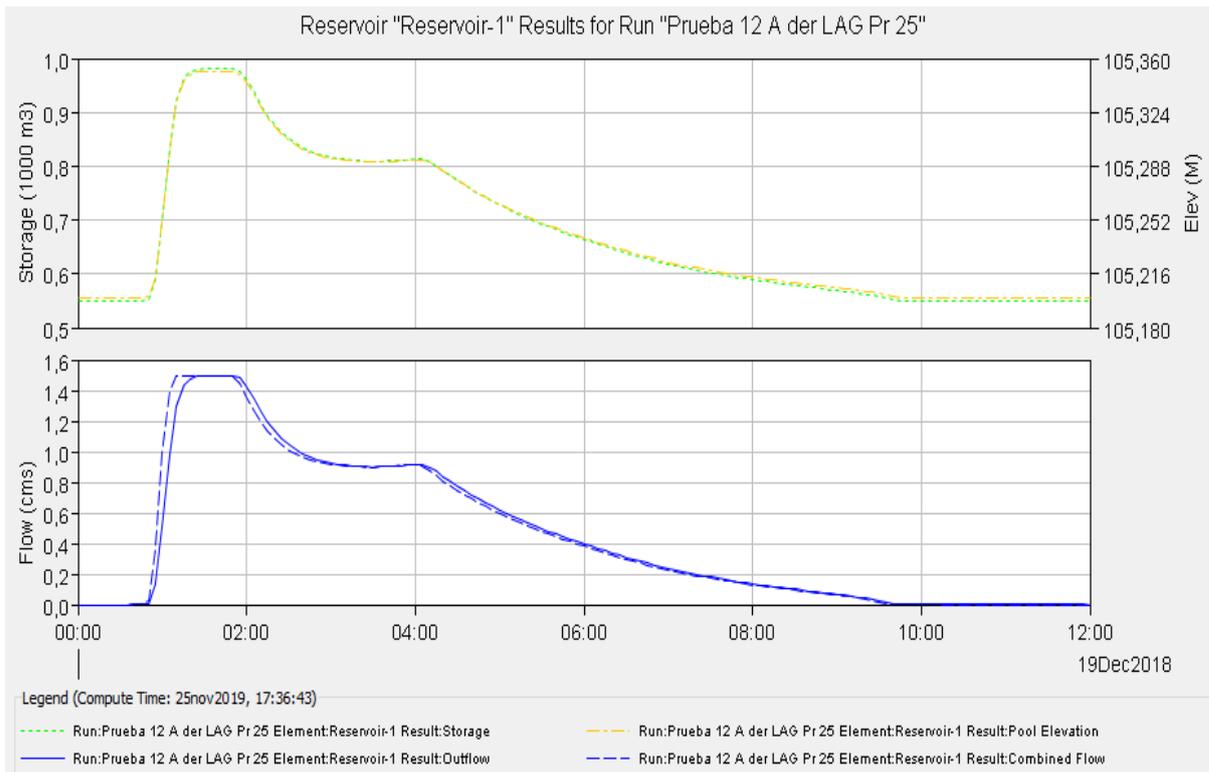


Figura 150: Hidrograma correspondiente al reservorio y curva elevación - almacenamiento Tr 25 años

13.3 VALORACIÓN DEL SISTEMA PRINCIPAL Y SECUNDARIO DE EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES, CON VINCULACIÓN DEL CANAL PRINCIPAL AL RESERVORIO NATURAL

En virtud de esta nueva propuesta, se debe resaltar que la derivación de caudales se circunscribe en permitir que cada canalización presente un funcionamiento adecuado, sin necesidad de incrementar sus secciones transversales.

De este modo se tiene que:

- Cámara de derivación N°1: proyectada para direccionar 1.00 m³/s, desde el canal principal al secundario.
- Cámara de derivación N°2: proyectada para direccionar 1.50 m³/s, desde el canal secundario hacia el reservorio de aguas pluviales.
- Cámara de derivación N°3: proyectada para direccionar 2.50 m³/s, desde el canal principal hacia el reservorio de aguas pluviales.

13.3.1 Valoración del reservorio para Tormenta con Tr 25 años

Según lo expresado en 13.2.2, la sola consideración de lluvias con mayores períodos de recurrencia, obliga a redimensionar las canalizaciones, respecto de sus secciones transversales, donde el tirante de agua del canal principal deberá ser de 2.00 m, mientras que el ancho de fondo debería ser 3.00 m. Asimismo, la canalización secundaria debería presentar una sección cuadrada de 2.00 m x 2.00 m, considerando siempre la opción que el mismo fuera de H° A°.

Se puede apreciar en la Figura 151 que las dimensiones de la laguna de retardo verifican aun para tormentas con Tr de 25 años.

Agregar que las curvas asociadas al comportamiento del reservorio se corresponden con las obras de descargas planteadas, siendo éstas conformadas por tres tubos de H° A° de 0.60 m de diámetro. Por otra parte, el nivel de agua en dichas condiciones alcanzaría una cota de 106.64 msnm, no superando la cota de coronamiento (107.00 msnm)

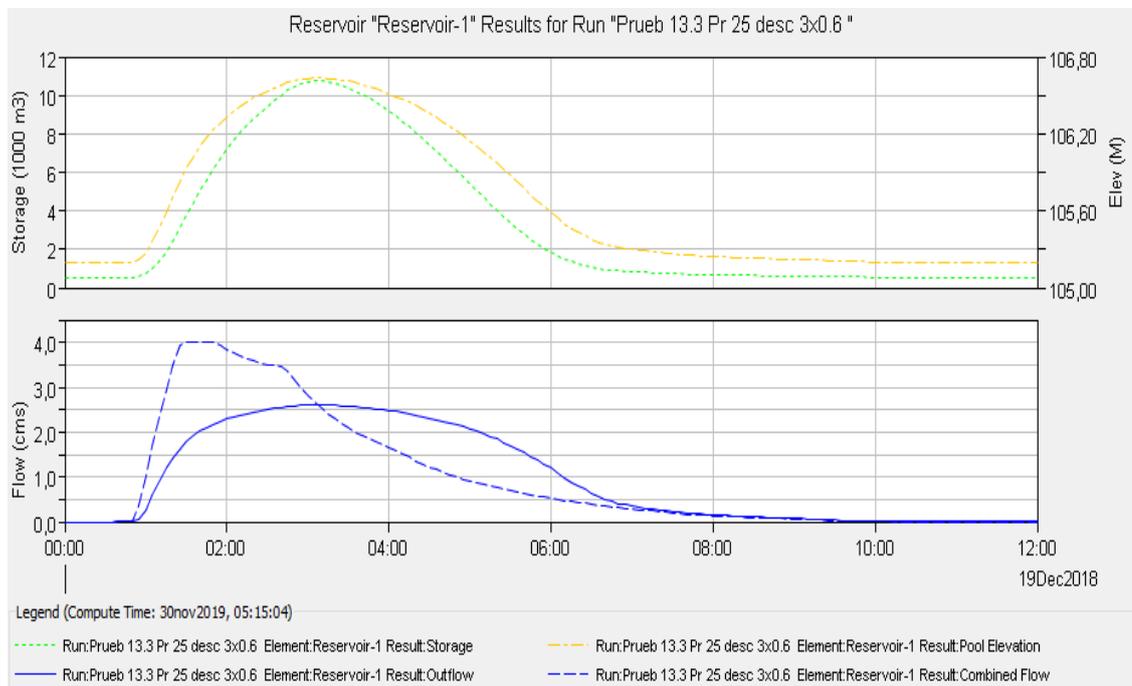


Figura 151: Hidrograma correspondiente al reservorio y curva elevación - almacenamiento Pr 25 años

Finalmente agregar que la verificación del reservorio para una tormenta de diseño de 100 años, no tendría sentido; siendo que verificaría por la simple razón de haber limitados los caudales que ingresan al mismo, no generando variancia alguna respecto de lo visualizado en la Figura 151.

13.4 VALORACIÓN DEL SISTEMA PRINCIPAL Y SECUNDARIO DE EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES CON DERIVACIÓN TOTAL DE CAUDALES DESDE LAS MISMAS HACIA EL RESERVORIO NATURAL

Como propuesta definitiva, se propone derivar hacia el reservorio la totalidad de los caudales que llegan al punto considerado como salida, verificando si existe la factibilidad de laminar los caudales a direccionar hacia aguas abajo (ver Figura 152 y 153).

En torno a lo expuesto, se tiene que:

- Cámara de derivación N°1: proyectada para direccionar 1.00 m³/s, desde el canal principal al secundario.
- Cámara de derivación N°2: proyectada para direccionar 1.50 m³/s, desde el canal secundario hacia el reservorio de aguas pluviales.
- Cámara de derivación N°3: proyectada para direccionar el caudal máximo que se registra en el tramo 12 correspondiente la canalización principal.

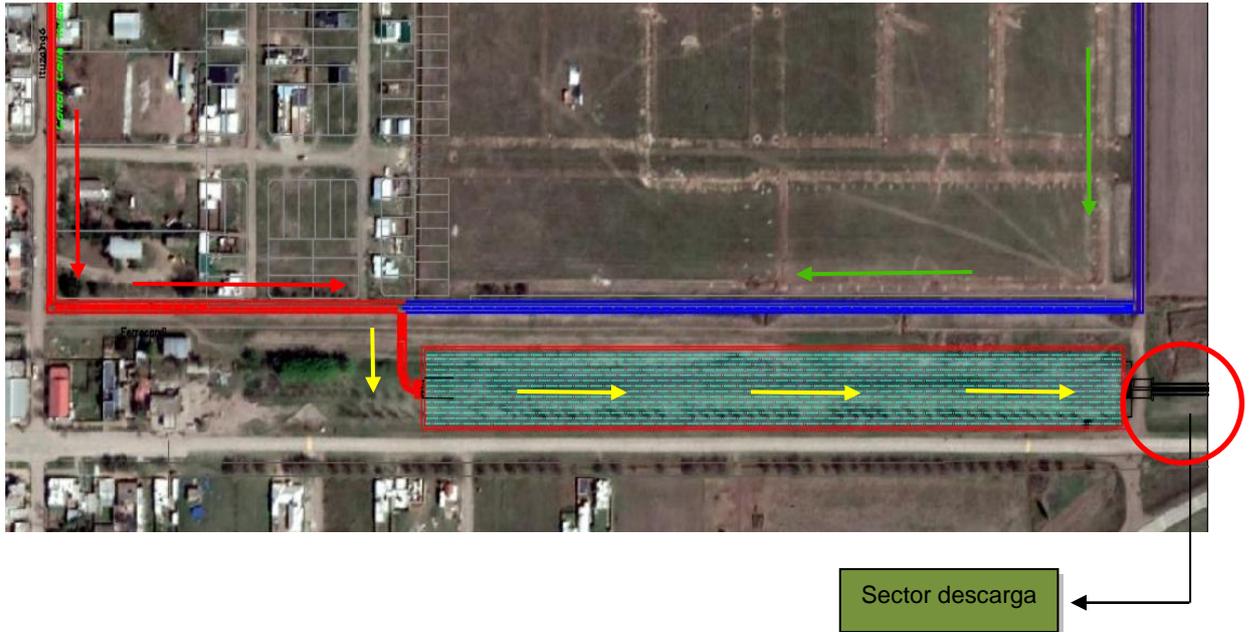


Figura 152: Derivación de caudales provenientes de ambas canalizaciones hacia el reservorio

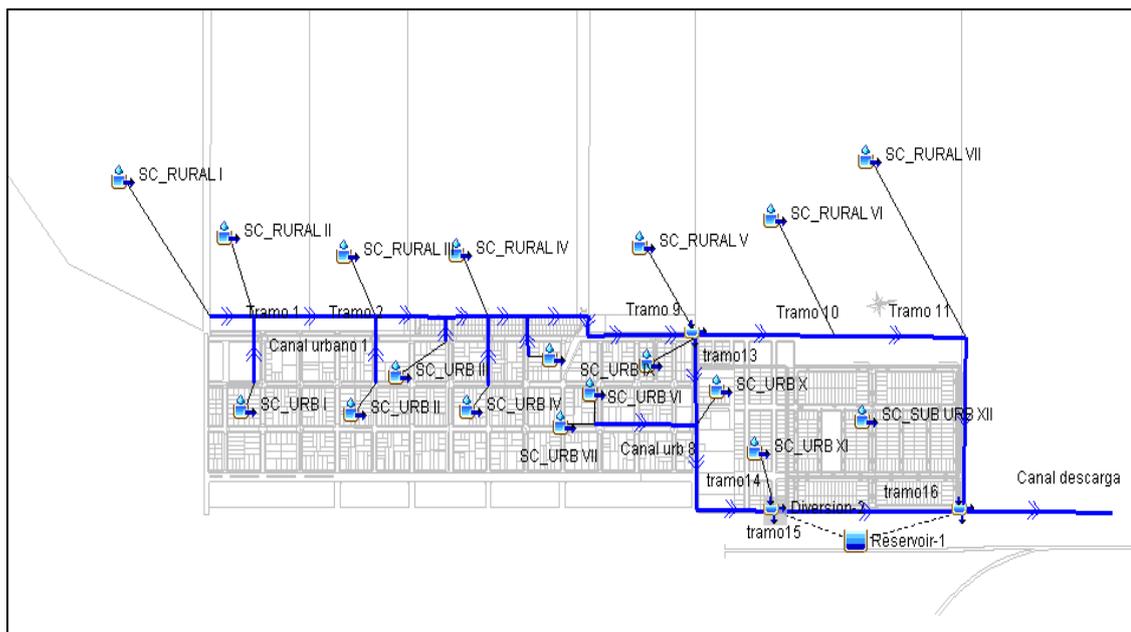


Figura 153: Esquema de subcuencas y causas adoptados para la simulación con el modelo HEC-HMS del proyecto con reservorio

13.4.1 Valoración del reservorio para Tormenta con Tr 25 años

Conforme a los resultados obtenidos, el reservorio sigue presentando un correcto comportamiento, inclusive para una tormenta con Tr de 25 años, considerando la derivación total a la salida de la canalización principal, según se percibe en la Figura 154.

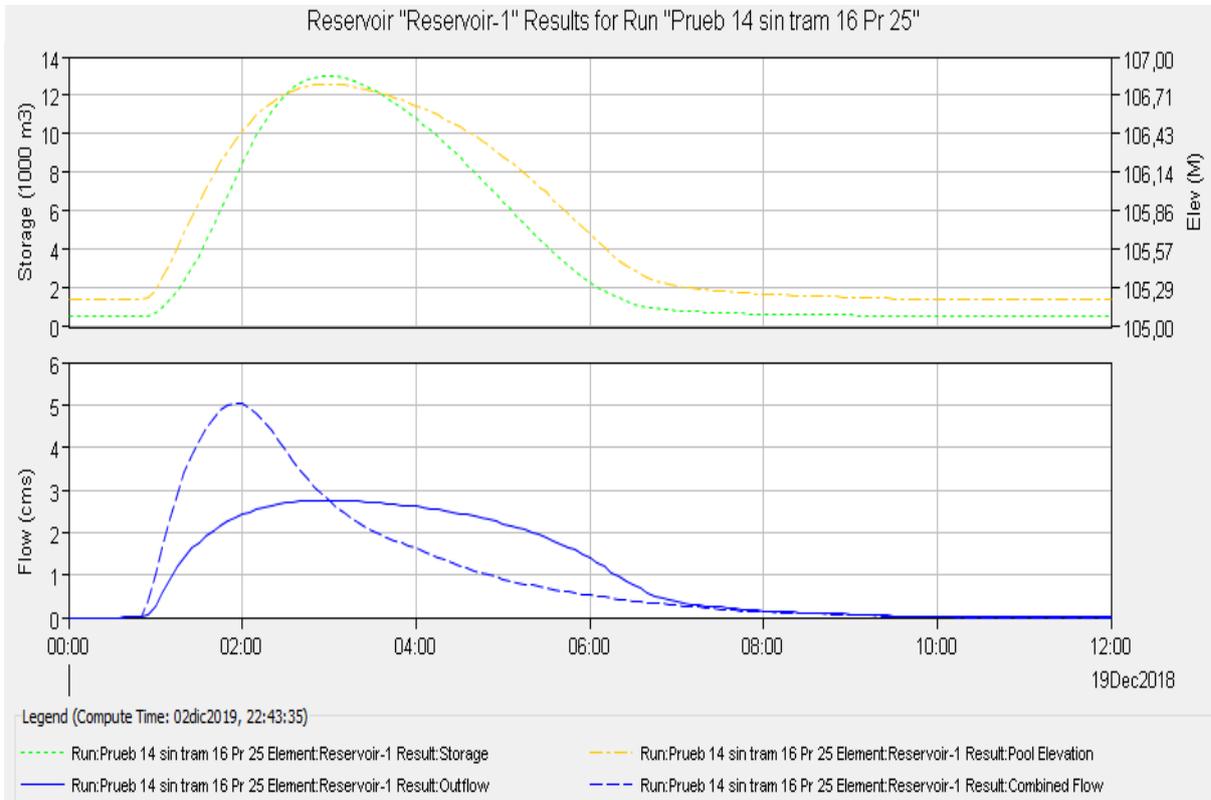


Figura 154: Hidrograma correspondiente al reservorio y curva elevación -almacenamiento Pr 25 años

La Figura 155 pone de manifiesto los valores arrojados por el programa HEC-HMS, donde se puede observar el caudal de ingreso, caudal de salida y la cota que alcanzaría el nivel de agua dentro del reservorio, no superando la correspondiente a la cota de coronamiento (107.00 msnm).

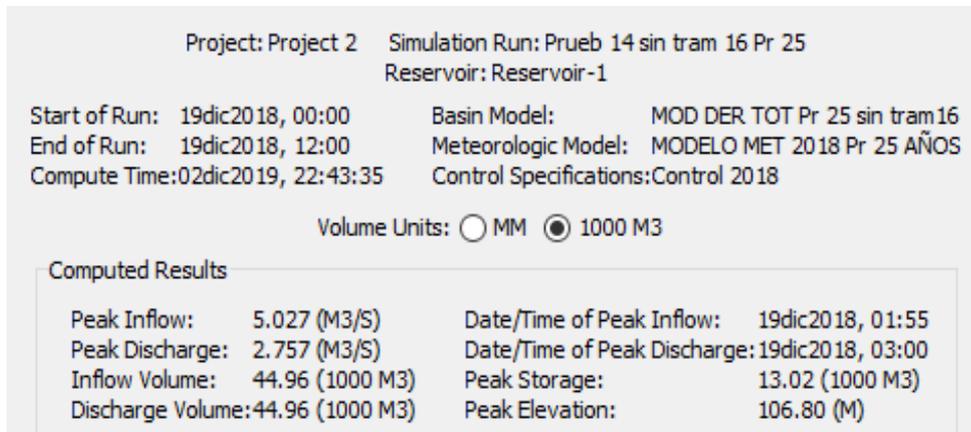


Figura 155: Resultados obtenidos en HEC-HMS para el Reservorio

No menos importante es mencionar que los valores calculados anteriormente, como así también el comportamiento de la laguna, se corresponden a tipo de obra de descarga. En este caso se han considerado tres tubos de H° A° de 0.60 m de diámetro, tendiente a generar caudales admisibles para la canalización terciaria (aguas abajo), y cuya curva de descarga ha sido representada por medio de la Figura 156.

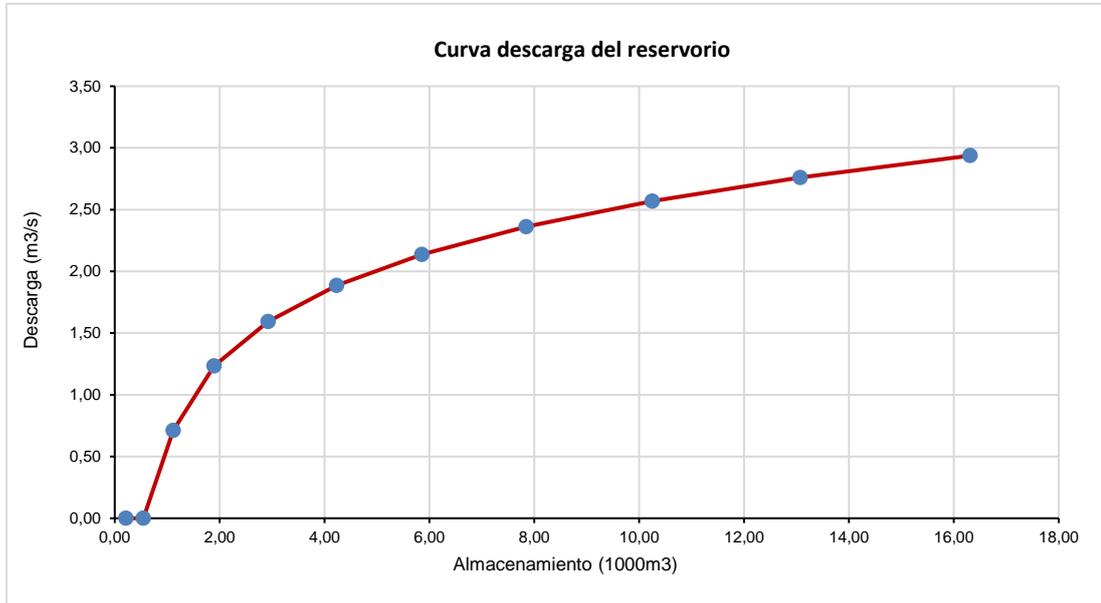


Figura 156: Curva Almacenamiento-descarga del reservorio - 3 tubos de diam.0.60 m.

13.4.2 Verificación con tormenta Tr 100 años

En relación a los datos ingresados en HEC-HMS, el programa no ha podido realizar la corrida correspondiente a una tormenta con Tr de 100 años, siendo el nivel de agua supera la cota de coronamiento del reservorio, por ello el programa expresa mediante un mensaje de error que se excede el máximo valor de almacenamiento (107 msnm), respecto del perfil transversal del reservorio.

CAPÍTULO 14

CÓMPUTO Y PRESUPUESTO

14.1 INTRODUCCIÓN

En el presente apartado se efectúa el estudio del cómputo y presupuesto de dicha obra de ingeniería, con los correspondientes costos de materiales, mano de obra y equipos actualizados al mes de enero de 2020. Así mismo, se confeccionaron planillas donde se discretizó cada uno de los ítems, con el fin de obtener los costos unitarios de tareas constructivas.

Se trata de una medición de toda la obra, con el objeto de establecer las cantidades de insumos para materializarla.

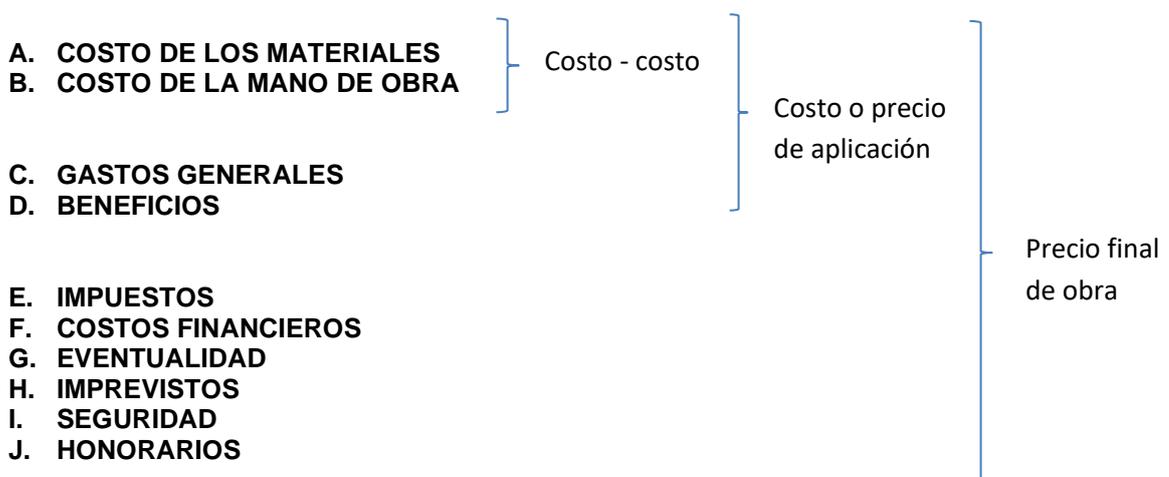
Para llevarlo a cabo, se realizaron mediciones sobre los planos de la obra, y, de acuerdo con la tarea computada a través de cálculos matemáticos, se obtuvieron los valores que corresponden.

El cómputo es el elemento base, conjuntamente con los precios unitarios de las tareas, para la obtención del presupuesto de la obra, entendiéndose como tal al costo anticipado de la obra. Representa, además, una herramienta cuyo uso se extiende durante toda la construcción.

Por medio del cómputo métrico se cuantificaron todos los subsistemas constructivos de la obra obteniendo así, el costo de la misma, la cantidad de materiales, mano de obra y maquinaria que se requerirán para completar la construcción y en función de estas conclusiones se optó por la solución más conveniente.

14.2 METODO DE ANALISIS

El método empleado en este caso fue el método de descomposición, cuyo procedimiento se resumen seguidamente.



El análisis de precio se puede efectuar siguiendo diferentes metodologías, optando para el desarrollo del presente proyecto el presupuesto por análisis de precios. En éste sentido, se agrega que para este tipo de obras, importante es realizar consultas permanentes sobre

los Pliegos Particulares de Especificaciones técnicas, en los cuales se pone en manifiesto técnicas constructivas, como así también aspectos vinculados a los materiales y equipos.

14.2.1 Descripción de tareas

Se confeccionaron planillas de cómputo y presupuesto de todos los ítems que componen los diversos rubros, para la ejecución del sistema de desagües pluviales propuesto en la zona estudiada.

La discretización de las tareas a valorar se plasma en la Tabla 59, confeccionada para tal fin.

Tabla 59: Descripción de tareas vinculadas al proyecto

PROYECTO:	EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA DE LA CUENCA SUPERIOR OESTE DE LA LOCALIDAD DE FREYRE, TENDIENTE A LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE INUNDACIONES.
ITEMS	DESCRIPCION
1	PRELIMINARES
1.1	Limpieza del terreno
1.2	Señalización informativa y preventiva del sitio de trabajo
1.3	Instalación temporaria de servicios, casillas
2	ADECUACIÓN DE SECCIÓN HIDRAULICA CANAL PRINCIPAL
2.1	Adecuación de sección hidráulica de canales en tierra. Incluye excavación material común y rectificación de taludes.
2.2	Conformación de dique con material proveniente de la excavación
3	ADECUACIÓN DE SECCIÓN HIDRAULICA CANAL SECUNDARIO
3.1	Adecuación de sección hidráulica de canales en tierra. Incluye excavación material común y rectificación de taludes.
3.2	Prov. y coloc. geotextil OP15bidim
3.3	Prov. y coloc. Piedra granítica
3.4	Hormigón de limpieza
3.5	Platea de desagüe pluvial espesor 20 cm
3.6	Tabique desagüe pluvial espesor 15 cm
3.7	Losa desagüe pluvial espesor 10 cm
3.8	Relleno y compactación
4	CONSTRUCCIÓN RESERVORIO
4.1	Señalización informativa y preventiva del sitio de trabajo
4.2	Perfilado de fondo con compactación superficial
4.3	Perfilado de taludes
4.4	Compactación de fondo y taludes
4.5	Ejecución obras de ingreso al reservorio
4.5	Ejecución obras salida del reservorio
5	CONSTRUCCIÓN CAMARAS DE ENLACE
5.1	Cámara de desvío (Esquina calle España e Ituzaingó). Incluye excavación, reposición de suelo apto si fuera necesario, marco y tapa de acceso de HºDº.
5.2	Cámara de desvío (Sector Reservorio). Incluye excavación, reposición de suelo apto si fuera necesario, marco y tapa de acceso de HºDº.
6	TAREAS COMPLEMENTARIAS
6.1	Limpieza del sector de obras

El precio unitario de cada ítem, surge de una desagregación en donde se consideraron los diferentes insumos y gastos a los que se debe incurrir para la ejecución del ítem en cuestión.

En relación a los materiales se definen las cantidades de “m³”, “kg”, “m lineales” y precios unitarios; mientras que para los equipos es necesario especificar cantidades y tipos. Así mismo para la mano de obra la cantidad y jerarquía (grado de especialización).

Seguidamente se podrá visualizar la “planilla tipo” utilizada para la determinación de los precios unitarios (ver Tabla 60), cuyo formato ha sido extraído de un pliego de especificaciones vinculada a una obra pluvial en la ciudad de San Francisco (Cba).

Tabla 60: Planilla modelo para análisis de precios

DENOMINACIÓN DEL ÍTEM				UNIDAD			
ITEM							
EQUIPOS							
Cantidad	Denominación	HP	Precio				
AMORTIZACIÓN E INTERESES							
Amortización = Total equipo/10000 hs							
Intereses = (Total equipo x interes Anual)/(2*2000 hs/año)							
				<u>Amortización</u>	(A)	<input type="text"/>	\$/h
				<u>Intereses</u>	(B)	<input type="text"/>	\$/h
REPARACIONES Y REPUESTOS							
Reparación y repuesto = % Amortización (A)							
				<u>Rep y Rep</u>	(C)	<input type="text"/>	\$/h
COMBUSTIBLE Y LUBRICANTES							
Gas Oil =(Lts/HPxhs) x .....Total HP X \$/Lts							
Lubricantes = % Combustible (D)							
Rendimiento <input type="text"/> m3/día				<u>Combustible</u>	(D)	<input type="text"/>	\$/h
				<u>Lubricante</u>	(E)	<input type="text"/>	\$/h
MANO DE OBRA							
Denominación	Unidad	Rendimiento	Precio Unitario	Precio Total			
Of Especializado							
Oficiales							
Ayudantes							
				Σ		<input type="text"/>	
Vigilancia= % costo Mano de Obra						<input type="text"/>	
Costo Total Mano de Obra						<input type="text"/>	
				<u>Mano de Obra</u>	(F)	<input type="text"/>	\$/h
(EQUIPO + MANO DE OBRA) COSTO HORARIO = (A) + (B) + (C) + (D) + (E) + (F)							
					(G)	<input type="text"/>	\$/h
MATERIALES							
Materiales	Unidad	Rendimiento	Precio Unitario	Precio Total			
					(H)	<input type="text"/>	\$/Unidad
COSTO DIRECTO ITEM (G+H)					(CD)	<input type="text"/>	\$/Unidad
(1) TOTAL DEL COSTO							
Gastos Generales							
% de (1) 5.0%							
SUBTOTAL (2)						<input type="text"/>	\$/Unidad
Beneficios							
% de (1)+(2) 12.0%							
SUBTOTAL (3)						<input type="text"/>	\$/Unidad
Gastos Financieros							
% de (1)+(2) 5.0%							
SUBTOTAL (3)						<input type="text"/>	\$/Unidad
(4) TOTAL COSTO DIRECTO = (costo-costo + subtotales: 2 + 3)							
IMPUESTOS							
IVA							
% de (4) 21.0%							
Ingresos brutos							
% de (4) 3.5%							
(5) TOTAL IMPUESTOS						<input type="text"/>	\$/Unidad
(6) TOTAL COSTO DIRECTO + IMPUESTOS							
						<input type="text"/>	\$/Unidad

14.2.2 Equipos

En cuanto a los equipos, se propuso la utilización de Camiones para el transporte de material extraído, Retroexcavadora, Motoniveladora y Pala cargadora para los trabajos vinculados a excavaciones, perfilado, entre otras.

El costo por utilización de los equipos se compone por amortizaciones e intereses, reparaciones y repuestos y consumo de combustible (ver tabla 61).

La amortización de los equipos, se determinó mediante el método de la línea recta, es decir se deprecia a tasa constante durante 10 años, desde un valor considerado como nuevo hasta un valor residual.

En relación a los intereses, se tuvo en consideración lo referente a valor residual del equipo, el cual se suma al costo actualizado del mismo, vinculando todo ello a la cantidad de horas requeridas, considerando un máximo de 2016 horas al año.

Las reparaciones y repuestos surgen de un porcentaje en relación a la amortización.

Por otro lado, los combustibles y lubricantes, se calculan considerando que el consumo es proporcional a la potencia motora total de los equipos (consumo por HP). Luego se multiplica por el precio actualizado del combustible.

Tabla 61: Componentes del costo vinculados a los equipos

Precios combustibles		
1 Gasoil	\$ 52.44	1
2 Nafta	\$ 56.00	
3 Kw	\$ 0.20	
Amortización (amortización + interes)		
Amortización =	$0.90 \times (VE) / (\text{vida útil})$	
Reparacion horaria		
0.75 x Amortizacion		
Intereses =		
Intereses =	$\frac{((VE) + (\text{Valor residual}) / 2)}{(\text{horas trabajadas anuales})} \times \text{interes/año}$	
Valor residual = 0.3 (VE)		
horas trabajadas anuales	(8)horas x 21 dias x 12 meses	2016
Interes anual	20%	
Tren rodante		
Aproximadamente 2.5% consumo	2.50%	
Seguros		
1% del VE	$\frac{((VE) + (\text{Valor residual}) / 2) \times \text{prima del seguro}}{(\text{horas trabajadas anuales})}$	
prima del seguro	2.00%	

Por medio de la Tabla 62, se muestra el modo en que se obtuvieron los costos horarios respecto de los equipos propuestos.

Tabla 62: Planilla tipo para el cálculo del costo de utilización de equipos

CUADRO N° 4.3. PLANILLA SINTESIS DE COSTO DE UTILIZACION DE EQUIPOS																	
Código: Municipio: Municipalidad de Freyre Provincia: Córdoba Subproyecto: Fecha: Enero 2020																	
EQUIPOS		COMPONENTES DEL COSTO															
DESCRIPCION	UNIDAD	POTENCIA (HP)	VALOR (\$)	CONSUMO HORARIO				LUBRICANTES	AMORTIZACIÓN HORARIA		TREN RODANTE CTO. HOR.	REPARAC. Y REPUEST. CTO. HOR.	SEGUROS CTO. HOR.	FLETES CTO. HOR.	COSTO FINANC. CTO. HOR.	COSTO HORARIO TOTAL	
				1)Gasoil 2)Nafta 3)Kw	Cant. (l/h) (Kw/h)	PRECIO UNITARIO	COSTO	COSTO	VIDA UTIL	COSTO							
0	1	2	3	4	5	6	7	8	11	12	13	14	15	16	17	18	19
							\$	\$	\$	H	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
1	Motoniveladora CAT 140H	1	140	\$ 9,135,000.00	1	21	52.44	1101.24	550.62	10000	822.15	27.5	616.61	58.91	5.51	589.06	\$ 3,771.63
2	Pala Mecánica CAT 938	1	150	\$ 5,355,000.00	1	22.5	52.44	1179.9	589.95	10000	481.95	29.5	361.46	34.53	5.90	345.31	\$ 3,028.50
3	Camión Volcador Iveco trakter 420	1	95	\$ 5,985,000.00	1	14.25	52.44	747.27	373.635	10000	538.65	18.7	403.99	38.59	3.74	385.94	\$ 2,510.49
4	Retroexcavadora CAT 446	1	150	\$ 6,930,000.00	1	22.5	52.44	1179.9	589.95	10000	623.70	29.5	467.78	44.69	5.90	446.88	\$ 3,388.28
5	Compactador neumático CAT Sf500	1	120	\$ 4,095,000.00	1	18	52.44	943.92	471.96	10000	368.55	23.6	276.41	26.41	4.72	264.06	\$ 2,379.63
6	Tractor John Deer 3550	1	100	\$ 3,024,000.00	1	15	52.44	786.6	393.3	10000	272.16	19.7	204.12	19.50	3.93	195.00	\$ 1,894.28
7	Equipo regador	1	80	\$ 570,000.00	1	12	52.44	629.28	314.64	10000	51.30	15.7	38.48	3.68	3.15	36.76	\$ 1,093.00
8	Rastra y disco	1	0	\$ 160,000.00	-	-	-	-	-	10000	14.40	0.0	10.80	1.03	3.93	10.32	\$ 1,220.38
9	Vibro apisonador	1	3	\$ 90,000.00	1	0.45	52.44	23.598	11.799	4000	20.25	0.6	15.19	0.58	0.12	5.80	\$ 77.93
10																	
11																	

14.2.3 Mano de obra

En cuanto a la mano de obra, es necesario conocer la cantidad y especialidad de personal que se requerirá. De este modo, se consideran 3 categorías diferentes en cuanto al nivel de aptitudes de obreros: Oficial especializado, Oficial y Ayudante. El costo horario por cada uno de ellos, surge del salario básico, a lo que se adiciona las cargas sociales. El salario básico es definido por convenio colectivo de la Unión Obrera de la Construcción de la República Argentina (UOCRA), cuyos valores se observan seguidamente (ver Tabla 63), los que han entrado en vigencia en enero de 2020, remitiéndonos siempre a la zona denominada como "A".

Tabla 63: Jornales de salarios básicos (enero 2020)

JORNALES DE SALARIOS BÁSICOS CON VIGENCIA A PARTIR DEL 01 DE ENERO DE 2020											
Mes	Categoría	ZONA "A"		ZONA "B"		ZONA "C"			ZONA "C-Austral"		
		Salario Básico	Salario Básico	Adicional Zona	Total	Salario Básico	Adicional Zona	Total	Salario Básico	Adicional Zona	Total
ene-20	Oficial Especial	197,55	197,55	21,73	219,26	197,55	105,73	303,26	197,55	197,55	395,06
	Oficial	168,32	168,32	18,62	186,95	168,32	114,89	283,23	168,32	168,32	336,67
	Medio Oficial	155,20	155,20	16,84	172,02	155,20	117,48	272,70	155,20	155,20	310,40
	Ayudante	142,48	142,48	16,39	158,88	142,48	121,60	264,10	142,48	142,48	284,98
	Sereno	25851,11	25851,11	2948,16	28800,40	25851,11	17366,34	43219,50	25851,11	25851,11	51704,65

Tabla 64: Cuadro resumen del costo horario mano de obra

CUADRO Nº 4.2. PLANILLA DE SINTESIS DE COSTOS DE MANO DE OBRA							
a. Mano de Obra		b. Estimación del costo salarial					
Especialidad y Función	Unidad	Jornal básico	Pagos adicionales que integran las remuneraciones	Otros costos no abonados al trabajador	Retenciones a las remuneraciones	Aportes patronales	TOTAL
1	2	3	4	5	6	7	8
A. MANO DE OBRA CALIFICADA							
oficial especializado	hora	\$237.06	\$109.52	\$35.56	\$50.97	\$111.75	\$544.86
oficial	hora	\$201.98	\$93.32	\$30.30	\$43.43	\$95.22	\$464.24
Medio Oficial	hora	\$186.24	\$86.04	\$27.94	\$40.04	\$87.79	\$428.05
SUBTOTAL A							
B. MANO DE OBRA NO CALIFICADA							
Ayudante	hora	\$170.98	\$78.99	\$25.65	\$36.76	\$80.60	\$392.97
SUBTOTAL B							
Total							
3	Jornal basico + 20% de presentismo						
4	14.64% salarios pagados por tiempo no trabajado incluida indemnizacion por causas climaticas 3.57% asignacion para vestimenta 11.28% sueldo anual complementario 16.71% fondo de cese laboral e indemnizacion por fallecimiento						
5	15.00% suponemos alojamiento y comida (puesto a ojo)						
6	11.00% jubilacion 3.00% ley 19032 (INSSJP) 3.00% obra social y ANSSal 2.50% Aporte sindical UOCRA 2.00% Seguro de vida						
7	16.00% jubilacion 2.00% ley 19032 (INSSJP) 6.00% obra social y ANSSal 12.00% Fondo cese laboral FCL 2.00% Fondo de investigación IERIC 9.14% ART						

14.2.4 Materiales

La definición de los materiales necesarios para la ejecución del ítem, surge de los requerimientos del comitente, los cuales se detallan en el pliego particular de especificaciones técnicas. En este se detallan no solamente la técnica a emplear, sino también las características de los materiales como ser dimensiones, materiales, granulometrías, espesores, composición, dosificación, etc.

Definidos los materiales, es necesario vincularlos a la unidad de medida a la que se está cotizando el ítem, todo ello organizado en una planilla, como la que se observa en la Tabla 65.

Tabla 65: Planilla resumen cálculo costo de materiales

CUADRO N° 4.1. COSTO DE MATERIALES			
Código:			
Municipio: Municipalidad de Freyre			
Provincia: Córdoba			
Subproyecto:			
Fecha: Enero 2020			
Nº	Designación material	Costo material puesto en obra	Unidad
1	Agregado grueso 6-19 mm	119.86	t
2	Agregado grueso 10-30 mm	113.57	t
3	Agregado grueso 30-50 mm	108.83	t
4	Geotextil OP15 Bidim	8.18	m2
5	Hierro redondo ADN-420 nervado	4.30	kg
6	Hormigon H21 (SC)	346.37	m3
7	Encofrado de Madera	25.70	m2
8	Cemento	466.68	t
9	Arena gruesa	39.67	t
10	Arena fina	38.84	t
11	Plastificante	330.58	tambor 240 kg
12	Hidrófugo	527.36	tambor 200 kg
13	Cal	527.27	t
14	Ladrillos bloque cto	4.24	u
15	Tubos hormigón - diam 0.60m	487.81	u
16	Alambre de atar	6.79	kg
17	Reja de hierro fundido para boca de tormenta	1821.60	ml
18	Tapa de acceso hierro fundido	1154.55	Ud
19	Reja para obra de ingreso Reservoirio	2301.2	ml
20	Hormigon H21	396	m3

14.2.5 Rendimiento

La definición del rendimiento, es la parte del cálculo que vincula la aptitud del equipo y mano de obra empleada para la ejecución del ítem en la unidad de medida cotizada. En este sentido, para modificar el costo del ítem por unidad de medida establecida, se podrá aumentar o disminuir la cantidad de equipo o mano de obra, o bien dotar de mano de obra más o menos especializada, o equipo de mayor o menor rendimiento para esa tarea específica.

El rendimiento de los equipos, usualmente es indicado por los fabricantes de los mismos. No obstante, en la mayoría de los casos la determinación del mismo surge de ciertos criterios que se van adquiriendo con la experiencia.

Por otro lado, el rendimiento de la mano de obra depende mucho de la experiencia que los operarios tengan en el puesto considerado. Sin embargo, existen manuales que refieren sobre el rendimiento de operarios, principalmente en tareas de construcción asociadas a obras de Arquitectura.

Finalmente se destaca que se ha tomado en consideración valores de consumos y rendimientos (materiales, maquinaria y mano de obra) vinculados a obras hidráulicas realizadas en la ciudad de Rafaela; logrando con ello una comparativa más que aceptable respecto del proyecto planteado.

14.2.6 Gastos generales

Los gastos generales, ya sea de empresa o de obra, afectan indirectamente al precio del ítem. Es por esto que ambos se engloban bajo la denominación de "Costos Indirectos".

Conforme expresa Macchia (2005), llamaremos Gastos generales o Costos indirectos a los gastos o erogaciones que deba afrontar la empresa para el cumplimiento de sus fines, son costos que no se vinculan directamente con el proyecto de la obra en estudio, pero que si son imprescindibles para que pueda funcionar correctamente la obra. Algunos autores lo denominar Gastos generales, pues no son particulares del proyecto de obra, generalmente su determinación es propia de la política de la empresa".

14.2.7 Beneficio

Se estableció que, para la obra en cuestión, se debe obtener un 12% del Costo en concepto de Beneficio.

14.2.8 Costo financiero

Bajo la suposición que dicha obra no tiene anticipo financiero por parte del Comitente, se agregó un Costo Financiero equivalente al 5% del Costo Directo.

14.2.9 Ingresos Brutos

Para la consideración de los ingresos Brutos se han considerado un porcentaje de 3.5%.

14.2.10 I.V.A

El Impuesto al Valor Agregado asciende al 21%.

14.3 PRESUPUESTO

Considerando el costo unitario de cada uno de los ítems analizados y las cantidades arrojadas para el análisis de la obra en cuestión, se determinó el costo total de la misma a través de la suma de los costos totales de cada rubro.

En la Tabla 66 se presenta el presupuesto estimado para la realización de las canalizaciones propuestas, adicionando la conformación del reservorio de aguas pluviales y obras complementarias.

Tabla 66: Presupuesto estimado del proyecto de drenaje pluvial

COSTO DIRECTO + IMPUESTOS POR RUBROS							
Código:							
Municipio: Municipalidad de Freyre							
Provincia: Córdoba							
Subproyecto:							
Fecha: Enero 2020							
UTN FRR	EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA DE LA CUENCA SUPERIOR OESTE DE LA LOCALIDAD DE FREYRE, TENDIENTE A LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE INUNDACIONES.						
PROYECTO:	EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA DE LA CUENCA SUPERIOR OESTE DE LA LOCALIDAD DE FREYRE, TENDIENTE A LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE INUNDACIONES.			MUNICIPALIDAD DE FREYRE - DEPARTAMENTO SAN JUSTO CBA.			
ITEMS	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P UNITARIO	TOTAL	% INCIDENCIA	
1	PRELIMINARES						
1,1	Limpieza del terreno	m2	1	\$ 28.664,11	\$ 28.664,11		0,11%
1,2	Señalización informativa y preventiva del sitio de trabajo	gl	1	\$ 68.354,92	\$ 68.354,92		0,26%
1,3	Instalación temporaria de servicios, casillas	gl	1	\$ 120.000,00	\$ 120.000,00		0,46%
					\$ 217.019,03		0,82%
2	ADECUACIÓN DE SECCIÓN HIDRAULICA CANAL PRINCIPAL						
2,1	Adecuación de sección hidráulica de canales en tierra. Incluye excavación material común y rectificación de taludes.	m ³	13.362	\$ 245,85	\$ 3.285.006,28		12,46%
2,2	Conformación de dique con material proveniente de la excavación	m ³	8.000	\$ 245,85	\$ 1.966.761,40		
					\$ 5.251.767,68		19,93%
3	ADECUACIÓN DE SECCIÓN HIDRAULICA CANAL SECUNDARIO						
3,1	Adecuación de sección hidráulica de canales en tierra. Incluye excavación material común y rectificación de taludes.	m ³	2.646	\$ 245,85	\$ 650.506,33		2,47%
3,2	Prov. y coloc. geotextil OP15bidim	m2	1.260	\$ 165,70	\$ 208.782,25		0,79%
3,3	Prov. y coloc. Piedra granítica	m3	508	\$ 1.360,77	\$ 690.726,19		2,62%
3,4	Homigón de limpieza	m3	233	\$ 9.915,44	\$ 2.313.073,92		8,78%
3,5	Platea de desague pluvial espesor 20 cm	m3	252	\$ 12.126,41	\$ 3.055.854,68		11,59%
3,6	Tabique desague pluvial espesor 15 cm	m3	454	\$ 12.814,37	\$ 5.812.597,93		22,05%
3,7	Losa desague pluvial espesor 10 cm	m3	252	\$ 11.803,82	\$ 2.974.561,64		11,29%
3,8	Relleno y compactación	m3	1.512	\$ 492,58	\$ 744.786,98		2,83%
					\$16.450.889,93		62,42%
4	CONSTRUCCIÓN RESERVORIO						
4,1	Señalización informativa y preventiva del sitio de trabajo	Gl	1	\$ 20.656,64	\$ 20.656,64		0,08%
4,2	Perfilado de fondo con compactación superficial	m2	5712	\$ 54,07	\$ 308.860,52		1,17%
4,3	Perfilado de taludes	m2	12600	\$ 54,07	\$ 681.309,96		2,59%
4,4	Compactación de fondo y taludes	m2	18312	\$ 150,10	\$ 2.748.661,03		10,43%
4,5	Ejecución obras de ingreso al reservorio	Gl	1	\$ 59.412,42	\$ 59.412,42		0,23%
4,5	Ejecución obras salida del reservorio	Gl	1	\$ 245.681,73	\$ 245.681,73		0,93%
					\$ 4.064.582,29		15,42%
5	CONSTRUCCIÓN CAMARAS DE ENLACE						
5,1	Cámara de desvío (Esquina calle España e Ituzaingó). Incluye excavación, reposición de suelo apto si fuera necesario, marco y tapa de acceso de H°D°.	Gl	2	\$ 74.247,38	\$ 148.494,76		0,56%
5,2	Cámara de desvío (Sector Reservorio). Incluye excavación, reposición de suelo apto si fuera necesario, marco y tapa de acceso de H°D°.	Gl	2	\$ 74.247,38	\$ 148.494,76		0,56%
					\$ 296.989,52		1,13%
6	TAREAS COMPLEMENTARIAS						
6,1	Limpieza del sector de obras	gl	1	\$ 74.510,14	\$ 74.510,14		0,28%
					\$ 74.510,14		0,28%
COSTO TOTAL DE LA OBRA					\$ 26.355.759		100,00%

Según se puede apreciar, el costo de la obra de ingeniería propuesta ronda los \$26.355.759. En este tipo de obra, el manejo del suelo y los equipos utilizados son actividades críticas que requieren de una adecuada planificación, ya que definen el tiempo de obra.

Se deja constancia que la mayor incidencia porcentual, respecto del costo total de obra, lo representa la conformación de la canalización secundaria, teniendo en consideración la tipología adoptada para la misma, respondiendo a criterios técnicos y de seguridad, respecto de su ubicación (sector urbano). Así mismo, se resalta que la conformación del reservorio de aguas pluviales y el reacondicionamiento de la canalización principal, en sumatoria representa una incidencia de más del 35% del costo total de obra.

CAPÍTULO 15

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

15.1 GENERALIDADES

Según Vera (2015), un impacto ambiental se pone de manifiesto cuando una acción o actividad produce una alteración (beneficiosa o perjudicial) en el medio ambiente o en alguno de sus componentes. El impacto será entonces, la diferencia entre la situación futura modificada por un proyecto y, la situación futura tal como habría evolucionado sin la influencia antropogénica del hombre. Por lo cual, el especialista ambiental debe hacer mérito para que la calidad del medio, su esencia y su estructura actual se conserven dentro de lo posible.

Una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) busca conocer a priori la alteración que conlleva sobre el medio ambiente una actuación determinada. La parte técnica de una EIA se elabora mediante un Estudio de Impacto Ambiental (EsIA), que posee carácter prospectivo.

Agregar que una EIA permite potenciar los beneficios de un proyecto de desarrollo sustentable, ayudando a prevenir, minimizar, mitigar o compensar cualquier impacto adverso que pudiera generar sobre los medios: biofísico y socio-económico del área de afectación.

En síntesis, la premisa básica de la Evaluación de Impacto Ambiental es evitar posibles errores y deterioros ambientales que resultan costosos de corregir posteriormente. Por ello la identificación y evaluación de los impactos sirve para indicar las posibles medidas correctoras o minimizadoras de sus efectos, ya que resulta prácticamente imposible erradicar por completo un impacto negativo.

15.1.1 Estudio de impacto ambiental

La EIA es un instrumento de gestión de carácter preventivo, el EsIA como documento técnico, será de tipo prospectivo, que se incluye en el procedimiento administrativo general de la EIA.

El EsIA es el documento técnico de carácter interdisciplinar que, incorporado a la EIA, está destinado a predecir, identificar, valorar y corregir, las consecuencias o efectos ambientales que determinadas acciones pueden causar sobre la calidad de vida del hombre y su entorno. Es el documento que debe presentar el titular del proyecto, y sobre la base del que se produce la Declaración de Impacto Ambiental. Este estudio deberá identificar, describir y valorar de manera apropiada, y en función de las particularidades del caso concreto, los efectos notables previsibles que la realización del proyecto producirá sobre los distintos aspectos ambientales.

15.1.2 Delimitación del entorno estudiado

La delimitación geográfica del ámbito afectado es una tarea que resulta complicada, pudiendo variar extraordinariamente para los diferentes factores estudiados. Por ejemplo, si se contempla la ocupación del suelo por una construcción concreta, el entorno es perfectamente delimitable; pero, los efectos de la contaminación atmosférica y de los acuíferos subterráneos, sólo puede ubicarse espacialmente de forma imprecisa.

La solución que suele adoptarse es delimitar un círculo de radio más o menos amplio, alrededor del punto de localización del proyecto, aclarando que sólo puede adoptarse como base para ciertos elementos y en fases preliminares de trabajo.

15.1.3 Previsiones de los efectos que el proyecto generará sobre el medio

En este punto se desarrolla una primera aproximación al estudio de acciones y efectos, sin entrar en detalles, de manera de prever que consecuencias acarrearán las acciones emprendidas para la consecución del proyecto, sobre los parámetros medioambientales, así como vislumbrar aquellos factores que serán los más afectados.

Se comienza analizando las acciones que debido a la ejecución del proyecto van a actuar sobre el medio, elaborando un listado de las mismas y, a continuación, de manera similar con los factores del medio que pueden verse afectados por aquellas, plasmándolos igualmente en un inventario. En este sentido, menester es resaltar que cada proyecto tiene sus factores medioambientales y sus acciones específicas, de manera que no se puede confeccionar una lista de acciones y factores de forma general.

Acciones de la Obra factibles de Producir Impactos Ambientales

- Instalación de Obrador y Campamentos
- Intensificación del tránsito vehicular (vehículos semipesados)
- Movimiento de maquinarias y equipo pesado
- Tareas de excavación
- Movimiento de Suelos
- Remoción de suelo vegetal

Cortes de Transito

Factores del medio con probabilidad de ser impactados por las acciones de obra

- Calidad del Aire
- Niveles de Ruido
- Agua Superficial
- Suelo
- Paisaje
- Flora, Fauna
- Empleo
- Estilo de Vida
- Seguridad, Salud e Higiene
- Adaptabilidad Social del Proyecto
- Economía Local
- Tránsito
- Accidentes
- Accesibilidad

15.2. PROCESO DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL- METODO PROGNOS

Como parte de los estudios plasmados en el proyecto se incluye un Estudio de Impacto Ambiental, por medio del cual se puede conocer la calidad ambiental actual del entorno, y con ello realizar estudios de posibles impactos ambientales futuros de toda nueva obra proyectada (o modificación de las existentes) para preservar la zona en que se sitúa. Para ello, se aplicó la Matriz de Prognos II.

15.2.1 Desarrollo metodológico

Tal y como expresan Garrapa y Rodriguez (2016) considerando que la mayor parte de los sistemas matriciales son rígidos, es que se ha seleccionado para el EsIA el método PROGNOS II (Kaczan y Gutierrez, 2009), mediante matrices semicuantitativas. En tal sentido, las Matrices de Impacto no conforman una estructura rígida predeterminada, sino una estructura abierta y dinámica que se ajusta a las necesidades del evaluador y del objeto evaluado. De este modo, se puede efectuar en las Etapas de Planificación, una primer Evaluación Conceptual “Sin Proyecto” y “Con Proyecto” y luego durante el desarrollo del Proyecto una Evaluación Detallada para las Etapas de “Construcción” y de “Operación” de la Obra”.

La Matriz Prognos II, representa una metodología ampliamente utilizada en etapas de Proyectos, construcción de obras, explotación y evaluación en el área de obras viales, hidráulicas, obras de canalización, puentes, obras de manejos de cuencas, de protección contra inundaciones, proyectos de saneamientos, proyectos agropecuarios, etc.

15.2.2 Explicación del desarrollo de la matriz semicuantitativa PROGNOS II

La Matriz Causa-Efecto utilizada consiste en una tabla de doble entrada compuesta por columnas y filas (Tabla 67), donde:

- En las columnas, se colocan las acciones que se desarrollarán durante la construcción u operación de las obras, de modo que cada acción analizada configura una fila en la matriz.
- En las filas, se colocan los distintos componentes del Medio Receptor, agrupados en ítems específicos factibles de ser impactados, originando una serie de columnas

Tabla 67: Matriz causa-efecto

IMPACTOS SOBRE	COMPONENTES DEL MEDIO RECEPTOR IMPACTADOS				
ACCIONES					
	+1CSEKAN				
		- 1PSEBFY			
			X-----Y		

En la intersección de cada fila con las columnas, se realiza la correspondiente valoración y caracterización de cada impacto, mediante la utilización de criterios y pesos diferentes para cada variable utilizada.

Para la descripción del impacto en cada casillero de la matriz aplicada se utiliza el conjunto de rangos y símbolos, indicados en la Tabla 68, ordenados en una secuencia igual al orden con que serán colocados en cada casillero de la matriz. Una vez confeccionada la matriz, se procede a cuantificar en forma porcentual directa, los impactos positivos, negativos y los difíciles de evaluar en la etapa considerada. Asimismo, se cuantifican y se expresan en forma porcentual las distintas características de los impactos positivos y negativos analizados.

Tabla 68: Rangos y simbología

DISCRIMINACION DE LOS IMPACTOS SEGUN SUS CARACTERISTICAS. SISTEMA PROGNOS II		
ORDEN SECUENCIAL EN EL CASILLERO DE LA MATRIZ	CARACTERÍSTICA DEL IMPACTO	SÍMBOLO UTILIZADO EN LA MATRIZ
1	SIGNO	(+) - Positivo (-) - Negativo (X) - Probable, pero difícil de calificar en esta etapa (.....) - No considerado en la evaluación
2	IMPORTANCIA	(1)- Menor (2)- Mediana (3)- Mayor
3	PROBABILIDAD O RIESGO DE OCURRENCIA	(C) - Cierta (P) - Posible
4	DURACIÓN	(T) - Temporaria (V) - Recurrente (S) - Permanente
5	TÉRMINO DE OCURRENCIA	(E) - Inmediato (M) - Mediato (L) - A largo plazo
6	REVERSIBILIDAD	(B) - Reversible a corto plazo (D) - Reversible a mediano plazo (H) - Reversible a largo plazo (I) - Irreversible (K) - No considerado
7	EXTENSIÓN AREAL	(F) - Focalizada (L) - Local (R) - Regional (G) - Global
8	NECESIDAD DE ADOPCIÓN DE MEDIDAS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES (Vigilancia y Monitoreo)	(Y) - Si (N) - No

En los casos en que la acción analizada no genere efectos, ya sea porque su ejecución se halla inhibida por la falta del objeto material sobre el cual desarrollarse, o bien, porque los efectos generados no tendrán ninguna incidencia directa o indirecta sobre determinados componentes del medio receptor, los casilleros que reflejen esta situación, serán identificados mediante ocho puntos consecutivos: (.....)

Una vez confeccionada la matriz, se procederá a cuantificar en forma porcentual directa, los impactos positivos, negativos y los difíciles de evaluar en la etapa considerada. Asimismo, se cuantificarán y se expresarán en forma porcentual las distintas características de los impactos positivos y negativos analizados.

15.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS - ETAPA MOVILIZACIÓN DE OBRA

A continuación, se presenta la tabla 69, la cual resume los resultados obtenidos a nivel generalizado, esto considerando el período correspondiente a la movilización de obra. Así mismo las tablas 70 y 71 presentan una discretización entre impactos positivos y negativos.

Tabla 69: Resultados globales – Etapa preliminar

Elementos analizados (etapa preliminar)	Total casilleros	% casilleros	% impactos
Casilleros de la matriz			
N° de casilleros que demandan evaluación	63	52.9%	....
N° de casilleros que no demandan evaluación	56	47.1%	....
Total casilleros	119	100%	....
Impactos			
Positivos (+)	....	23	19.3%
Negativos (-)	....	33	27.7%
Probables (.....)	....	56	47.1%
Difícil de calificar en esta etapa (X)	....	7	5.9%

Tabla 70: Discrepancia de los impactos positivos – Etapa preliminar

ETAPA DE MOVILIZACIÓN DE OBRA (IMPACTOS POSITIVOS)		
Escala de evaluación	Total	%
Importancia		
(1) Menor	6	26.1%
(2) Mediana	14	60.9%
(3) Mayor	3	13.0%
Probabilidad de ocurrencia		
(C) Cierta	21	91.3%
(P) Posible	2	8.7%
Duración		
(T) Temporaria	22	95.7%
(V) Recurrente	0	0.0%
(S) Permanente	1	4.3%
Término de ocurrencia		
(E) Inmediado	21	91.3%
(M) Mediato	2	8.7%
(L) A largo plazo	0	0.0%
Reversibilidad		
(B) Reversible a corto plazo	0	0.0%
(D) Reversible a mediano plazo	8	34.8%
(H) Reversible a largo plazo	0	0.0%
(I) Irreversible	1	4.3%
(K) No considerado	14	60.9%
Extensión areal		
(F) Focalizada	9	39.1%
(L) Local	1	4.3%
(R) Regional	13	56.5%
(G) Global	0	0.0%
Necesidad de adopción de medidas estructurales y no estructurales		
(Y) Si	1	4.3%
(N) No	22	95.7%

Tabla 71: Discrepancia de los impactos negativos – Etapa preliminar

ETAPA DE MOVILIZACIÓN DE OBRA (IMPACTOS NEGATIVOS)		
Escala de evaluación	Total	%
Importancia		
(1) Menor	28	84.8%
(2) Mediana	5	15.2%
(3) Mayor	0	0.0%
Probabilidad de ocurrencia		
(C) Cierta	25	75.8%
(P) Posible	8	24.2%
Duración		
(T) Temporaria	33	100%
(V) Recurrente	0	0%
(S) Permanente	0	0%
Término de ocurrencia		
(E) Inmediado	29	88%
(M) Mediato	4	12%
(L) A largo plazo	0	0%
Reversibilidad		
(B) Reversible a corto plazo	33	100%
(D) Reversible a mediano plazo	0	0%
(H) Reversible a largo plazo	0	0%
(I) Irreversible	0	0%
(K) No considerado	0	0%
Extensión areal		
(F) Focalizada	21	64%
(L) Local	12	36%
(R) Regional	0	0%
(G) Global	0	0%
Necesidad de adopción de medidas estructurales y no estructurales		
(Y) Si	8	24%
(N) No	25	76%

Seguidamente, y por medio de la Figura 157 se puede observar la incidencia de cada impacto en forma porcentual.

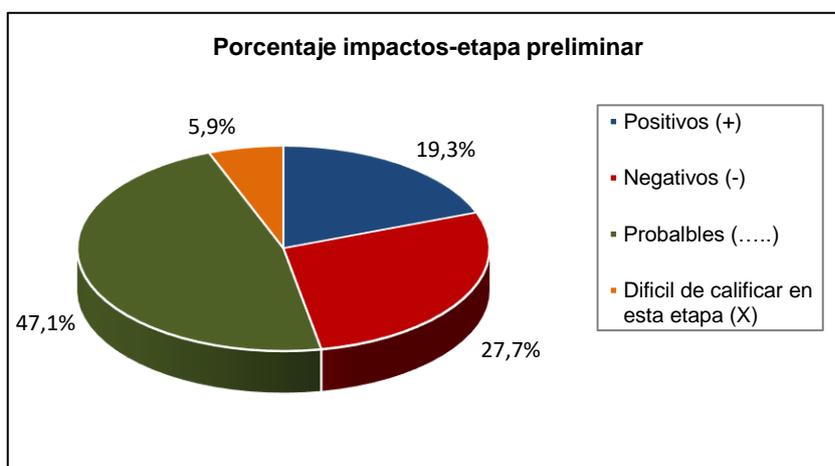


Figura 157: Porcentajes correspondientes a cada impacto – totalidad de la obra

15.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS – ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

Seguidamente se presenta la tabla 72, donde se resumen los resultados obtenidos de modo globalizador, considerando solo la etapa construcción. A su vez, por medio de la Figura 158 se puede observar la incidencia de cada impacto en forma porcentual.

Tabla 72: Resultados globales – etapa de construcción

Elementos analizados (etapa Construcción)	Total casilleros	% casilleros	% impactos
Casilleros de la matriz			
N° de casilleros que demandan evaluación	139	74.3%	....
N° de casilleros que no demandan evaluación	48	25.7%	....
Total casilleros	187	100%	....
Impactos			
Positivos (+)	....	54	28.9%
Negativos (-)	....	62	33.2%
Probables (.....)	....	48	25.7%
Difícil de calificar en esta etapa (X)	....	23	12.3%

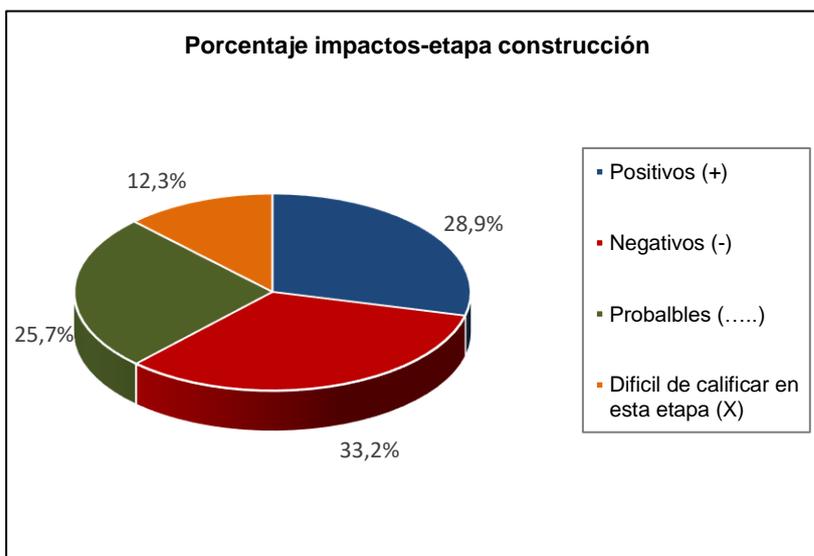


Figura 158: Porcentajes correspondientes a cada impacto – etapa de construcción

15.4.1 Resultados Etapa de ejecución

Dentro de los principales aspectos negativos se debe destacar a la modificación de los patrones hidrológicos en el sector, asociados a la conformación de las canalizaciones; como así también lo referido al reservorio, mediante el cual se atenúa el caudal pico en la salida.

Se identificaron impactos positivos vinculados a factores del medio socio – económico en la etapa de ejecución, principalmente en lo que respecta al empleo generado.

Los mayores impactos negativos que sobresalen en la etapa de ejecución son sobre actores del medio físico como la atmósfera (calidad del aire y ruidos) y la geomorfología; ya que la construcción de la obra producirá impactos inevitables sobre los aspectos antes mencionados debido a que se alteran las condiciones del sistema natural y antrópico, las que en la actualidad presentan un determinado tipo de funcionamiento.

Tabla 73: Discrepancia de los impactos positivos y negativos – Etapa de construcción

ETAPA DE CONSTRUCCIÓN (IMPACTOS POSITIVOS)		
Escala de evaluación	Total	%
Importancia		
(1) Menor	25	46.3%
(2) Mediana	20	37.0%
(3) Mayor	9	16.7%
Probabilidad de ocurrencia		
(C) Cierta	49	90.7%
(P) Posible	5	9.3%
Duración		
(T) Temporaria	48	88.9%
(V) Recurrente	3	5.6%
(S) Permanente	3	5.6%
Término de ocurrencia		
(E) Inmediado	40	74.1%
(M) Mediato	14	25.9%
(L) A largo plazo	0	0.0%
Reversibilidad		
(B) Reversible a corto plazo	7	13.0%
(D) Reversible a mediano plazo	11	20.4%
(H) Reversible a largo plazo	0	0.0%
(I) Irreversible	0	0.0%
(K) No considerado	36	66.7%
Extensión areal		
(F) Focalizada	7	13.0%
(L) Local	25	46.3%
(R) Regional	22	40.7%
(G) Global	0	0.0%
Necesidad de adopción de medidas estructurales y no estructurales		
(Y) Si	10	18.5%
(N) No	44	81.5%

ETAPA DE CONSTRUCCIÓN (IMPACTOS NEGATIVOS)		
Escala de evaluación	Total	%
Importancia		
(1) Menor	42	67.7%
(2) Mediana	18	29.0%
(3) Mayor	2	3%
Probabilidad de ocurrencia		
(C) Cierta	51	82%
(P) Posible	11	18%
Duración		
(T) Temporaria	56	90%
(V) Recurrente	2	3%
(S) Permanente	4	6%
Término de ocurrencia		
(E) Inmediado	54	87%
(M) Mediato	8	13%
(L) A largo plazo		0%
Reversibilidad		
(B) Reversible a corto plazo	50	81%
(D) Reversible a mediano plazo	1	2%
(H) Reversible a largo plazo	0	0%
(I) Irreversible	5	8%
(K) No considerado	6	10%
Extensión areal		
(F) Focalizada	36	58%
(L) Local	26	42%
(R) Regional	0	0%
(G) Global	0	0%
Necesidad de adopción de medidas estructurales y no estructurales		
(Y) Si	24	39%
(N) No	38	61%

15.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS - ETAPA DE OPERACIÓN

La tabla 74 resume los resultados obtenidos a nivel generalizado, valorando aquí la etapa de operación. Del mismo modo, la Figura 159 plasma la incidencia de cada impacto en forma porcentual.

Tabla 74: Resultados globales – etapa de operación

Elementos analizados (etapa operación)	Total casilleros	% casilleros	% impactos
Casilleros de la matriz			
Nº de casilleros que demandan evaluación	31	60.8%	....
Nº de casilleros que no demandan evaluación	20	39.2%	....
Total casilleros	51	100%	....
Impactos			
Positivos (+)	....	25	49.0%
Negativos (-)	....	5	9.8%
Probables (.....)	....	14	27.5%
Difícil de calificar en esta etapa (X)	....	7	13.7%

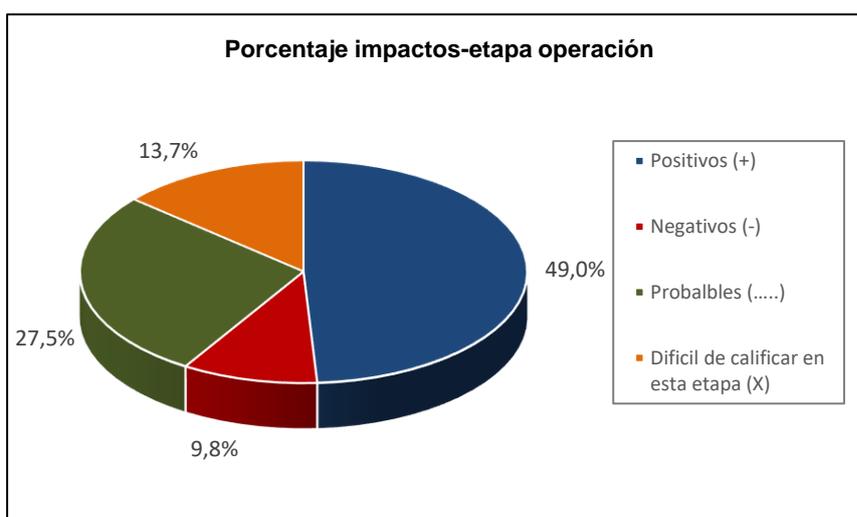


Figura 159: Porcentajes correspondientes a cada impacto – etapa de operación

15.5.1 Resultados Etapa de operación

Los principales impactos generados durante la etapa de operación de la obra, tendrán un carácter positivo, principalmente sobre la calidad de vida de los vecinos, permitiendo durante épocas de lluvia intensa el libre tránsito, tanto vehicular como peatonal, dentro del área urbana estudiada y una mayor accesibilidad a zonas aledañas debido a la disminución de superficies anegadas. Así mismo, si se toma en consideración la revalorización del sector destinado al reservorio, esto trae aparejado un incremento en el valor del suelo en las zonas aledañas.

Por otro lado, los impactos negativos se asocian al mantenimiento del sistema de desagües propuestos, tendiendo siempre a un funcionamiento integrado de cada elemento, y cuya acción potencia dicha premisa.

Tabla 75: Discrepancia de los impactos positivos y negativos – Etapa de operación

ETAPA DE OPERACIÓN (IMPACTOS POSITIVOS)		
Escala de evaluación	Total	%
Importancia		
(1) Menor	5	20%
(2) Mediana	17	68%
(3) Mayor	3	12%
Probabilidad de ocurrencia		
(C) Cierta	25	100%
(P) Posible	0	0%
Duración		
(T) Temporaria	8	32%
(V) Recurrente	15	60%
(S) Permanente	2	8%
Término de ocurrencia		
(E) Inmediado	8	32%
(M) Mediato	17	68%
(L) A largo plazo	0	0%
Reversibilidad		
(B) Reversible a corto plazo	3	12%
(D) Reversible a mediano plazo	2	8%
(H) Reversible a largo plazo	0	0%
(I) Irreversible	0	0%
(K) No considerado	20	80%
Extensión areal		
(F) Focalizada	0	0%
(L) Local	21	84%
(R) Regional	4	16%
(G) Global	0	0%
Necesidad de adopción de medidas estructurales y no estructurales		
(Y) Si	0	0%
(N) No	25	100%

ETAPA DE OPERACIÓN (IMPACTOS NEGATIVOS)		
Escala de evaluación	Total	%
Importancia		
(1) Menor	5	100%
(2) Mediana	0	0%
(3) Mayor	0	0%
Probabilidad de ocurrencia		
(C) Cierta	5	100%
(P) Posible	0	0%
Duración		
(T) Temporaria	4	80%
(V) Recurrente	1	20%
(S) Permanente	0	0%
Término de ocurrencia		
(E) Inmediado	1	20%
(M) Mediato	4	80%
(L) A largo plazo	0	0%
Reversibilidad		
(B) Reversible a corto plazo	3	60%
(D) Reversible a mediano plazo	0	0%
(H) Reversible a largo plazo	0	0%
(I) Irreversible	0	0%
(K) No considerado	2	40%
Extensión areal		
(F) Focalizada	3	60%
(L) Local	2	40%
(R) Regional	0	0%
(G) Global	0	0%
Necesidad de adopción de medidas estructurales y no estructurales		
(Y) Si	0	0%
(N) No	5	100%

15.6. RESULTADOS GLOBALES

En torno a la tabla 76, se observa que si se toma en consideración la totalidad de casilleros correspondientes a potenciales impactos que puede generar el proyecto planteado, 236 han sido efectivamente evaluados, es decir el 66.1% respecto del total. Por su parte el 33.9% restante no están sujetos a valoración, porque la acción analizada no genera efectos que así lo requiera. Del mismo modo destacar que, de los casilleros totales evaluados, el 28.3% resultan ser positivos, el 27.2% se circunscriben como negativos, el 33.9% como posibles y el 10.6% difíciles de calificar sin la realización de un monitoreo sistemático (ver Figura 160).

Tabla 76: Resultados globales – total proyecto

Elementos analizados (total proyecto)	Total casilleros	% casilleros	% impactos
Casilleros de la matriz			
Nº de casilleros que demandan evaluación	236	66.1%	....
Nº de casilleros que no demandan evaluación	121	33.9%	....
Total casilleros	357	100%	....
Impactos			
Positivos (+)	....	101	28.3%
Negativos (-)	....	97	27.2%
Probables (.....)	....	121	33.9%
Difícil de calificar en esta etapa (X)	....	38	10.6%

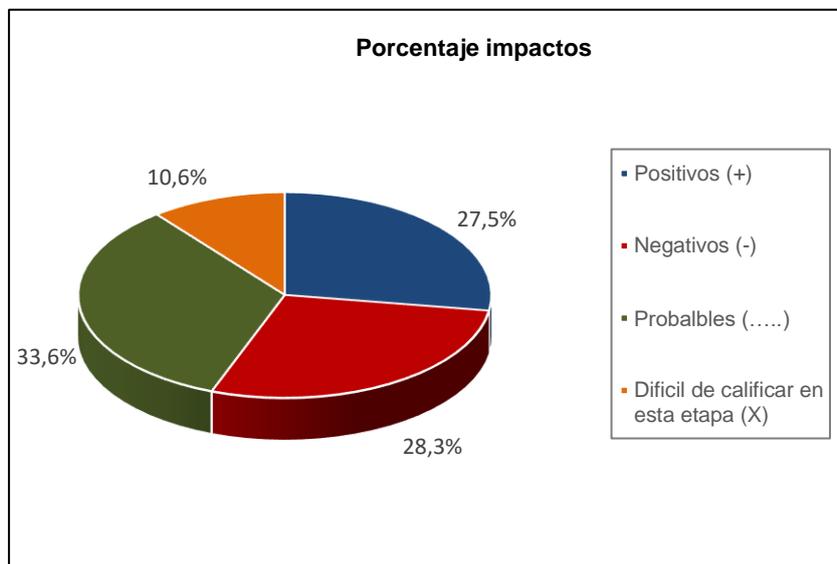


Figura 160: Porcentajes globales correspondientes a cada impacto

Se agrega que el hecho de no haber valorado inicialmente una cierta cantidad de casilleros, no implica que los mismos no estén sujetos a revisión conforme progresa el desarrollo de obra.

15.6.1 Conclusiones finales

La Nación Argentina, como las provincias que la componen, en materia legal, cuentan con una vasta cantidad de leyes y normativas en lo que a la protección y conservación del medio ambiente se refiere.

La Provincia de Córdoba es pionera en el tema, fundamentalmente con la Ley N° 7343: Principios Rectores para la Preservación, Conservación, Defensa y Mejoramiento del Ambiente, modificada para lograr una mayor eficiencia de aplicación; y la Ley N° 10208: Política Ambiental Provincial, sancionada recientemente.

Respecto de lo plasmado, se puede afirmar que el desarrollo del proyecto es perfectamente viable desde el punto de vista ambiental, siempre y cuando la ejecución de las Obras correspondientes se cumpla en tiempo y forma, y con la mayor responsabilidad de la empresa contratista designada para la ejecución de los trabajos. Del mismo modo, el conocimiento sobre los componentes de los ecosistemas y la correcta interpretación de los procesos que en ellos ocurren, es fundamental para la práctica profesional, y requiere la búsqueda de herramientas que permitan mitigar los impactos de las actividades antrópicas.

CAPÍTULO 16

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En términos generales, y tal como se ha resaltado a lo largo del desarrollo del presente Proyecto, la localidad de Freyre ha carecido en los últimos años de un adecuado sistema de desagües pluviales que satisfaga las necesidades planteadas para una zona de característica particulares asociadas a la escasa pendiente y niveles freáticos muy altos.

Según lo planteado en la alternativa final (ver inciso 13.4), es posible laminar crecidas en relación a tormentas de 25 años de recurrencia a valores de caudales compatibles con la capacidad de conducción del canal terciario.

En función de los volúmenes necesarios de almacenamiento, no será necesario producir excavaciones, ya que las características naturales del sector verifican según los cálculos realizados.

No se contempla la construcción de vertederos, dejando asentado que dicha obra quizás deba ser considerada a partir de lluvias con Tr de 100 años; por la simple razón de no verificar los volúmenes de almacenamiento, si se considera la derivación total hacia el reservorio de los caudales provenientes tanto del canal colector principal, como del secundario.

El reservorio, independientemente de la alternativa que se adopte, además de la amortiguación del caudal máximo, permite el desplazamiento temporal del instante de ocurrencia de los picos de caudales sobre las obras de canalización de aguas abajo.

La variabilidad en el comportamiento del reservorio, vinculados a una tormenta de diseño con Tr de 100 años, sólo se visualiza en la propuesta 13.4 y en todos aquellos casos donde los caudales a derivar sean mayores a 2.5 m³/s.

A la luz de los nuevos requerimientos de diseño, en cuanto a niveles de seguridad, a parámetros de diseño hidrológicos, costos, etc. y de un análisis más pormenorizado de la situación, es que surge como viable la propuesta planteada en 12.1, adicionando lo plasmado en 13.4 en lo que respecta al reservorio, habiendo verificado las secciones de las canalizaciones que integran el sistema de desagües pluviales.

Se agrega que entre las medidas no estructurales se recomienda la implementación de normativa que considere algún sistema de regulación de caudales en toda nueva urbanización, a efectos de mantener las condiciones de drenaje preexistentes, mismo criterio a implementar para futuras instalaciones de industrias o grandes superficies comerciales. A modo de ejemplo se menciona el denominado "Impacto Hidrológico Cero", concepto que comienza a tener cada vez más preponderancia, y sujeto a poder ser implementado en el actual código de edificación del que se rige la localidad de Freyre.

La propuesta final permite satisfacer las necesidades de la sociedad mediante la ejecución de obras de distintas magnitudes, ello dentro del medio natural circundante. Sin embargo, la finalidad no sólo se circunscribe en dar respuestas a dichas necesidades, sino también garantizar en forma comprometida y consistente un desarrollo armonioso con el medio ambiente, tratando de mitigar al máximo los efectos sobre éste.

Por último, se resalta que si bien el modelo computacional HEC-HMS se lo utiliza mayormente para el análisis de cuencas a nivel "macro", no tanto así para la valoración de unidades hidrológicas a escala urbana, se decidió hacer uso del mismo por su versatilidad, pero fundamentalmente por considerar que todo lo presentado y analizado tiene fundamento técnico, sobre todo a nivel de Ante-Proyecto.

REFERENCIAS

- ACASE – INTA (2003). *Los Suelos. Nivel de Reconocimiento 1:500.000*. Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba. ACASE - Dirección de Ambiente. INTA – EEA Manfredi.
- Amuchástegui, M. C. (2013). *Estudio de Suelos para Fundaciones*. Informe Técnico. Estructura prefabricada Ruta E 95, Freyre. Córdoba.
- Arias Lastre (2015). *Guía de Aplicaciones del HEC-HMS en cuencas cubanas. Ejemplos prácticos*. Trabajo de diploma. Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría” Facultad de Ingeniería Civil. La Habana.
- Bacchiega J.D., Bertoni J.C. y Maza J.A. (2003). *Pericia Hidráulica correspondiente al Expediente N° 1341/2003*. Poder Judicial. Provincia de Santa Fe.
- Bajjali, W. (2018). *ArcGIS for Environmental and Water Issues*. Springer Texbooks in Earth Sciences, Geography and Environment.
- Bastidas, C. (2005). *Manual para el uso del modelo hidrológico HEC-HMS*. Universidad Central de Venezuela. Disponible en https://www.academia.edu/36127656/Manual_para_el_uso_del_modelo_hidrol%C3%B3gico_HEC_HMS.
- Bedogni, G. (2019). *Proyecto de Drenaje y Vialidad Urbana Interna para el Loteo Macagno, Hernando*. UNC. FCEfyN. Córdoba.
- Bertoni, J. C. (2004). *Material de capacitación del Curso sobre Gestión de Inundaciones en Áreas Urbanas*. GWP-SAMTAC.
- Bertoni; J C. (2000). *Sistemas de drenaje urbano*. Apuntes Curso FICH-UNL.
- Brieva C. (2018). *Caracterización de Cuencas PNAGUA – PE 1133022. Caracterización y análisis multidisciplinario de la información hidrológicas en cuencas*. INTA. Mendoza. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/caracterizacion_de_cuencas_0.pdf.
- Chandías M. E. y Ramos J. M. (2008). *Cómputos y Presupuestos*, 23a ed. Alsina. Buenos Aires.
- Chiavenato I. (1999). *Administración de Recursos Humanos*. 5ª ed. Mc Graw Hill. Colombia. Disponible en <https://cucjonline.com/biblioteca/files/original/f37a438c7c5cd9b3e4cd837c3168cbc6.pdf>
- Chow V.T. (1994). *Hidráulica de Canales Abiertos*, McGraw-Hill Interamericana S.A. Santa Fe de Bogotá, Colombia.
- Custodio E., Llamas M. (1976). *Hidrología Subterránea*. Tomo I. Omega. Barcelona, España. ISBN 84-282-0447.
- Dávila, F.M., Lithgow Bertelloni, C. y Giménez M. (2010). *Tectonic and dynamic controls on the topography and subsidence of the Argentine Pampas: The role of the flat slab*. *Earth and Planetary Science Letters*.
- Fernández B. (2004). *Nuevos Enfoques para el Drenaje Urbano de Aguas Lluvias*. Centro de Aguas Urbanas. Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental. Pontificia Universidad Católica de Chile. Chile.

Freiria J.M. (2014). *Modelación Hidrología Cuenca Centro-Este del Departamento San Justo para la Sistematización de excedentes hídricos*. Práctica Supervisada. UNC. FCEFYN. Córdoba.

Garrappa S. y Rodriguez A. V. (2016). *Reconstrucción del puente de hierro sobre arroyo "Las Calaveras". Comparación económica - ambiental con respecto a un nuevo puente proyectado de hormigón*. Trabajo de Fin de Grado. UTN. FRRa.

Gaspari F.J., Senisterra G.E., Delgado M.I., Rodríguez Vagaría A.M. y S.I.Besteiro. (2009). *Manual de Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas*. Autores. La Plata.

Gómez, M. y Dolz, J. (1994). *Problemática del drenaje de aguas pluviales en zonas urbanas y del estudio hidráulico de las redes de colectores*. Departamento de Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental. E.T.S. Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona (UPC). Barcelona

HEC-HMS (1998). *"Hydrology Modeling System"*. Hydrology Engineering Center, US Army Corps of Engineers. California.

Hoggan, D.H., (1997). *Computer-assisted floodplain hydrology and hydraulics*. McGraw-Hill.

Hydrologic Engineering Center (2013). HEC-HMS (versión 4.0). *Flood Hydrograph*.

INTA (2015). Visor GeoINTA. Disponible en <https://inta.gob.ar/documentos/visor-geointa>.

Iriondo M. H. (2012). *Aguas Subterráneas y Superficiales de la Provincia de Santa Fe*. 2ª ed. Disponible en http://www.museoameghino.gob.ar/archivos/repositorios/140_descarga_93_version_digital_del_libro_aguas_superficiales_y_subterranas_de_la_provincia_de_santa_fe_segunda_edicion.pdf.

Kaczan, L. (2009). *Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)*. Dirección de posgrado UTN FRSF. Santa Fe.

Kröhling D. y Brunetto E. (2013). *Bases Conceptuales y Metodológicas para el Ordenamiento Territorial en el Medio Rural – Región Centro*. Libroclíc. Río Cuarto. Córdoba.

Llamas, J. (1993). *Hidrología general: principios y aplicaciones*. Servicio Editorial Universidad del País Vasco. España

Macchia J. L. (2005). *Manual Cómputos, Costos y Presupuesto*, 1ª ed. Nobuko, Buenos Aires.

Melitón L. B. (2016). *Metodología de Evaluación del Impacto Ambiental generado por Agregado de Copolímero en Estructuras de Hormigón*. Trabajo Final. UTN FRA. Buenos Aires

Ministerio de Agua, Ambiente y Servicios Públicos. Secretaría de Recursos Hídricos y Coordinación. (s.f.). *Desagües Pluviales Cuenca Avellaneda*. Memoria Descriptiva. San Francisco.

Municipalidad de Rafaela (2012). *Pliego Especificaciones Técnicas. Construcción Desagüe Pluvial Calle Brasil (entre L. Cachero y L. Lugones)*. Anexo IV. Rafaela

Pilgrim, D. H. y Cordery I. (1993). *Flood Runoff. Handbook of Hydrology* D. R. Maidment. McGrawHill.

Rosino Messa (2019). *Empleo de sistemas de Información Geográfica (GIS) para la Georreferenciación de instalaciones ferroviarias*. Trabajo de Fin de grado. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Madrid.

Tucci C. E. (2007). *Gestión de inundaciones urbanas*. Evangraf Ltda., Porto Alegre. Brasil.
UNESCO (1987). *Manual on drainage in urbanizing áreas*. Vol. I. Planning and de-sign of drainage systems. Studies and reports in hydrology.

Vera A. (2015). *Evaluación de Impacto Ambiental Urbanización "MANANTIALES"*, Práctica Supervisada. UNC FCEFyN. Córdoba.

Vich A. I. (1999). *Aguas continentales. Formas y procesos*. Manual de aplicaciones prácticas. Mendoza.

Wanielista M. P. (1997). *Hydrology and Water Quality Control*. Wiley. 2ª Ed.

Zucarelli V. (2016). *Gestión Integrada de los Recursos Hídricos*. FICH UNL. Santa Fe.

Zucarelli, G. V. (2009). *Apuntes de la cátedra Hidrología y Obras Hidráulicas*. UTN FRRA. Santa Fe

Zucarelli; G. V., Morresi; M. (2000). *Geomorfología cuantitativa de la cuenca del arroyo Feliciano* (provincia de Entre Ríos). Cuadernos del CURIHAM. Vol. 6. Primer Semestre 2000. Pág. 36-47.

ANEXO I

RELEVAMIENTO COLECTOR PRINCIPAL

CARACTERIZACIÓN COLECTOR PRINCIPAL

Código:

Municipio: Municipalidad de Freyre

Provincia: Córdoba

Subproyecto:

Fecha: enero 2020


 Universidad Tecnológica Nacional
 Facultad Regional Rafaela

PROYECTO: EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA DE LA CUENCA SUPERIOR OESTE DE LA LOCALIDAD DE FREYRE, TENDIENTE A LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE INUNDACIONES.

SUBCUENCAS: OESTE DE LA LOCALIDAD

AÑO VALORADO: 2013

TRAMO	CARACTERÍSTICAS CANAL										
	LONGITUD (m)	PENDIENTE Longitudinal m/m				MANNING'S "n"	ANCHO SUPERIOR (m)	PENDIENTE TRANSVERSAL (xH/1V)	PROFUNDIDAD MEDIA m	ANCHO SOLERA	
		Cota inicial	Cota Final	Pend.	Pendiente valor abs.					x (m)	B (m)
Tramo 0	52.00	9.46	9.11	0.00673	0.00673	0.035	2.40	1:2	0.75	0.38	1.65
Tramo 1-3	137.23	9.11	8.96	0.00109	0.00109	0.035	2.40	1:2	1.12	0.56	1.28
Tramo 3-5	125.67	8.96	9.03	-0.00056	0.00056	0.035	2.40	1:2	1.06	0.53	1.34
Tramo 5-8	191.49	9.03	9.04	-0.00005	0.00005	0.035	2.40	1:2	0.98	0.49	1.42
Tramo 8-9	57.98	9.04	9.05	-0.00017	0.00017	0.035	2.40	1:2	0.91	0.45	1.49
Tramo 9-9A	30.00	9.05	8.95	0.00333	0.00333	0.035	2.40	1:2	0.97	0.48	1.43
Tramo 9A-11	125.19	8.95	8.82	0.00104	0.00104	0.035	2.40	1:2	1.06	0.53	1.33
Tramo 11-15	177.88	8.82	8.84	-0.00011	0.00011	0.035	2.40	1:2	1.01	0.51	1.39
Tramo 15-17	147.15	8.84	8.78	0.00041	0.00041	0.035	2.40	1:2	1.10	0.55	1.30
Tramo 17-18	35.76	8.78	9.14	-0.01007	0.01007	0.035	2.40	1:1	0.80	0.80	0.80
Tramo 19-19A	15.50	9.05	9.15	-0.00645	0.00645	0.035	2.40	1:1	0.80	0.80	0.80
Tramo 19A-20	35.34	9.15	9.31	-0.00453	-0.00453	0.035	2.40	1:3	0.67	0.22	1.95
Tramo 20-20A	47.50	9.31	8.74	0.01200	0.01200	0.035	2.40	1:3	0.91	0.30	1.80
Tramo 20A-24	214.32	8.74	8.97	-0.00107	0.00107	0.035	2.40	1:3	1.10	0.37	1.67
Tramo 25-28	209.16	8.97	9.08	-0.00053	0.00053	0.035	1.70	1:2	1.00	0.50	0.70
Tramo 28-31	165.69	9.08	8.94	0.00084	0.00084	0.035	1.70	1:2	1.17	0.59	0.53
Tramo 31-34	152.80	8.94	8.52	0.00275	0.00275	0.035	2.50	1:3	1.62	0.54	1.43
Tramo 34-41	583.27	8.52	8.82	-0.00051	0.00051	0.035	2.50	1:3	1.62	0.54	1.42

LONGITUD TOTAL (m)	2530.65
DESNIVEL (m)	0.64
PENDIENTE (m/m)	0.000252899

NOTA: *A la longitud anteriormente plasmada (canalización a cielo abierto) se anexaron las correspondientes a entubados (tramo 18-19 y tramo 24-25)

*La pendiente longitudinal bien podría calcularse, tomando como punto de inicio el correspondiente al tramo 1-3 (Progresiva +0.00), y como final el tramo 34-41; lo que deriva en una pendiente aun más reducida (0.29 mts.)

ANEXO II

CARACTERIZACIÓN MICROCUENCA DE ESTUDIO

DATOS REFERIDOS A LA MICROCUENCA

Código:

Municipio: Municipalidad de Freyre

Provincia: Córdoba

Subproyecto:

Fecha: Enero 2020



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Rafaela

PROYECTO: EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA DE LA CUENCA SUPERIOR OESTE DE LA LOCALIDAD DE FREYRE, TENDIENTE A LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE INUNDACIONES.

SUBCUENCAS: OESTE DE LA LOCALIDAD

AÑO VALORADO: 2012

UNIDAD HIDROLÓGICA	PARAMETROS GEOMÉTRICOS							TIEMPO DE CONCENTRACIÓN [min]				LAG-TIME [min]
	AREA (m2)	LONGITUD (m)	DESNIVEL (m)	PENDIENTE (m/m)	AREA (Km2)	Tconc. (min)	Area (ha)	KIRPICH	CUERPO DE ING. EEUU	BRANSBY- WILLIAMS	California Culverts Practice	
URB-I	25944.00	567.00	0.30	0.000529	0.0259	46.89	2.594400	46.89	49.32	53.93	46.96	28.13
URB-II	52020.00	335.00	0.20	0.000597	0.0520	29.01	5.202000	29.85	32.48	29.01	29.89	17.41
URB-III	53304.00	322.00	0.18	0.000559	0.0533	28.19	5.330400	29.69	31.93	28.19	29.74	16.91
URB-IV	42508.00	325.80	0.17	0.000522	0.0425	29.58	4.250800	30.77	32.63	29.58	30.82	17.75
URB-V	32622.00	412.50	0.20	0.000485	0.0326	37.96	3.262200	37.96	39.50	39.02	38.01	22.77
URB-VI	48281.50	335.00	0.18	0.000537	0.0483	29.85	4.828150	31.08	33.14	29.85	31.13	17.91
URB-VII	25969.00	324.00	0.20	0.000617	0.0260	28.72	2.596900	28.72	31.48	29.88	28.76	17.23
URB-VIII	37351.00	367.00	0.15	0.000409	0.0374	35.44	3.735100	37.05	37.38	35.44	37.10	21.26
URB-IX	97839.00	605.00	0.26	0.000430	0.0978	52.53	9.783900	53.40	53.86	52.53	53.48	31.52
URB-X	23715.90	98.00	0.03	0.000306	0.0237	10.49	2.371590	14.98	14.67	10.49	15.00	6.30
URB-XI	55032.00	295.00	0.12	0.000407	0.0550	27.43	5.503200	31.37	31.76	27.43	31.42	16.46
RURAL-I	460780.00	1070.00	0.25	0.000234	0.4608	89.88	46.078000	104.74	92.74	89.88	104.90	53.93
RURAL-II	235455.50	859.30	0.25	0.000291	0.2355	73.88	23.545550	81.30	75.47	73.88	81.43	44.33
RURAL-III	229237.90	863.00	0.25	0.000290	0.2292	74.46	22.923790	81.71	75.77	74.46	81.83	44.68
RURAL-IV	418459.60	887.00	0.25	0.000282	0.4185	72.46	41.845960	84.34	77.75	72.46	84.47	43.48
RURAL-V	256093.70	846.00	0.25	0.000296	0.2561	71.91	25.609370	79.85	74.37	71.91	79.97	43.14
RURAL-VI	832805.70	1338.50	0.25	0.000187	0.8328	110.83	83.280570	135.64	114.47	110.83	135.85	66.50

Σ 2927418.80

Σ 2.927419

Σ 292.741880

El tiempo de concentración para el modelo será:

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN: Tc = 135.85 min

2.26

DURACIÓN DEL EVENTO = 150.00 min 2.50 hs

15 Intervalos de= 10.00 min 0.17 hs

ANEXO III

**REGISTRO DE PUNTOS PARA LA CONFORMACIÓN DEL
RASTER DE TERRENO**

VALORACIÓN DEL SECTOR A NIVEL MACROCUENCA

Código:

Municipio: Municipalidad de Freyre

Provincia: Córdoba

Proyecto: EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA DE LA CUENCA SUPERIOR OESTE DE LA LOCALIDAD DE FREYRE, TENDIENTE A LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE INUNDACIONES.

Fecha: diciembre 2018



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Rafaela

PLANIMETRIA (Dto San Justo)	DENOMINACIÓN PUNTO	COORDENADAS		
		X	Y	Z
HOJA 3163-23-2	W1	593705.449	6551739.346	103.60
HOJA 3163-23-2	W2	591447.315	6552154.016	104.10
HOJA 3163-23-2	W3	588841.626	6552521.318	105.20
HOJA 3163-23-2	W4	587762.900	6551896.808	106.00
HOJA 3163-23-2	W5	586788.268	6552963.036	106.30
HOJA 3163-23-2	W6	588230.179	6554845.292	106.10
HOJA 3163-23-2	W7	590641.367	6554363.347	104.60
HOJA 3163-23-2	W8	593098.792	6554815.524	103.40
HOJA 3163-23-2	W9	591060.315	6556426.664	104.20
HOJA 3163-23-2	W10	589841.459	6557563.072	105.60
HOJA 3163-23-2	W11	589089.815	6557704.536	104.30
HOJA 3163-23-2	W12	587876.897	6557941.415	106.70
HOJA 3163-23-2	W13	588979.1277	6559513.533	106.00
HOJA 3163-23-2	W14	590114.4606	6560283.385	105.10
HOJA 3163-23-2	W15	590280.6689	6561189.802	105.20
HOJA 3163-23-2	W16	588656.6812	6561700.105	105.60
HOJA 3163-23-2	W17	592229.7546	6560963.015	103.90
HOJA 3163-23-2	W18	594182.4485	6560550.775	103.60
HOJA 3163-23-2	W19	594538.6022	6562420.044	102.40
HOJA 3163-23-2	W20	592508.7142	6562695.616	104.10
HOJA 3163-23-2	W21	590863.2645	6563196.557	104.00
HOJA 3163-23-2	W22	589108.054	6563550.08	104.70
HOJA 3163-23-2	W23	590105.7767	6564304.983	103.60
HOJA 3163-23-2	W24	591816.9251	6563970.934	103.00
HOJA 3163-23-2	W25	593971.0694	6564354.435	102.20
HOJA 3163-23-2	W26	591145.9087	6565865.734	102.40
HOJA 3163-23-2	W27	589412.189	6566368.526	103.00
HOJA 3163-23-2	W28	588567.8145	6565765.66	103.80
HOJA 3163-23-2	W29	590488.0207	6567148.485	102.20
HOJA 3163-23-2	W30	591776.0183	6567898.04	101.80
HOJA 3163-23-2	W31	594036.5352	6567588.37	101.70
HOJA 3163-23-2	W32	593767.3023	6568156.083	101.60
HOJA 3163-23-2	W33	592889.6101	6568623.498	101.10
HOJA 3163-23-2	W34	591015.6168	6568991.032	101.40
HOJA 3163-23-2	W35	593441.4166	6566560.726	101.90
HOJA 3163-23-2	W36	587772.6177	6568722.855	102.60
HOJA 3163-23-2	W37	585768.6584	6569104.762	103.30
HOJA 3163-23-2	W38	582900.3491	6569005.615	104.50
HOJA 3163-23-2	W39	578995.4466	6568514.865	102.70
HOJA 3163-23-2	W40	574801.6556	6568607.188	104.60

PLANIMETRIA (Dto San Justo)	DENOMINACIÓN PUNTO	COORDENADAS		
		X	Y	Z
HOJA 3163-23-2	W41	572613.0744	6568149.102	104.9
HOJA 3163-23-2	W42	576926.8741	6568071.105	104.4
HOJA 3163-23-2	W43	580710.0677	6568109.831	103.4
HOJA 3163-23-2	W44	584327.4258	6567414.534	105.2
HOJA 3163-23-2	W45	586381.815	6566985.308	104.7
HOJA 3163-23-2	W46	587479.0478	6565014.053	105.3
HOJA 3163-23-2	W47	585321.0413	6565423.684	105.7
HOJA 3163-23-2	W48	583127.3952	6566884.848	103.75
HOJA 3163-23-2	W49	583432.3743	6566659.036	103.75
HOJA 3163-23-2	W50	582990.3538	6566631.446	103.75
HOJA 3163-23-2	W51	582696.9407	6566819.229	103.75
HOJA 3163-23-2	W52	574492.2958	6567065.139	103.6
HOJA 3163-23-2	W53	573075.2712	6566173.443	104.3
HOJA 3163-23-2	W54	575328.7672	6565863.247	104.6
HOJA 3163-23-2	W55	576569.6368	6565862.616	105
HOJA 3163-23-2	W56	577004.5395	6565401.736	105
HOJA 3163-23-2	W57	577687.3906	6565593.113	105
HOJA 3163-23-2	W58	578347.1717	6566118.077	105
HOJA 3163-23-2	W59	577402.5789	6566299.945	105
HOJA 3163-23-2	W60	576251.0509	6566422.535	104.9
HOJA 3163-23-2	W61	578635.3804	6566747.545	104.8
HOJA 3163-23-2	W62	580535.3299	6566382.019	103.9
HOJA 3163-23-2	W63	582197.8885	6566057.441	104.2
HOJA 3163-23-2	W64	585135.5901	6564500.706	106
HOJA 3163-23-2	W65	583282.2061	6564861.588	105.5
HOJA 3163-23-2	W66	580829.2797	6565368.02	103.3
HOJA 3163-23-2	W67	586952.6732	6563158.164	105.9
HOJA 3163-23-2	W68	579962.302	6564623.952	105.4
HOJA 3163-23-2	W69	578417.1266	6564643.114	105
HOJA 3163-23-2	W70	576769.2292	6564655.562	105
HOJA 3163-23-2	W71	575307.2981	6564458.89	105
HOJA 3163-23-2	W72	572886.2644	6564451.34	104.2
HOJA 3163-23-2	W73	575974.7869	6563951.11	105.3
HOJA 3163-23-2	W74	577979.9088	6563502.9	105.8
HOJA 3163-23-2	W75	581010.4062	6563075.799	105.4
HOJA 3163-23-2	W76	582743.024	6562876.769	106.6
HOJA 3163-23-2	W77	584716.4668	6562489.8	106.5
HOJA 3163-23-2	W78	587149.6984	6560363.831	106.4
HOJA 3163-23-2	W79	584330.2558	6561413.219	106.6
HOJA 3163-23-2	W80	573729.4795	6563096.06	104.8

VALORACIÓN DEL SECTOR A NIVEL MACROCUCENA

Código:

Municipio: Municipalidad de Freyre

Provincia: Córdoba

Proyecto: EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA DE LA CUENCA SUPERIOR OESTE DE LA LOCALIDAD DE FREYRE, TENDIENTE A LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE INUNDACIONES.

Fecha: diciembre 2018



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Rafaela

PLANIMETRIA (Dto San Justo)	DENOMINACIÓN PUNTO	COORDENADAS		
		X	Y	Z
HOJA 3163-23-2	W81	572591.436	6562833.038	104.40
HOJA 3163-23-2	W82	577554.002	6561936.878	105.50
HOJA 3163-23-2	W83	580168.320	6561420.448	106.10
HOJA 3163-23-2	W84	582510.645	6560970.030	106.70
HOJA 3163-23-2	W85	586913.326	6559884.497	106.40
HOJA 3163-23-2	W86	585206.903	6560259.525	106.40
HOJA 3163-23-2	W87	584659.632	6560150.849	106.25
HOJA 3163-23-2	W88	583635.176	6560134.487	106.25
HOJA 3163-23-2	W89	581894.905	6560792.530	106.25
HOJA 3163-23-2	W90	579262.248	6560753.444	106.25
HOJA 3163-23-2	W91	577014.247	6560840.737	106.25
HOJA 3163-23-2	W92	586793.622	6558922.905	106.25
HOJA 3163-23-2	W92A	585696.6316	6559049.027	106.25
HOJA 3163-23-2	W92B	584716.5466	6559344.708	106.25
HOJA 3163-23-2	W93	581396.6576	6559895.964	106.25
HOJA 3163-23-2	W94	580073.581	6559981.812	106.25
HOJA 3163-23-2	W95	572822.6846	6560886.535	104.70
HOJA 3163-23-2	W96	574459.5458	6560314.194	105.40
HOJA 3163-23-2	W97	577327.5504	6559996.108	106.60
HOJA 3163-23-2	W98	582206.2202	6559122.146	107.10
HOJA 3163-23-2	W99	584374.8985	6558469.962	106.70
HOJA 3163-23-2	W100	579800.3584	6559332.974	106.50
HOJA 3163-23-2	W101	585614.1573	6557382.839	106.90
HOJA 3163-23-2	W102	573069.1395	6558656.332	105.30
HOJA 3163-23-2	W103	575873.0604	6558024.572	106.20
HOJA 3163-23-2	W104	578216.8522	6557838.433	106.60
HOJA 3163-23-2	W105	581620.8549	6557020.855	107.30
HOJA 3163-23-2	W106	584235.3755	6556660.339	106.30
HOJA 3163-23-2	W107	586667.5493	6556029.895	106.70
HOJA 3163-23-2	W108	588220.0547	6555696.14	106.30
HOJA 3163-23-2	W109	585996.4103	6554951.266	106.50
HOJA 3163-23-2	W110	575476.5458	6556172.046	107.20
HOJA 3163-23-2	W111	577819.9214	6555878.353	107.60
HOJA 3163-23-2	W111A	577611.6793	6555690.448	107.60
HOJA 3163-23-2	W111B	578037.6813	6555566.331	107.60
HOJA 3163-23-2	W111C	578300.735	6555749.445	107.60
HOJA 3163-23-2	W112	580215.2405	6555411.499	107.00
HOJA 3163-23-2	W113	585517.7291	6554337.796	106.25
HOJA 3163-23-2	W114	585742.9971	6553755.097	106.25
HOJA 3163-23-2	W115	584804.8637	6553941.248	106.25

PLANIMETRIA (Dto San Justo)	DENOMINACIÓN PUNTO	COORDENADAS		
		X	Y	Z
HOJA 3163-23-2	W116	583744.8685	6554055.347	106.25
HOJA 3163-23-2	W117	583263.9085	6554340.548	106.25
HOJA 3163-23-2	W118	582702.5588	6554227.53	106.25
HOJA 3163-23-2	W119	582116.0247	6554476.165	106.25
HOJA 3163-23-2	W120	581464.631	6554630.422	106.25
HOJA 3163-23-2	W121	580438.7842	6554703.272	106.25
HOJA 3163-23-2	W122	579749.6886	6554878.632	106.25
HOJA 3163-23-2	W123	579876.1193	6554504.009	106.25
HOJA 3163-23-2	W124	580500.4119	6554476.074	106.25
HOJA 3163-23-2	W125	581211.8191	6554489.58	106.25
HOJA 3163-23-2	W126	581963.7573	6554141.804	106.25
HOJA 3163-23-2	W127	582359.9853	6553814.816	106.25
HOJA 3163-23-2	W128	573714.4543	6555786.656	107.2
HOJA 3163-23-2	W129	573310.4996	6554556.029	107.2
HOJA 3163-23-2	W130	575770.2852	6554395.462	107.1
HOJA 3163-23-2	W131	579698.6738	6553506.78	107.2
HOJA 3163-23-2	W132	583676.307	6552558.964	107.6
HOJA 3163-23-2	W133	582501.2636	6552342.83	107.6
HOJA 3163-23-2	W134	582106.1345	6552480.112	107.6
HOJA 3163-23-2	W135	581721.6007	6552715.751	107.6
HOJA 3163-23-2	W136	581362.3586	6552597.769	107.6
HOJA 3163-23-2	W137	581617.8613	6552258.902	107.6
HOJA 3163-23-2	W138	581869.3195	6551832.396	107.6
HOJA 3163-23-2	W139	580198.5773	6552260.551	107.5
HOJA 3163-23-2	W140	579893.8047	6552584.397	107.5
HOJA 3163-23-2	W141	579138.5195	6552433.44	107.5
HOJA 3163-23-2	W142	578384.7882	6552529.33	107.5
HOJA 3163-23-2	W143	578621.7029	6553667.532	107.5
HOJA 3163-23-2	W144	577958.4429	6553104.367	107.5
HOJA 3163-23-2	W145	577224.7295	6553394.587	107.5
HOJA 3163-23-2	W146	575442.5589	6553548.373	107.5
HOJA 3163-23-2	W147	573824.2285	6553441.605	107.5
HOJA 3163-23-2	W148	573080.734	6553095.115	107.5
HOJA 3163-23-2	W149	572286.7501	6552988.003	107.5
HOJA 3163-23-2	W150	573100.7694	6552689.498	108
HOJA 3163-23-2	W151	577050.9387	6552029.951	108.2
HOJA 3163-23-4	W152	580507.5274	6551274.311	107.7
HOJA 3163-23-4	W153	581838.0443	6551009.149	107.7
HOJA 3163-23-4	W154	584270.0721	6550530.67	107.1
HOJA 3163-23-4	W155	578515.8961	6550787.113	108.5

VALORACIÓN DEL SECTOR A NIVEL MACROCUENCA

Código:

Municipio: Municipalidad de Freyre

Provincia: Córdoba

Proyecto: EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA DE LA CUENCA SUPERIOR OESTE DE LA LOCALIDAD DE FREYRE, TENDIENTE A LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE INUNDACIONES.

Fecha: diciembre 2018



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Rafaela

PLANIMETRIA (Dto San Justo)	DENOMINACIÓN PUNTO	COORDENADAS		
		X	Y	Z
HOJA 3163-23-4	W156	576671.649	6551036.143	108.75
HOJA 3163-23-4	W157	575513.430	6551100.676	109.00
HOJA 3163-23-4	W158	573790.850	6551294.825	108.75
HOJA 3163-23-4	W159	572609.708	6550251.822	108.50
HOJA 3163-23-4	W160	573690.788	6550036.468	108.80
HOJA 3163-23-4	W161	576620.923	6550032.134	109.70
HOJA 3163-23-4	W162	579449.421	6549473.122	108.75
HOJA 3163-23-4	W163	580259.979	6549305.897	108.60
HOJA 3163-23-4	W164	581215.325	6548977.888	108.30
HOJA 3163-23-4	W165	582583.311	6549208.849	107.90
HOJA 3163-23-4	W166	584381.734	6548935.694	107.50
HOJA 3163-23-4	W167	584135.553	6548414.543	107.50
HOJA 3163-23-4	W168	583223.7877	6548409.431	107.50
HOJA 3163-23-4	W169	582127.2773	6548178.391	107.50
HOJA 3163-23-4	W170	580066.0909	6548287.064	108.75
HOJA 3163-23-4	W171	577626.7985	6548808.995	109.20
HOJA 3163-23-4	W172	574989.5196	6549187.129	109.00
HOJA 3163-23-4	W173	572279.2436	6548929.314	108.75
HOJA 3163-23-4	W174	572276.1333	6548317.54	108.75
HOJA 3163-23-4	W175	573032.4657	6548694.48	108.75
HOJA 3163-23-4	W176	573574.4921	6548582.076	108.75
HOJA 3163-23-4	W177	576235.491	6548062.453	109.70
HOJA 3163-23-4	W178	577405.9299	6547664.758	110.00
HOJA 3163-23-4	W179	577855.5536	6547434.66	110.00
HOJA 3163-23-4	W180	580851.9816	6546990.054	108.80
HOJA 3163-23-4	W181	581523.9978	6546712.35	108.75
HOJA 3163-23-4	W182	583542.6691	6546978.966	108.00
HOJA 3163-23-4	W183	584528.0901	6546534.6	107.70
HOJA 3163-23-4	W184	583073.7588	6545564.762	108.40
HOJA 3163-23-4	W185	582108.2194	6545872.64	108.75
HOJA 3163-23-4	W186	579658.0834	6546380.453	109.90
HOJA 3163-23-4	W187	578592.2467	6546572.694	110.00
HOJA 3163-23-4	W188	576388.4246	6547021.725	110.00
HOJA 3163-23-4	W189	574682.6557	6546896.162	109.50
HOJA 3163-23-4	W190	572184.1843	6546574.293	110.00
HOJA 3163-23-4	W191	572832.9809	6546533.831	110.00
HOJA 3163-23-4	W192	573093.3161	6545996.592	110.00
HOJA 3163-23-4	W193	573792.9865	6546040.049	110.00
HOJA 3163-23-4	W194	574601.6047	6545879.093	110.00
HOJA 3163-23-4	W195	575242.2437	6546032.717	110.00

PLANIMETRIA (Dto San Justo)	DENOMINACIÓN PUNTO	COORDENADAS		
		X	Y	Z
HOJA 3163-23-4	W196	576041.4246	6546269.318	110
HOJA 3163-23-4	W197	577020.8322	6545890.461	110.5
HOJA 3163-23-4	W198	578714.4628	6545737.229	110
HOJA 3163-23-4	W199	579230.1751	6546003.214	110
HOJA 3163-23-4	W200	579521.3937	6545633.988	110
HOJA 3163-23-4	W201	580668.9162	6545161.697	109.3
HOJA 3163-23-4	W202	581889.6521	6544970.257	108.75
HOJA 3163-23-4	W203	581278.6081	6544685.842	108.75
HOJA 3163-23-4	W204	581427.8342	6544316.935	108.75
HOJA 3163-23-4	W205	582533.7103	6544138.137	108.75
HOJA 3163-23-4	W206	582952.4859	6543646.972	108.75
HOJA 3163-23-4	W207	581678.6061	6543934.542	109.4
HOJA 3163-23-4	W208	579255.9534	6544291.793	109.7
HOJA 3163-23-4	W209	578429.563	6544346.333	110
HOJA 3163-23-4	W210	577498.2315	6544359.49	110
HOJA 3163-23-4	W211	576623.6213	6544431.98	110
HOJA 3163-23-4	W212	575372.7011	6544628.436	110.7
HOJA 3163-23-4	W213	574951.2507	6544919.81	110.7
HOJA 3163-23-4	W214	574605.1845	6544480.614	110.7
HOJA 3163-23-4	W215	572362.4796	6545276.005	110.8
HOJA 3163-23-4	W216	572306.1068	6544422.494	111.4
HOJA 3163-23-4	W217	573322.312	6544283.58	111.4
HOJA 3163-23-4	W218	574001.7506	6543852.915	111.4
HOJA 3163-23-4	W219	576652.348	6543935.561	110.7
HOJA 3163-23-4	W220	579084.2403	6543450.655	110.4
HOJA 3163-23-4	W221	579700.4058	6543342.407	110
HOJA 3163-23-4	W222	580375.7194	6543661.425	109.8
HOJA 3163-23-4	W223	582850.7502	6543129.867	108.75
HOJA 3163-23-4	W224	583173.6317	6542560.799	108.75
HOJA 3163-23-4	W225	583621.1295	6541764.167	108.75
HOJA 3163-23-4	W226	582356.0481	6541834.203	109.5
HOJA 3163-23-4	W227	581296.4617	6542035.118	109.6
HOJA 3163-23-4	W228	580043.2466	6542173.97	109.7
HOJA 3163-23-4	W229	579396.7034	6542279.467	110
HOJA 3163-23-4	W230	577668.0653	6542612.515	110.6
HOJA 3163-23-4	W231	574730.1601	6543066.435	111.4
HOJA 3163-23-4	W232	572167.6491	6542949.115	112.5
HOJA 3163-23-4	W233	572493.6119	6542924.458	112.5
HOJA 3163-23-4	W234	573035.7312	6542512.015	112.5
HOJA 3163-23-4	W235	573817.1831	6542347.34	112.5

VALORACIÓN DEL SECTOR A NIVEL MACROCUENCA

Código:

Municipio: Municipalidad de Freyre

Provincia: Córdoba

Proyecto: EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA DE LA CUENCA SUPERIOR OESTE DE LA LOCALIDAD DE FREYRE, TENDIENTE A LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE INUNDACIONES.

Fecha: diciembre 2018



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Rafaela

PLANIMETRIA (Dto San Justo)	DENOMINACIÓN PUNTO	COORDENADAS		
		X	Y	Z
HOJA 3163-23-4	W236	574812.648	6542450.234	111.40
HOJA 3163-23-4	W237	575579.617	6542292.255	111.40
HOJA 3163-23-4	W238	576268.552	6542289.715	111.40
HOJA 3163-23-4	W239	576522.078	6541915.013	111.40
HOJA 3163-23-4	W240	577471.748	6541746.307	110.90
HOJA 3163-23-4	W241	579944.908	6541699.519	110.00
HOJA 3163-23-4	W242	579986.492	6541240.267	110.00
HOJA 3163-23-4	W243	582261.037	6540801.875	109.50
HOJA 3163-23-4	W244	580925.502	6540115.968	109.60
HOJA 3163-23-4	W245	579759.205	6540932.404	110.00
HOJA 3163-23-4	W246	579322.875	6540616.430	110.00
HOJA 3163-23-4	W247	578495.564	6540452.197	110.70
HOJA 3163-23-4	W248	577285.766	6540933.636	111.40
HOJA 3163-23-4	W249	577649.7963	6540414.01	111.40
HOJA 3163-23-4	W250	576521.0781	6540409.282	112.40
HOJA 3163-23-4	W251	575545.2372	6540900.126	112.50
HOJA 3163-23-4	W252	574403.0072	6541525.39	112.50
HOJA 3163-23-4	W253	573249.7263	6541794.626	112.50
HOJA 3163-23-4	W254	572282.6101	6540489.603	113.40
HOJA 3163-23-4	W255	573393.2588	6540168.599	113.50
HOJA 3163-23-4	W256	575146.5908	6539801.94	112.50
HOJA 3163-23-4	W257	575754.5095	6539659.247	112.50
HOJA 3163-23-4	W258	577274.2233	6539371.426	112.50
HOJA 3163-23-4	W259	579558.4613	6539667.037	110.00
HOJA 3163-23-4	W260	580654.5666	6539129.271	110.00
HOJA 3163-23-4	W261	582014.7226	6538705.737	110.00
HOJA 3163-23-4	W262	582887.8921	6538903.532	110.40
HOJA 3163-23-4	W263	581129.8224	6538040.571	110.60
HOJA 3163-23-4	W264	579334.7905	6538429.031	110.80
HOJA 3163-23-4	W265	578720.3957	6538738.761	111.40
HOJA 3163-23-4	W266	577834.3634	6538736.069	112.50
HOJA 3163-23-4	W267	576911.3386	6538888.356	113.30
HOJA 3163-23-4	W268	575583.546	6538861.95	113.75
HOJA 3163-23-4	W269	575210.0555	6539404.252	113.75
HOJA 3163-23-4	W270	574263.3394	6539178.338	113.75
HOJA 3163-23-4	W271	573652.908	6539073.471	113.75
HOJA 3163-23-4	W272	572419.5219	6539092.135	112.50
HOJA 3163-23-4	W273	572638.4803	6538454.206	112.50
HOJA 3163-23-4	W274	574253.5394	6538469.345	113.75
HOJA 3163-23-4	W275	575006.4409	6538233.076	113.75

PLANIMETRIA (Dto San Justo)	DENOMINACIÓN PUNTO	COORDENADAS		
		X	Y	Z
HOJA 3163-23-4	W276	576950.2033	6537867.959	113.75
HOJA 3163-23-4	W277	579140.253	6537426.836	112.3
HOJA 3163-23-4	W278	579773.3022	6537776.696	111.4
HOJA 3163-23-4	W279	580113.2534	6537471.562	111.4
HOJA 3163-23-4	W280	580702.2427	6537274.829	111.4
HOJA 3163-23-4	W281	581395.4128	6536856.385	110.8
HOJA 3163-23-4	W282	580454.9757	6536816.934	111.4
HOJA 3163-23-4	W283	579248.8559	6536783.317	112.5
HOJA 3163-23-4	W284	578677.1378	6537243.17	112.5
HOJA 3163-23-4	W285	577859.3668	6537187.324	113.3
HOJA 3163-23-4	W286	577122.7658	6537236.827	113.75
HOJA 3163-23-4	W287	576991.6766	6536893.022	113.75
HOJA 3163-23-4	W288	576515.9043	6536802.249	114.1
HOJA 3163-23-4	W289	575552.8063	6536745.769	113.75
HOJA 3163-23-4	W290	574802.7269	6537170.363	113.75
HOJA 3163-23-4	W291	574131.2341	6537442.805	112.5
HOJA 3163-23-4	W292	572858.0973	6537395.365	111.9
HOJA 3163-23-4	W293	573924.3925	6536426.163	112
HOJA 3163-23-4	W294	574153.5264	6536718.697	112.5
HOJA 3163-23-4	W295	574625.176	6536392.125	112.5
HOJA 3163-23-4	W296	575111.5418	6536205.045	113.3
HOJA 3163-23-4	W297	575629.1268	6536205.694	113.75
HOJA 3163-23-4	W298	576102.8905	6536007.45	114
HOJA 3163-23-4	W299	577637.8279	6536503.563	113.75
HOJA 3163-23-4	W300	578135.4114	6535934.015	113.75
HOJA 3163-23-4	W301	579355.4921	6535838.321	112.5
HOJA 3163-23-4	W302	579830.8157	6535800.399	112.5
HOJA 3163-23-4	W303	580374.8346	6536275.025	111.4
HOJA 3163-23-4	W304	581124.457	6536431.182	111.4
HOJA 3163-23-4	W305	581383.6576	6536018.591	111.8
HOJA 3163-23-4	W306	580746.0719	6535409.373	112.5
HOJA 3163-23-4	W307	581312.4794	6534950.367	112.5
HOJA 3163-23-4	W308	580534.3295	6535018.657	112.9
HOJA 3163-23-4	W309	578100.7529	6535431.79	113.75
HOJA 3163-23-4	W310	577681.1638	6535421.854	113.75
HOJA 3163-23-4	W311	576945.4994	6535361.531	113.75
HOJA 3163-23-4	W312	576350.2977	6535308.379	113.75
HOJA 3163-23-4	W313	575707.6515	6535362.766	113.75
HOJA 3163-23-4	W314	575031.9757	6535237.464	112.9
HOJA 3163-23-4	W315	574440.338	6535434.074	112.5

VALORACIÓN DEL SECTOR A NIVEL MACROCUENCA

Código:

Municipio: Municipalidad de Freyre

Provincia: Córdoba

Proyecto: EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA DE LA CUENCA SUPERIOR OESTE DE LA LOCALIDAD DE FREYRE, TENDIENTE A LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE INUNDACIONES.

Fecha: diciembre 2018



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Rafaela

PLANIMETRIA (Dto San Justo)	DENOMINACIÓN PUNTO	COORDENADAS		
		X	Y	Z
HOJA 3163-23-4	W316	572259.034	6535698.590	110.50
HOJA 3163-23-4	W317	572322.595	6534722.772	110.20
HOJA 3163-23-4	W318	574612.552	6534857.759	112.50
HOJA 3163-23-4	W319	575516.221	6534815.709	112.50
HOJA 3163-23-4	W320	577053.836	6534691.159	113.90
HOJA 3163-23-4	W321	579767.215	6534293.560	113.20
HOJA 3163-23-4	W322	572059.618	6534297.676	110.00
HOJA 3163-23-4	W323	572518.403	6534100.324	110.00
HOJA 3163-23-4	W324	575184.298	6534089.320	112.50
HOJA 3163-23-4	W325	584191.654	6534260.963	111.40
HOJA 3163-23-4	W326	584433.275	6534082.017	111.25
HOJA 3163-23-4	W327	587737.199	6534492.662	109.60
HOJA 3163-23-4	W328	589186.3806	6534421.363	108.60
HOJA 3163-23-4	W329	590930.1341	6534080.285	107.25
HOJA 3163-23-4	W330	593811.9776	6534493.036	106.10
HOJA 3163-23-4	W331	594504.9881	6534570.273	105.00
HOJA 3163-23-4	W332	593283.8882	6534763.483	106.25
HOJA 3163-23-4	W333	591911.0407	6534903.192	107.10
HOJA 3163-23-4	W334	590410.5661	6534866.46	107.50
HOJA 3163-23-4	W335	589549.1433	6534925.197	107.50
HOJA 3163-23-4	W336	587715.0359	6535142.798	108.75
HOJA 3163-23-4	W337	586887.5808	6535313.722	110.00
HOJA 3163-23-4	W338	585641.9546	6535155.718	111.20
HOJA 3163-23-4	W339	584459.3316	6535351.376	111.25
HOJA 3163-23-4	W340	584265.9411	6535478.754	111.25
HOJA 3163-23-4	W341	584099.1321	6535385.124	111.25
HOJA 3163-23-4	W342	583818.4838	6534861.671	111.25
HOJA 3163-23-4	W343	583346.1119	6535098.944	111.25
HOJA 3163-23-4	W344	582626.3306	6535191.164	111.25
HOJA 3163-23-4	W345	583229.8295	6535551.531	111.25
HOJA 3163-23-4	W346	582661.2847	6535775.42	111.60
HOJA 3163-23-4	W347	583629.5998	6536142.132	111.25
HOJA 3163-23-4	W348	584601.3657	6536352.885	111.00
HOJA 3163-23-4	W349	586536.0378	6536043.026	110.00
HOJA 3163-23-4	W350	587781.0218	6535850.116	108.75
HOJA 3163-23-4	W351	591020.482	6535490.138	107.50
HOJA 3163-23-4	W352	592722.8667	6535326.827	106.25
HOJA 3163-23-4	W353	594273.4046	6535390.642	105.00
HOJA 3163-23-4	W354	593850.8745	6535864.337	105.00
HOJA 3163-23-4	W355	592632.5014	6535890.672	106.25

PLANIMETRIA (Dto San Justo)	DENOMINACIÓN PUNTO	COORDENADAS		
		X	Y	Z
HOJA 3163-23-4	W356	591369.2402	6535986.057	107.2
HOJA 3163-23-4	W357	590831.9045	6535889.874	107.5
HOJA 3163-23-4	W358	590556.4708	6536153.876	107.5
HOJA 3163-23-4	W359	589374.5684	6536279.947	107.8
HOJA 3163-23-4	W360	587570.7212	6536482.356	108.75
HOJA 3163-23-4	W361	586118.8934	6536724.275	110
HOJA 3163-23-4	W362	583005.784	6537558.881	110.4
HOJA 3163-23-4	W363	584844.9266	6537718.484	110.4
HOJA 3163-23-4	W364	585572.6057	6537595.093	110
HOJA 3163-23-4	W365	586052.7792	6537414.348	110
HOJA 3163-23-4	W366	586830.9591	6537364.341	108.75
HOJA 3163-23-4	W367	589709.5533	6536892.45	107.5
HOJA 3163-23-4	W368	591777.7613	6536593.903	106.8
HOJA 3163-23-4	W369	592068.5975	6536621.871	106.25
HOJA 3163-23-4	W370	593424.8541	6536631.061	105
HOJA 3163-23-4	W371	593005.1221	6536922.535	105
HOJA 3163-23-4	W372	593060.3856	6537235.084	105
HOJA 3163-23-4	W373	591951.6338	6537411.361	106.25
HOJA 3163-23-4	W374	591211.8002	6537689.943	106.25
HOJA 3163-23-4	W375	590266.9763	6537375.814	107.5
HOJA 3163-23-4	W376	589711.2921	6537866.026	107.5
HOJA 3163-23-4	W377	588603.1614	6537605.01	107.9
HOJA 3163-23-4	W378	586208.8478	6538032.919	108.75
HOJA 3163-23-4	W379	585195.5554	6538161.727	110
HOJA 3163-23-4	W380	584406.9731	6538598.352	110
HOJA 3163-23-4	W381	583429.2286	6539595.582	109.6
HOJA 3163-23-4	W382	584357.0897	6539416.178	109.2
HOJA 3163-23-4	W383	585098.4867	6539303.649	108.75
HOJA 3163-23-4	W384	587056.5177	6538479.575	107.5
HOJA 3163-23-4	W385	590008.9625	6538744.468	106.4
HOJA 3163-23-4	W386	590510.9374	6538894.465	106.25
HOJA 3163-23-4	W387	592068.1657	6538385.24	105
HOJA 3163-23-4	W388	593670.7497	6538047.698	104.6
HOJA 3163-23-4	W389	593040.5922	6539530.113	104.2
HOJA 3163-23-4	W390	591887.5679	6539645.86	105
HOJA 3163-23-4	W391	590541.0009	6539693.074	106.25
HOJA 3163-23-4	W392	588697.9995	6539387.345	107.2
HOJA 3163-23-4	W393	587469.0529	6539641.452	107.3
HOJA 3163-23-4	W394	586266.3686	6539918.186	107.5
HOJA 3163-23-4	W395	585343.9536	6540236.576	108.5

VALORACIÓN DEL SECTOR A NIVEL MACROCUCENA

Código:

Municipio: Municipalidad de Freyre

Provincia: Córdoba

Proyecto: EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA DE LA CUENCA SUPERIOR OESTE DE LA LOCALIDAD DE FREYRE, TENDIENTE A LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE INUNDACIONES.

Fecha: diciembre 2018



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Rafaela

PLANIMETRIA (Dto San Justo)	DENOMINACIÓN PUNTO	COORDENADAS		
		X	Y	Z
HOJA 3163-23-4	W396	584414.387	6540390.088	108.75
HOJA 3163-23-4	W397	584263.249	6541847.975	107.90
HOJA 3163-23-4	W398	585444.250	6542003.819	107.70
HOJA 3163-23-4	W399	586158.326	6541626.758	107.50
HOJA 3163-23-4	W400	586762.946	6541842.960	107.50
HOJA 3163-23-4	W401	587297.576	6540818.176	107.40
HOJA 3163-23-4	W402	587894.210	6541003.760	107.40
HOJA 3163-23-4	W403	589587.859	6540956.999	106.25
HOJA 3163-23-4	W404	590739.972	6540798.159	105.00
HOJA 3163-23-4	W405	593458.147	6540230.412	104.00
HOJA 3163-23-4	W406	592479.059	6541089.119	104.00
HOJA 3163-23-4	W407	591106.055	6541533.043	105.00
HOJA 3163-23-4	W408	589663.8631	6541981.975	106.25
HOJA 3163-23-4	W409	588303.0403	6542610.779	107.30
HOJA 3163-23-4	W410	585418.8075	6543161.948	107.50
HOJA 3163-23-4	W411	584194.2837	6543300.473	108.10
HOJA 3163-23-4	W412	584832.2337	6544217.266	107.50
HOJA 3163-23-4	W413	586102.5621	6544081.208	107.30
HOJA 3163-23-4	W414	588853.195	6543534.395	106.25
HOJA 3163-23-4	W415	589714.2634	6543370	105.70
HOJA 3163-23-4	W416	590249.4491	6543246.012	105.00
HOJA 3163-23-4	W417	590895.8962	6542993.703	104.80
HOJA 3163-23-4	W418	591826.9396	6542781.764	104.00
HOJA 3163-23-4	W419	592316.1009	6542692.718	104.00
HOJA 3163-23-4	W420	594044.8477	6542394.851	103.30
HOJA 3163-23-4	W421	594456.6291	6543065.769	102.50
HOJA 3163-23-4	W422	593800.8769	6543435.602	102.50
HOJA 3163-23-4	W423	591812.5635	6543621.51	104.00
HOJA 3163-23-4	W424	590720.9066	6543943.109	104.00
HOJA 3163-23-4	W425	589948.5416	6544107.911	105.00
HOJA 3163-23-4	W426	588265.6954	6544377.566	106.25
HOJA 3163-23-4	W427	587474.391	6544581.585	106.25
HOJA 3163-23-4	W428	585799.8277	6544711.502	107.50
HOJA 3163-23-4	W429	585020.0707	6544799.187	107.80
HOJA 3163-23-4	W430	584652.7875	6545405.313	107.50
HOJA 3163-23-4	W431	585881.7763	6545334.825	107.50
HOJA 3163-23-4	W432	587338.4236	6545326.042	106.25
HOJA 3163-23-4	W433	589417.9375	6544988.524	105.00
HOJA 3163-23-4	W434	590581.0107	6544696.497	104.60
HOJA 3163-23-4	W435	591269.2861	6544797.877	104.00

PLANIMETRIA (Dto San Justo)	DENOMINACIÓN PUNTO	COORDENADAS		
		X	Y	Z
HOJA 3163-23-4	W436	594022.618	6544020.72	102.5
HOJA 3163-23-4	W437	594377.7116	6544445.823	102.6
HOJA 3163-23-4	W438	593891.1338	6545546.572	103.1
HOJA 3163-23-4	W439	591579.4054	6545535.41	104
HOJA 3163-23-4	W440	589623.5618	6545854.716	105
HOJA 3163-23-4	W441	588869.9282	6545564.659	105.6
HOJA 3163-23-4	W442	587025.845	6546074.949	106.25
HOJA 3163-23-4	W443	586480.8557	6546015.423	107
HOJA 3163-23-4	W444	585524.5546	6546128.116	107.5
HOJA 3163-23-4	W445	584846.6771	6546385.185	107.5
HOJA 3163-23-4	W446	585044.1088	6547248.901	107.5
HOJA 3163-23-4	W447	586647.0025	6546965.335	106.8
HOJA 3163-23-4	W448	587404.042	6546685.115	106.25
HOJA 3163-23-4	W449	589645.1488	6546320.803	105
HOJA 3163-23-4	W450	591573.0782	6546021.978	104
HOJA 3163-23-4	W451	592765.2205	6546272.765	103.2
HOJA 3163-23-4	W452	593833.0783	6546781.23	102
HOJA 3163-23-4	W453	591029.1857	6546550.597	104
HOJA 3163-23-4	W454	590392.2823	6546792.102	104.3
HOJA 3163-23-4	W455	588598.2272	6547031.645	105
HOJA 3163-23-4	W456	586609.0872	6547374.656	106.25
HOJA 3163-23-4	W457	585502.5943	6548555.882	107.1
HOJA 3163-23-4	W458	586614.3709	6548415.769	106.25
HOJA 3163-23-4	W459	587149.278	6547925.158	106.4
HOJA 3163-23-4	W460	588084.4956	6547742.113	105.5
HOJA 3163-23-4	W461	589193.0525	6547740.908	105
HOJA 3163-23-4	W462	591126.8185	6547407.02	104
HOJA 3163-23-4	W463	593219.7248	6547057.943	102
HOJA 3163-23-4	W464	593606.428	6547256.905	102
HOJA 3163-23-4	W465	594297.8718	6547510.61	103.1
HOJA 3163-23-4	W466	592062.3904	6547942.632	104
HOJA 3163-23-4	W467	589713.0939	6548422.201	105
HOJA 3163-23-4	W468	589447.2316	6548448.377	105.2
HOJA 3163-23-4	W469	586856.9852	6549030.473	106.25
HOJA 3163-23-4	W470	585353.98	6549314.26	107.3
HOJA 3163-23-4	W471	586775.5361	6549570.295	106.25
HOJA 3163-23-4	W472	588349.7389	6549672.289	105.7
HOJA 3163-23-4	W473	589329.8419	6549473.751	105
HOJA 3163-23-4	W474	590726.5282	6549083.692	106.4
HOJA 3163-23-4	W475	592775.8471	6548705.656	104

VALORACIÓN DEL SECTOR A NIVEL MACROCUENCA

Código:

Municipio: Municipalidad de Freyre

Provincia: Córdoba

Proyecto: EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA DE LA CUENCA SUPERIOR OESTE DE LA LOCALIDAD DE FREYRE, TENDIENTE A LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE INUNDACIONES.

Fecha: diciembre 2018



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Rafaela

PLANIMETRIA (Dto San Justo)	DENOMINACIÓN PUNTO	COORDENADAS			PLANIMETRIA (Dto San Justo)	DENOMINACIÓN PUNTO	COORDENADAS		
		X	Y	Z			X	Y	Z
HOJA 3163-23-4	W476	593272.692	6549582.068	103.40	HOJA 3163-23-2	W517	592526.3138	6564094.726	102.5
HOJA 3163-23-4	W477	592286.911	6549806.169	104.00	HOJA 3163-23-2	W519	591853.1772	6564526.453	102.5
HOJA 3163-23-4	W478	588891.652	6550460.349	105.00	HOJA 3163-23-2	W520	591300.0871	6564526.453	102.5
HOJA 3163-23-4	W479	588205.460	6550400.565	105.40	HOJA 3163-23-2	W521	591127.5767	6565010.998	102.5
HOJA 3163-23-4	W480	586942.539	6550436.067	106.25	HOJA 3163-23-2	W522	589565.6552	6565207.706	102.5
HOJA 3163-23-4	W481	586690.833	6551118.006	106.25	HOJA 3163-23-2	W523	590190.5033	6565836.802	102.5
HOJA 3163-23-4	W482	588923.886	6551210.126	105.00	HOJA 3163-23-2	W524	589722.7634	6567262.107	102.5
HOJA 3163-23-4	W483	591594.426	6550932.020	104.20	HOJA 3163-23-2	W525	580566.2992	6564280.819	105.4
HOJA 3163-23-4	W484	592006.583	6550565.988	104.00	HOJA 3163-23-2	W526	581180.8403	6564194.704	105.4
HOJA 3163-23-4	W485	592888.872	6550395.355	104.00	HOJA 3163-23-2	W527	581775.7953	6564172.935	105.4
HOJA 3163-23-4	W486	593433.473	6550583.042	104.00	HOJA 3163-23-2	W528	582170.9298	6564459.231	105.4
HOJA 3163-23-4	W487	594192.139	6550402.373	103.20	HOJA 3163-23-2	W529	582527.27	6565021.399	105.4
HOJA 3163-23-4	W488	593007.7629	6551399.018	104.00	HOJA 3163-23-2	W530	583083.4727	6565680.052	105.4
HOJA 3163-23-2	W489	593040.0306	6551601.422	103.75	HOJA 3163-23-2	W531	583815.3683	6566016.472	105.4
HOJA 3163-23-2	W490	591625.9434	6552757.491	103.75	HOJA 3163-23-2	W532	584222.6072	6566142.692	105.4
HOJA 3163-23-2	W491	590632.4613	6552745.732	103.75	HOJA 3163-23-2	W533	584558.2299	6566021.165	105.4
HOJA 3163-23-2	W492	590761.6243	6553685.688	103.75	HOJA 3163-23-2	W534	584638.1914	6566210.8	105.4
HOJA 3163-23-2	W494	591844.29	6553909.165	103.75	HOJA 3163-23-2	W535	584146.4296	6566530.698	105.4
HOJA 3163-23-2	W495	591750.9062	6555054.708	103.75	HOJA 3163-23-2	W536	584057.6254	6567339.328	105.4
HOJA 3163-23-2	W496	591746.9201	6555758.649	103.75	HOJA 3163-23-2	W537	584344.2041	6567674.225	105.4
HOJA 3163-23-2	W497	591330.3771	6556187.404	103.75	HOJA 3163-23-2	W538	584857.9421	6567706.739	105.4
HOJA 3163-23-2	W498	592055.7079	6556934.621	103.75	HOJA 3163-23-2	W539	585540.1329	6567460.891	105.4
HOJA 3163-23-2	W500	591331.5913	6557752.172	103.75	HOJA 3163-23-2	W540	585574.0339	6566858.67	105.4
HOJA 3163-23-2	W501	592907.7013	6558723.961	103.75	HOJA 3163-23-2	W541	585873.2907	6566435.046	105.4
HOJA 3163-23-2	W502	593826.891	6558712.39	103.75	HOJA 3163-23-2	W542	585623.6865	6566105.488	105.4
HOJA 3163-23-2	W503	591553.869	6559162.32	103.75	HOJA 3163-23-2	W543	585149.1634	6566010.517	105.4
HOJA 3163-23-2	W504	592588.6507	6559492.989	103.75	HOJA 3163-23-2	W544	585386.7271	6565640.92	105.4
HOJA 3163-23-2	W505	593182.5761	6560892.822	103.75	HOJA 3163-23-2	W545	585673.3148	6565538.051	105.4
HOJA 3163-23-2	W506	592392.695	6562000.881	103.75	HOJA 3163-23-2	W546	586054.4494	6565587.14	105.4
HOJA 3163-23-2	W515	590590.804	6562540.972	103.75	HOJA 3163-23-2	W547	586690.5488	6565253.904	105.4
HOJA 3163-23-2	W516	589940.5471	6563932.842	103.75	HOJA 3163-23-2	W548	587658.4047	6564795.392	105.4
HOJA 3163-23-2	W517	588905.7914	6564872.973	103.75	HOJA 3163-23-2	W549	587714.2982	6564294.627	105.4
HOJA 3163-23-2	W507	594777.1171	6562015.166	102.50	HOJA 3163-23-2	W550	587452.7324	6563878.162	105.4
HOJA 3163-23-2	W508	594510.3864	6562068.071	102.50	HOJA 3163-23-2	W551	587495.6172	6563455.483	105.4
HOJA 3163-23-2	W509	594114.4485	6562025.582	102.50	HOJA 3163-23-2	W552	588339.8562	6562976.588	105.4
HOJA 3163-23-2	W510	594329.9375	6562378.187	102.50	HOJA 3163-23-2	W553	588683.7479	6562550.635	105.4
HOJA 3163-23-2	W511	594636.7485	6562681.709	102.50	HOJA 3163-23-2	W554	588996.7091	6562244.785	105.4
HOJA 3163-23-2	W512	594636.1329	6562906.298	102.50	HOJA 3163-23-2	W555	588967.0278	6561895.124	105.4
HOJA 3163-23-2	W513	594023.2211	6562838.506	102.50	HOJA 3163-23-2	W556	589654.3404	6561853.061	105.4
HOJA 3163-23-2	W514	594174.674	6563350.264	102.50	HOJA 3163-23-2	W557	590293.5538	6561523.77	105.4

VALORACIÓN DEL SECTOR A NIVEL MACROCUENCA

Código:

Municipio: Municipalidad de Freyre

Provincia: Córdoba

Proyecto: EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA DE LA CUENCA SUPERIOR OESTE DE LA LOCALIDAD DE FREYRE, TENDIENTE A LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE INUNDACIONES.

Fecha: diciembre 2018



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Rafaela

PLANIMETRIA (Dto San Justo)	DENOMINACIÓN PUNTO	COORDENADAS		
		X	Y	Z
HOJA 3163-23-2	W558	590555.172	6560986.656	105.40
HOJA 3163-23-2	W559	590417.145	6560137.888	105.40
HOJA 3163-23-2	W560	590581.093	6559637.285	105.40
HOJA 3163-23-2	W561	576708.523	6560494.296	106.25
HOJA 3163-23-2	W562	576771.565	6560178.553	106.25
HOJA 3163-23-2	W563	576820.311	6559824.095	106.25
HOJA 3163-23-2	W564	576953.326	6559414.359	106.25
HOJA 3163-23-2	W565	576722.937	6559131.476	106.25
HOJA 3163-23-2	W566	576196.610	6558751.240	106.25
HOJA 3163-23-2	W567	576167.385	6558219.283	106.25
HOJA 3163-23-2	W568	575892.110	6557859.797	106.25
HOJA 3163-23-2	W569	574967.540	6557749.443	106.25
HOJA 3163-23-2	W570	574402.4629	6557850.155	106.25
HOJA 3163-23-2	W571	573852.2412	6557504.759	106.25
HOJA 3163-23-2	W572	574048.6711	6557170.74	106.25
HOJA 3163-23-2	W573	573912.9861	6556933.174	106.25
HOJA 3163-23-2	W574	573624.7825	6557294.738	106.25
HOJA 3163-23-2	W575	573121.6151	6557435.582	106.25
HOJA 3163-23-2	W576	572649.9652	6557539.762	106.25
HOJA 3163-23-2	W577	572245.9025	6557357.189	106.25

PLANIMETRIA (Dto San Justo)	DENOMINACIÓN PUNTO	COORDENADAS		
		X	Y	Z

ANEXO IV

**REGISTRO PRECIPITACIONES – SERIE HISTÓRICA 1967-
2016**

REGISTRO PRECIPITACIONES (SERIE HISTÓRICA 1967-2016)

Código:

Municipio: Municipalidad de Freyre

Provincia: Córdoba

Subproyecto:

Fecha: Enero 2020


 Universidad Tecnológica Nacional
 Facultad Regional Rafaela

UTN FRR

 EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA DE LA CUENCA SUPERIOR OESTE DE LA LOCALIDAD DE FREYRE, TENDIENTE A LA
 PREVENCIÓN Y CONTROL DE INUNDACIONES.

AÑO	PRECIPITACIONES MENSUALES											
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1967	68	37	98	26	5	20	28	80	78	122	107	10
1968	29	103	133	4	0	48	0	60	26	128	87	163
1969	48	198	26	21	4	24	6	0	27	41	129	189
1970	148	68	101	35	11	14	5	5	14	117	43	103
1971	278	104	103	59	66	0	25	12	45	15	42	186
1972	107	56	114	49	4	47	46	23	89	24	71	86
1973	149	452	205	228	0	130	27	13	13	84	48	131
1974	49	201	129	13	131	22	25	0	22	66	70	180
1975	243	106	337	165	65	42	0	55	83	18	73	32
1976	216	86	83	32	61	0	0	97	6	71	195	104
1977	147	204	200	59	7	13	12	20	21	147	136	409
1978	204	166	320	30	8	51	30	0	74	104	128	119
1979	66	196	87	84	0	87	4	5	39	74	131	136
1980	52	185	123	169	95	28	25	7	14	30	183	147
1981	309	224	58	312	45	0	24	0	0	69	152	241
1982	81	144	61	200	9	23	0	0	77	62	75	152
1983	127	235	112	70	55	0	21	42	32	137	87	79
1984	240	188	91	33	32	8	0	7	148	116	94	108
1985	69	70	96	178	3	13	105	21	64	117	63	146
1986	116	76	137	45	52	40	50	18	20	79	182	101
1987	180	143	254	25	129	0	18	16	3	28	109	144
1988	189	18	132	5	2	2	59	6	18	22	27	69
1989	57	91	192	82	38	89	0	42	10	42	104	162
1990	145	140	173	75	5	4	48	10	12	43	159	228
1991	158	39	90	44	155	71	14	32	35	67	68	375
1992	141	54	169	91	3	64	22	43	86	128	185	243

REGISTRO PRECIPITACIONES (SERIE HISTÓRICA 1967-2016)

Código:

Municipio: Municipalidad de Freyre

Provincia: Córdoba

Subproyecto:

Fecha: Enero 2020


 Universidad Tecnológica Nacional
 Facultad Regional Rafaela
UTN FRR
 EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA DE LA CUENCA SUPERIOR OESTE DE LA LOCALIDAD DE FREYRE, TENDIENTE A LA
 PREVENCIÓN Y CONTROL DE INUNDACIONES.

AÑO	PRECIPITACIONES MENSUALES											
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1993	71	43	105	77	37	4	5	6	15	173	198	102
1994	107	121	86	102	57	20	5	30	2	62	99	143
1995	97	133	159	45	23	7	1	0	24	107	242	30
1996	178	160	108	75	14	9	0	0	68	52	34	94
1997	156	53	21	13	50	15	25	32	30	92	63	218
1998	159	97	87	61	67	45	6	11	35	32	136	111
1999	145	73	185	148	15	31	2	6	21	81	81	122
2000	94	100	107	173	110	4	16	0	19	64	190	117
2001	234	44	310	71	5	25	0	76	95	150	115	93
2002	83	27	338	99	52	7	30	30	78	57	169	138
2003	71	241	114	145	19	4	16	46	1	56	75	108
2004	46	78	101	66	24	2	7	0	10	100	177	126
2005	131	123	302	69	7	11	10	40	5	92	131	71
2006	109	65	150	72	3	41	0	10	2	36	94	208
2007	55	119	386	39	20	8	6	7	63	36	27	115
2008	148	253	67	45	0	0	0	0	58	88	10	49
2009	36	105	176	22	8	16	21	0	52	46	86	228
2010	75	86	153	23	30	0	0	5	66	41	56	68
2011	228	215	62	78	7	43	4	14	7	153	185	3
2012	144	145	128	37	57	0	0	76	70	215	104	449
2013	70	125	19	62	30	16	0	8	11	136	326	223
2014	160	404	181	89	65	2	8	0	64	94	125	92
2015	143	331	135	61		2		148	22	47	111	70
2016	126	156	69	252	12	46	5	0	8	99	116	207

REGISTRO PRECIPITACIONES (SERIE HISTÓRICA 1967-2016)

Código:

Municipio: Municipalidad de Freyre

Provincia: Córdoba

Subproyecto:

Fecha: Enero 2020


 Universidad Tecnológica Nacional
 Facultad Regional Rafaela
UTN FRR
 EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA DE LA CUENCA SUPERIOR OESTE DE LA LOCALIDAD DE FREYRE, TENDIENTE A LA
 PREVENCIÓN Y CONTROL DE INUNDACIONES.

	AÑO	PRECIPITACIONES MENSUALES											
		ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
PREC. TOTALES		6482	6881	7173	4058	1697	1198	761	1159	1882	4060	5698	7228
PREC. MEDIAS		137.91	146.40	152.62	86.34	36.11	25.49	16.19	24.66	40.04	86.38	121.23	153.79
MÁXIMAS		309	253	386	312	155	130	105	97	148	215	326	375
MÍNIMAS		29	18	19	4	0	0	0	0	0	15	10	3

ANEXO V

**REGISTROS PROFUNDIDAD NIVEL FRÁTICO – SERIE
2005-2016**

VALORACIÓN DEL NIVEL FREÁTICO - MICROCUENCA

Sector: ESTE

Municipio: Municipalidad de Freyre

Provincia: Córdoba

Proyecto:

Fecha: diciembre 2016


 Universidad Tecnológica Nacional
 Facultad Regional Rafaela

POZO DE MONITOREO N°1

PROPIETARIO: BELTRAMO

	ALITURA NIVEL FREÁTICO												PROMEDIO ANUAL
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2005	7.60	6.74	6.80	6.86	6.70	6.66	6.70	6.80	6.80	6.60	7.00	6.80	6.84
2006	6.75	6.72	6.70	6.62	7.95	7.44	8.00	7.80	7.79	7.68	7.70	7.75	7.41
2007	7.70	7.60	7.00	6.10	6.40	6.26	6.30	6.10	6.21	6.15	6.10	6.20	6.51
2008	6.10	6.15	6.13	6.05	6.10	6.00	5.82	5.60	5.50	6.15	5.50	5.43	5.88
2009	5.68	5.92	6.00	6.15	6.00	5.95	6.00	6.12	6.10	6.05	6.05	6.00	6.00
2010	6.00	6.05	6.10	6.12	5.96	5.80	5.85	5.90	5.70	5.77	5.80	6.00	5.92
2011	6.00	5.85	5.90	5.92	6.10	6.37	6.40	6.55	6.00	5.60	6.00	6.30	6.08
2012	5.90	5.60	6.20	6.75	6.40	6.38	6.10	6.02	5.70	5.45	5.00	3.20	5.73
2013	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.40	3.40
2014	3.00	3.10	3.20	3.30	3.38	3.40	3.44	3.46	3.48	3.52	3.62	3.82	3.39
2015	3.98	3.94	3.00	2.32	2.35	2.38	2.48	2.25	2.10	2.15	2.20	2.28	2.62
2016	2.50	2.35	0.00	0.00	0.77	0.00	0.00	0.00	1.10	1.40	0.00	1.60	1.62

POZO DE MONITOREO N°2

PROPIETARIO: ROGGERO

	ALITURA NIVEL FREÁTICO												PROMEDIO ANUAL
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2005	6.2	6.5	6.48	6.5	6.55	6.56	6.5	6.7	6.75	6.72	6.97	6.95	6.62
2006	6.95	6.98	7.05	7.1	7.1	6.95	7.1	6.95	7.03	7.1	7.4	7.63	7.11
2007	7.4	7	6	5.53	5.4	5.17	5.25	5.32	5.25	5.35	5.4	5.42	5.71
2008	5.2	5.05	5.1	4.9	5.05	5	4.78	4.5	4.6	4.58	4.7	4.63	4.84
2009	4.93	5.3	5.02	4.96	5.1	5.45	5.58	5.75	5.79	5.85	5.86	5.87	5.46
2010	5.85	5.9	5.9	5.97	5.95	5.9	5.9	5.9	5.88	5.86	5.88	5.9	5.90
2011	5.9	5.96	5.9	5.86	5.9	6.1	6	5.98	6	6.2	5.9	5.83	5.96
2012	6	6.2	6.1	6	6	6	6	5.98	5.7	5.55	5	4.33	5.74
2013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.39	3.92
2014	2	2	2	1.95	1.9	2	2.06	2.08	2.15	2.33	2.3	2.45	2.10
2015	2.5	2.48	1.5	0.92	1	1.15	1.33	1.2	1.03	1.1	1.25	1.4	1.41
2016	1.7	0.97	0	0	0.4	0	0	0	0.8	0.74	0.9	0.9	0.92

POZO DE MONITOREO N°3

PROPIETARIO: MALETTO

	ALITURA NIVEL FREÁTICO												PROMEDIO ANUAL
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2005	7.8	8.35	8.3	8.33	8.2	8.2	8.3	8.05	8.25	8.38	8.6	8.35	8.26
2006	8.4	8.42	8.6	8.61	8.58	8.52	8.5	8.65	8.6	8.63	9.15	8.76	8.62
2007	8.7	8.6	8	7	6.8	6.51	6.57	6.62	6.75	6.46	6.43	6.58	7.09
2008	6.55	6.6	6.58	6.55	6.68	6.6	6.35	6.2	6.32	6.46	6.53	6.44	6.49
2009	6.55	6.78	6.85	6.91	7	7.07	7.15	7.32	7.3	7.12	7.15	7.29	7.04
2010	7.15	7.13	7.06	6.62	6.06	6.5	6.55	6.65	6.7	6.78	6.8	6.85	6.74
2011	6.9	6.96	6.95	6.95	6.98	7	7.15	7.33	7.1	6.9	6.7	6.6	6.96
2012	6.7	6.9	7.1	7.43	7.2	7.16	7	6.88	6.7	6.65	5	3.83	6.55
2013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.64	4.88
2014	2.95	2.9	3	3	3.1	3.3	3.35	3.36	3.38	3.44	3.24	3.45	3.21
2015	3.78	4.1	2.5	1.95	2	2.13	2.3	2.15	2.08	2	1.85	1.76	2.38
2016	1.98	2.27	0	0	0.65	0	0	0	1.3	1.82	0	1.6	1.60

VALORACIÓN DEL NIVEL FREÁTICO - MICROCUENCA

Sector: ESTE

Municipio: Municipalidad de Freyre

Provincia: Córdoba

Proyecto:

Fecha: diciembre 2016


 Universidad Tecnológica Nacional
 Facultad Regional Rafaela

POZO DE MONITOREO N°4

PROPIETARIO: BONELLI

	ALITURA NIVEL FREÁTICO												PROMEDIO ANUAL
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2005	8.95	9.15	9.22	9.44	9.2	9.25	9.4	9.25	9.35	9.21	9.7	9.43	9.30
2006	9.5	9.53	9.85	9.8	9.8	9.88	9.85	9.95	9.96	10	10	9.85	9.83
2007	9.9	10	9	8.05	7.6	7.8	7.4	7.19	7.4	7.1	7.3	7.38	8.01
2008	7.4	7.55	7.46	7.45	7.73	7.8	7.51	7.25	7.32	7.25	7.5	7.75	7.50
2009	7.78	7.85	8	8.05	8.1	8.2	8.25	8.31	8.43	8.6	8.65	8.67	8.24
2010	8.3	8.12	8.1	8.28	8.07	7.85	8	8.22	8.5	8.9	8.5	8.31	8.26
2011	8.5	8.8	8.6	8.47	8.46	8.45	8.3	8.2	8.2	8.15	8.4	8.68	8.43
2012	8.4	8.15	8.15	8.2	8.3	8.45	8.5	8.7	8.5	8.35	7	6.37	8.09
2013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.83	6.31
2014	4	4	4.1	4.2	4.4	4.42	4.45	4.5	4.7	5.1	5.35	5.3	4.54
2015	5.7	4.92	4	3.15	3.4	3.6	2.95	2.95	2.95	3	3.25	3.5	3.61
2016	3.48	3.5	0	0	1.85	0	0	0	1.9	2.4	0	2.6	2.63

POZO DE MONITOREO N°5

PROPIETARIO: CASALE

	ALITURA NIVEL FREÁTICO												PROMEDIO ANUAL
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2005	6.55	6.61	6.65	6.69	6.45	6.43	6.45	6.55	6.7	6.35	6.85	6.69	6.58
2006	6.7	6.75	6.78	6.5	6.3	5.9	6	6	6	6.05	6.7	6.67	6.36
2007	6.23	6.15	5	3.15	3.6	3.8	3.95	3.96	3.98	3.85	4.07	4.11	4.32
2008	3.9	2.85	3.1	3.35	3.46	3.65	3.73	3.95	4.2	4.4	3.8	4.77	3.76
2009	4.95	5.35	5.3	5.25	5.3	5.37	5.45	5.52	5.55	6	6.05	6.07	5.51
2010	6.1	6.1	6.15	6	6.85	6.85	6.6	6.55	6.4	6.27	6.25	6.2	6.36
2011	5.5	5.2	5.1	5	5	5	5.1	5.15	5	4.93	4.8	4.7	5.04
2012	4.8	4.93	5	5.15	5.2	5.25	5.3	5.4	5	4.82	4	3.15	4.83
2013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.16	3.05
2014	1.15	1.2	1.25	1.25	1.3	1.3	1.5	1.18	1.58	1.5	0.94	1.18	1.28
2015	1.8	1.74	1.5	1.3	1.4	1.47	1.84	1.4	1.29	1.5	1.65	1.71	1.55
2016	1.56	0.78	0	0	1.25	0	0	0	1.56	1.35	0	1.3	1.30

POZO DE MONITOREO N°6

PROPIETARIO: MANRIQUE

	ALITURA NIVEL FREÁTICO												PROMEDIO ANUAL
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2005	8.5	8.8	8.9	8.9	8.45	8.1	8.3	8.55	8.5	8.47	8.45	8.64	8.55
2006	8.65	8.7	8.7	8.45	8.2	8.2	8.05	8.54	8.5	8.45	8.3	8.4	8.43
2007	8.3	8.35	8	7.5	6.9	6.85	6.75	6.85	6.9	6.7	6.93	6.9	7.24
2008	7	7.15	7.08	7.05	7.05	7.08	7.1	7.1	7.15	7.89	7.54	8.02	7.27
2009	8	7.9	7.84	7.78	7.5	7.5	7.61	7.74	7.8	7.93	8	8.1	7.81
2010	8.1	8.1	8.1	8.95	8.27	7.6	7.8	8	8.2	8.25	8.2	8.16	8.14
2011	8	7.83	7.3	6.9	7.1	7.23	6.8	6.66	7	7.13	7.6	8.15	7.31
2012	8.2	8.23	8	7.86	8	8.2	8.4	8.53	8.3	8.05	7.5	6.95	8.02
2013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.47	6.86
2014	4.95	4.98	5.8	5.81	5.8	5.82	5.83	5.85	5.87	5.82	5.88	6	5.70
2015	6.02	6.09	5.6	5.32	5.3	5.28	5.38	5.25	5.17	5.2	5.3	5.42	5.44
2016	5.51	5.35	0	0	4.1	0	0	0	3.87	4.14	0	4.6	4.59

VALORACIÓN DEL NIVEL FREÁTICO - MICROCUENCA

Sector: OESTE

Municipio: Municipalidad de Freyre

Provincia: Córdoba

Proyecto:

Fecha: diciembre 2016


 Universidad Tecnológica Nacional
 Facultad Regional Rafaela

POZO DE MONITOREO N°7

PROPIETARIO: BOVERO

	ALTURA NIVEL FREÁTICO												PROMEDIO ANUAL
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2005	7	7.8	7.73	7.68	7.3	7.65	7.3	7.15	7.3	7.3	7.35	7.59	7.43
2006	7.53	7.5	7.7	7.65	7.35	7.15	7.3	7.65	7.7	7.7	7.77	7.75	7.56
2007	7.5	7.45	7.2	7	6.9	7.15	6.9	7.1	7	6.5	6.3	6.65	6.97
2008	6.05	5.95	6	5.8	6.02	5.95	5.89	5.8	5.82	5.73	5.87	6.13	5.92
2009	6.15	6.2	6.33	6.55	6.37	6.25	6.39	6.73	6.7	6.62	6.68	6.72	6.47
2010	6.45	6.35	6.25	6.73	6.26	5.8	6.3	6.73	6.7	6.68	6.55	6.5	6.44
2011	6.5	6.55	6.35	6.22	6.3	6.42	6.5	6.72	6.4	6.32	6.1	5.9	6.36
2012	6.1	6.32	6.5	6.87	6.8	6.7	6.6	6.54	6.5	6.3	6	5.98	6.43
2013	0	0	0	0	0	0	0	4.88	0	0	0	4.64	4.98
2014	5.2	4.5	4	3.85	3.6	3.2	3	2.8	2.87	2.98	3.11	3.3	3.53
2015	3.4	3.45	2.5	1.96	2	2.08	2.2	1.85	1.62	1.75	1.95	2.09	2.24
2016	2.53	1.35	0	0	0.78	0	0	0	1.03	0.98	0	1	1.28

POZO DE MONITOREO N°8

PROPIETARIO: BELTRAMINO A.

	ALTURA NIVEL FREÁTICO												PROMEDIO ANUAL
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2005	4.6	4.2	4.25	4.34	4.4	4.6	4.25	4.2	4.25	4.2	4.28	4.55	4.34
2006	5	5.6	5.37	5.31	5.25	5.18	5.22	5.3	5.31	5.35	6.04	6	5.41
2007	6	5.85	5.4	5	4.1	4.05	4.35	4.25	4.1	4.1	4.5	4.3	4.67
2008	2.23	4.2	4.03	3.9	4.1	4.1	3.94	3.85	4	4.05	4.13	4.35	3.91
2009	4.03	3.69	4	4.35	4.1	3.9	4.03	4.12	4.1	4.05	4.1	4.12	4.05
2010	4	3.65	3.5	3.65	3.6	3.55	3.6	3.7	3.8	3.95	3.9	3.83	3.73
2011	3.8	3.8	4	4	4.2	4.4	4.3	4.23	4.4	4.5	4.3	4.1	4.17
2012	4.3	4.5	4.6	4.75	4.7	4.62	4.6	4.55	4.3	4.15	3.7	3.4	4.35
2013	0	0	0	0	0	0	0	4.25	0	0	0	2.4	3.04
2014	3	2.85	2.65	2.4	1.5	1.35	1.15	0.86	1.1	1.25	1.27	1.38	1.73
2015	1.6	1.66	1.35	0.96	1	1.15	1.35	1.1	0.94	0.94	0.95	0.98	1.17
2016	1	1	0	0	0	0	0	0	0.8	1.09	0	1.15	1.00

POZO DE MONITOREO N°9

PROPIETARIO: BELTRAMINO J.

	ALTURA NIVEL FREÁTICO												PROMEDIO ANUAL
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2005	7.85	7.85	7.9	8.91	8.95	8.65	8.5	8.55	8.65	8.35	8.4	8.65	8.43
2006	8.73	8.93	9.1	9.1	9.15	8.55	8.87	8.77	8.8	8.85	9.25	8.95	8.92
2007	9	9.15	9.15	9.15	9.05	9	8.85	8.68	8.65	8.75	8.7	8.58	8.89
2008	8.55	8.5	8.52	8.37	8.53	8.5	8.37	8.2	8.3	8.15	8.25	8.3	8.38
2009	8.35	8.38	8.5	8.75	8.68	8.63	8.7	8.78	8.75	8.6	8.7	8.8	8.64
2010	8.85	9	9.18	9.05	8.95	8.85	8.8	8.78	8.8	9.01	8.8	8.8	8.91
2011	8.6	8.38	8.2	8.14	8.2	8.35	8.4	8.5	8.4	8.45	8.8	9.15	8.46
2012	8.8	8.45	8.5	8.6	8.6	8.7	8.7	8.77	8.5	8.2	8	7.85	8.47
2013	0	0	0	0	0	0	0	7.7	0	0	0	7.02	7.45
2014	7.4	7.25	7.15	6.85	6.4	6.25	6.1	6.05	6.09	6	6.08	6.19	6.48
2015	6.29	6.42	6.2	6	6	5.92	5.95	5.9	5.85	5.85	5.88	5.95	6.02
2016	5.94	6.1	0	0	5.3	0	0	0	5.15	5.2	0	5.5	5.50

VALORACIÓN DEL NIVEL FREÁTICO - MICROCUENCA

Sector: OESTE
 Municipio: Municipalidad de Freyre
 Provincia: Córdoba
 Proyecto:
 Fecha: diciembre 2016



Universidad Tecnológica Nacional
 Facultad Regional Rafaela

POZO DE MONITOREO N°10

PROPIETARIO: MUSSO

	ALITURA NIVEL FREÁTICO												PROMEDIO ANUAL
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2005	8.5	8.2	8.49	9.15	8.7	8.65	8.7	8.8	8.68	8.6	8.6	8.8	8.66
2006	8.8	8.85	8.86	8.9	9	8.6	9.2	9.15	9.19	9.2	9.2	9.3	9.02
2007	9.3	9.2	9.3	9.35	9.2	9.05	9	8.92	8.9	8.85	8.82	8.93	9.07
2008	8.9	8.85	8.85	8.35	8.55	8.6	8.55	8.52	8.63	8.55	8.35	8.62	8.61
2009	8.35	8.1	8.35	8.72	8.7	8.7	8.75	8.9	8.88	8.87	8.8	8.78	8.66
2010	8.8	8.8	8.82	8.8	8.75	8.7	8.7	8.8	8.8	8.75	8.7	8.62	8.75
2011	8.6	8.65	8.5	8.4	8.5	8.6	8.55	8.45	8.7	9.07	9	8.95	8.66
2012	9	9.07	9	8.83	8.8	8.8	8.7	8.7	8.5	8.4	8.3	8.2	8.69
2013	0	0	0	0	0	0	0	8.55	0	0	0	7.05	7.67
2014	7.9	7.65	7.5	7.35	7.1	6.5	6.15	6	6.05	5.9	5.85	5.9	6.65
2015	5.87	6.04	5.8	5.7	5	5.64	5.7	5.7	5.54	5.65	5.7	5.82	5.68
2016	5.92	5.9	0	0	5.18	0	0	0	5.1	5.5	0	5.7	5.55

POZO DE MONITOREO N°11

PROPIETARIO: SERENO

	ALITURA NIVEL FREÁTICO												PROMEDIO ANUAL
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2005	8.7	8.5	8.62	9	8.9	9	9	9.1	9	8.95	9.2	9.1	8.92
2006	9.12	9.2	9.32	9.17	9.2	8.95	9.28	9.35	9.32	9.3	9.43	9.35	9.25
2007	9.2	9	9	8.97	8.4	8.2	8.15	8.05	8.15	8.03	8.18	8.25	8.47
2008	8.1	8.05	8	7.68	7.65	7.68	7.7	7.73	7.8	7.91	7.75	7.75	7.82
2009	7.75	7.8	7.87	7.96	8	8.1	8.18	8.3	8.35	8.45	8.45	8.48	8.14
2010	8.5	8.5	8.5	8.44	8.57	8.7	8.6	8.56	8.6	8.63	8.5	8.45	8.55
2011	8.5	8.55	8.3	8	8	7.9	7.9	7.9	7.95	7.98	7.9	7.85	8.06
2012	7.85	7.98	7.9	7.87	7.8	7.9	8	8.05	7.8	7.6	7.65	7.77	7.85
2013	0	0	0	0	0	0	0	8.1	0	0	0	6.3	7.07
2014	7.5	7.45	7.28	7.15	6.65	6.25	6.15	6	6.05	5.95	4	5	6.29
2015	5.82	6.14	5.9	5.78	5.85	6	6.1	6	6	6	6.07	6.07	5.98
2016	6.2	6	0	0	5.45	0	0	0	5.2	5.25	0	5.4	5.58

POZO DE MONITOREO N°12

PROPIETARIO: ARNODO

	ALITURA NIVEL FREÁTICO												PROMEDIO ANUAL
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2005	7.7	7.75	7.75	7.74	7.75	7.8	7.8	8	7.85	7.96	8.15	7.95	7.85
2006	7.95	8	8.2	8.2	8.2	7.98	8.36	8.1	8.25	8.4	8.5	8.52	8.22
2007	8.25	8.1	7.6	7.35	6.8	6.88	6.8	6.7	6.92	6.75	6.97	7	7.18
2008	6.88	6.9	6.85	6.52	6.65	6.06	6.43	6.3	6.52	6.45	6.55	6.84	6.58
2009	6.85	6.95	7.05	7.2	7.2	7.15	7.15	7.2	7.3	7.52	7.45	7.42	7.20
2010	7.45	7.47	7.52	7.67	7.48	7.3	7.5	7.71	7.7	7.74	7.6	7.45	7.55
2011	7.3	7.05	7.05	7.13	7.15	7.15	7.2	7.45	7	6.85	6.9	7.2	7.12
2012	7	6.85	6.9	7.2	7.3	7.37	7.4	7.53	7.2	7.15	4	3.3	6.60
2013	0	0	0	0	0	0	0	5.9	0	0	0	3.1	4.80
2014	3	3.15	3.2	3.12	3.1	2.9	3	3.2	3.23	3.17	3	3.03	3.09
2015	3.25	3.4	2.5	1.98	2	2.07	2.15	2	1.68	1.68	1.65	1.65	2.17
2016	1.7	1.66	0	0	0	0	0	0	0.8	0.73	0	0.7	1.10

ANEXO VI

RELEVAMIENTO RESERVORIO DE AGUAS PLUVIALES

NIVELACIÓN SECTOR RESERVORIO

Código:

Municipio: Municipalidad de Freyre

Provincia: Córdoba

Subproyecto:

Fecha: Enero 2020



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Rafaela

UTN FRR EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA DE LA CUENCA SUPERIOR OESTE DE LA LOCALIDAD DE FREYRE, TENDIENTE A LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE INUNDACIONES.

ESTACIÓN "A"					ESTACIÓN "B"						
PUNTO VISADO	LECTURA		PLANO VISUAL	COTA (m)	OBSERVACIONES	PUNTO VISADO	LECTURA		PLANO VISUAL (m)	COTA (m)	OBSERVACIONES
	ATRÁS	ADELANTE					ATRÁS	ADELANTE			
PF-87	2.000		108.54	106.54	Punto Fijo	PF-87	2.0		108.5	106.5	Punto Fijo
P1	3.155		108.54	105.39	Fondo canal	PF-RIEL1		2.6	108.5	106.0	Punto fijo
P2	2.390		108.54	106.15		PF-RIEL1	2.6		108.5		Plano visual 2
P3	1.890		108.54	106.65		P21		3.1	108.5	105.4	Fondo canal
P4	1.400		108.54	107.14	Eje Vía	P22		2.2	108.5	106.4	Terreno natural
P5	1.855		108.54	106.69		P23		1.6	108.5	106.9	Terreno natural
P6	2.580		108.54	105.96		P24		1.4	108.5	107.1	Eje Vía
P7	3.665		108.54	104.88	Fondo Laguna	P25		1.6	108.5	106.9	Terreno natural
P8	2.405	✓	108.54	106.14		P26		2.6	108.5	106.0	Terreno natural
P9	2.170		108.54	106.37		P27		3.7	108.5	104.9	Fondo Laguna
P10	1.240		108.54	107.30		P28		2.9	108.5	105.6	Terreno natural
P11	3.230	✓	108.54	105.31	Fondo canal	P29		2.1	108.5	106.4	Terreno natural
P12	2.365		108.54	106.18		P30		1.2	108.5	107.3	Terreno natural
P13	1.920	✓	108.54	106.62		P31		3.3	108.5	105.2	Fondo canal
P14	1.460		108.54	107.08	Eje Vía	P32		2.3	108.5	106.2	Terreno natural
P15	2.065	✓	108.54	106.48		P33		1.8	108.5	106.7	Terreno natural
P16	2.650		108.54	105.89		P34		1.4	108.5	107.2	Eje Vía
P17	3.745	✓	108.54	104.80	Fondo Laguna	P35		2.1	108.5	106.4	Terreno natural
P18	2.600		108.54	105.94		P36		2.2	108.5	106.3	Terreno natural
P19	1.950	✓	108.54	106.59		P37		3.7	108.5	104.8	Fondo Laguna
P20	1.240		108.54	107.30		P38		2.4	108.5	106.1	Terreno natural
						P39		1.6	108.5	106.9	Terreno natural
						P40		1.2	108.5	107.3	Terreno natural

NIVELACIÓN SECTOR RESERVORIO

Código:

Municipio: Municipalidad de Freyre

Provincia: Córdoba

Subproyecto:

Fecha: Enero 2020



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Rafaela

UTN FRR EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA DE LA CUENCA SUPERIOR OESTE DE LA LOCALIDAD DE FREYRE, TENDIENTE A LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE INUNDACIONES.

ESTACIÓN "C"						ESTACIÓN "D"					
PUNTO VISADO	LECTURA		PLANO VISUAL	COTA (m)	OBSERVACIONES	PUNTO VISADO	LECTURA		PLANO VISUAL (m)	COTA (m)	OBSERVACIONES
	ATRÁS	ADELANTE					ATRÁS	ADELANTE			
PF-RIEL1	2.6		108.5	106.0	Plano visual 2	PF-RIEL2			108.6	107.2	Plano visual 3
PF-RIEL2		1.4	108.5	107.2	Punto Fijo	PF-RIEL3		1.4	108.6	107.2	Punto Fijo
PF-RIEL2	1.5		108.6		Plano visual 3	PF-RIEL3	1.4		108.6		Plano visual 4
P41		3.3	108.6	105.4	Fondo canal	P61		3.2	108.6	105.4	Fondo canal
P42		2.3	108.6	106.3	Terreno natural	P62		2.4	108.6	106.3	Terreno natural
P43		2.0	108.6	106.7	Terreno natural	P63		1.8	108.6	106.8	Terreno natural
P44		1.4	108.6	107.2	Eje Vía	P64		1.4	108.6	107.2	Eje Vía
P45		1.9	108.6	106.7	Terreno natural	P65		1.9	108.6	106.8	Terreno natural
P46		2.5	108.6	106.2	Terreno natural	P66		2.2	108.6	106.5	Terreno natural
P47		3.9	108.6	104.7	Fondo Laguna	P67		2.1	108.6	106.5	Fondo Laguna
P48		2.8	108.6	105.8	Terreno natural	P68		2.2	108.6	106.5	Terreno natural
P49		2.2	108.6	106.5	Terreno natural	P69		1.9	108.6	106.8	Terreno natural
P50		1.3	108.6	107.3	Terreno natural	P70		1.3	108.6	107.3	Terreno natural
P51		3.2	108.6	105.5	Fondo canal	P71					
P52		2.4	108.6	106.2	Terreno natural	P72					
P53		2.0	108.6	106.6	Terreno natural	P73					
P54		1.4	108.6	107.2	Eje Vía	P74					
P55		2.1	108.6	106.6	Terreno natural	P75					
P56		2.3	108.6	106.4	Terreno natural	P76					
P57		2.7	108.6	106.0	Fondo Laguna	P77					
P58		2.5	108.6	106.1	Terreno natural	P78					
P59		2.3	108.6	106.3	Terreno natural	P79					
P60		1.3	108.6	107.3	Terreno natural	P80					
						P81					

ANEXO VII

**PLANILLAS DESPIECE ARMADURA COLECTOR
SECUNDARIO – SEGÚN PROYECTO**

OBRA TIPO: Canalización marco cerrado

DATOS:

Ancho = 210 [cm]
 Largo = 7200 [cm]
 Altura = 170 [cm]
 Espesor losa superior = 20 [cm]
 Espesor losa inferior = 20 [cm]
 Espesor tabiques = 15 [cm]



Universidad Tecnológica Nacional
 Facultad Regional Rafaela

PLANILLA DE DOBLADO

Nº	DESCRIPCIÓN	SEP. [m]	φ [mm]	LONG. [cm]	CANT. [un]	φ 6 [m]	φ 10 [m]	φ 12 [m]
1		0.30	12	415.00	830.00			830.00
2		0.15	6	6.00	60.00	60.00		
3		0.30	12.00	200.00	400.00			400.00
4		0.30	12.00	262.00	524.00			524.00
5		0.30	12.00	347.00	694.00			694.00
6		0.20	6.00	1200.00	2356	2356		
8		0.30	12.00	256.00	512.00			512.00
9		0.30	12.00	270.00	540.00			540.00
10		0.20	6.00	1200.00	1375	1375		
11		0.30	12.00	215.00	430.00			430.00
CANTIDAD DE BARRAS DE 12 [M] TOTALES						3790.91	0.00	3930.00

ANEXO VIII

**COMPUTO Y PRESUPUESTO - ANÁLISIS COSTOS
UNITARIOS**

**COSTO-COSTO - COSTO DIRECTO + IMPUESTOS
POR ITEM Y POR RUBRO**

Municipio: Municipalidad de Freyre
Provincia: Córdoba
Subproyecto
Fecha: Enero 2020

DENOMINACIÓN DEL ÍTEM	PRELIMINARES	UNIDAD
ÍTEM	Limpieza del terreno	

EQUIPOS			
Cantidad	Demominaión	HP	Precio
1	Motoniveladora CAT 140H	140	\$ 9,135,000.00
1	Pala Mecánica CAT 938	150	\$ 5,355,000.00
1	Camión Volcador Iveco trakker 420	95	\$ 5,985,000.00
		385	\$ 20,475,000.0

AMORTIZACIÓN E INTERESES				
Amortización = Total equipo/10000 hs	<u>Amotización</u>	(A)	2047.50	\$/h
Intereses= ((VE) + (Valor residual) / 2 / (horas trabajadas anuales)) x interes/año	<u>Intereses</u>	(B)	1046.09	\$/h
Valor residual = 0.3 (VE)				
REPARACIONES Y REPUESTOS				
Reparación y repuesto = % Amortización (A)	<u>Rep y Rep</u>	(C)	1535.63	\$/h
COMBUSTIBLE Y LUBRICANTES				
Gas Oil=.....(Lts/HPxhs) x.....Total HP X \$/Lts	<u>Combustible</u>	(D)	3028.41	\$/h
Lubricantes = 50% Combustible (D)	<u>Lubricante</u>	(E)	1514.21	\$/h
	Costo horario		9171.83	\$/h

MANO DE OBRA				
Denominación	Cantidad	Horas	Precio Unitario	Costo M O
Of Especializado	1	8	\$ 544.86	\$ 4,358.87
Oficiales				\$ -
Ayudantes	1	16	\$ 392.97	\$ 6,287.54
		Σ		\$ 10,646.41
		Vigilancia= 10% costo Mano de Obra		\$ 1,064.64
		Costo Total Mano de Obra		\$ 11,711.05
			Mano de Obra	(F) align="right">\$ 11,711.05 \$/h

(EQUIPO + MANO DE OBRA)	COSTO HORARIO	(G)	\$ 20,882.88	\$/h
-------------------------	---------------	-------	-----	--------------	------

MATERIALES				
Materiales	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total

			(H)	\$ -	\$/Unidad
	COSTO DIRECTO ÍTEM (G+H)	.....	(CD)	\$ 20,882.88	\$/Unidad

(1) TOTAL DEL COSTO		\$ 20,882.88
Gastos Generales		
% de (1)	5.0%	
SUBTOTAL (2)		\$ 1,044.14 \$/Unidad
Beneficios		
% de (1)+(2)	12.0%	
SUBTOTAL (3)		\$ 2,631.24 \$/Unidad
Gastos Financieros		
% de (1)+(2)	5.0%	
SUBTOTAL (4)		\$ 1,096.35 \$/Unidad
(4) TOTAL COSTO DIRECTO = (costo-costo + subtotales: 2 + 3)		\$ 23,023.38
IMPUESTOS		
IVA		
% de (4)	21.0%	
Ingresos brutos		\$ 4,834.91
% de (4)	3.5%	
	(5) TOTAL IMPUESTOS	\$ 805.82 \$/Unidad
(6) TOTAL COSTO DIRECTO + IMPUESTOS		\$ 28,664.11 \$/Unidad

**COSTO-COSTO - COSTO DIRECTO + IMPUESTOS
POR ITEM Y POR RUBRO**

Municipio: Municipalidad de Freyre
Provincia: Córdoba
Subproyecto
Fecha: Enero 2020

DENOMINACIÓN DEL ÍTEM	PRELIMINARES	UNIDAD
ÍTEM	Señalización informativa y preventiva del sitio de trabajo	

Cantidad	Demominaión	HP	Precio
1	Camión Volcador Iveco trakker 420	95	\$ 5,985,000.00
		95	\$ 5,985,000.0

AMORTIZACIÓN E INTERESES

Amortización = Total equipo/10000 hs

Intereses = ((VE) + (Valor residual) / 2 / (horas trabajadas anuales)) x interes/año

Valor residual = 0.3 (VE)

Amortización (A) \$/h

Intereses (B) \$/h

REPARACIONES Y REPUESTOS

Reparación y repuesto = % Amortización (A)

Rep y Rep (C) \$/h

COMBUSTIBLE Y LUBRICANTES

Gas Oil =(Lts/HPxhs) XTotal HP X \$/Lts

Lubricantes = 50% Combustible (D)

Combustible (D) \$/h

Lubricante (E) \$/h

Costo horario \$/h

MANO DE OBRA

Denominación	Cantidad	Horas	Precio Unitario	Costo M O
Of Especializado				
Oficiales				
Ayudantes	1	32	\$ 392.97	\$ 12,575.08
		Σ		\$ 12,575.08
		Vigilancia= 10% costo Mano de Obra		\$ 1,257.51
		Costo Total Mano de Obra		\$ 13,832.59

Mano de Obra (F) \$/h

(EQUIPO + MANO DE OBRA) COSTO HORARIO (G) \$/h

MATERIALES

Materiales	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Malla de protección securizada	gl	16	\$ 1,500.00	\$ 24,000.00
Cartelería de desvío circulación vial	gl	5	\$ 500.00	\$ 2,500.00
Tirante de madera 3"x3"x 3 mts	gl	5	\$ 450.00	\$ 2,250.00
Vayas de señalización con cartelería preventiva	gl	4	\$ 1,500.00	\$ 6,000.00

(H) \$/Unidad

COSTO DIRECTO ÍTEM (G+H) (CD) \$/Unidad

(1) TOTAL DEL COSTO

Gastos Generales

% de (1) 5.0%

SUBTOTAL (2) \$/Unidad

Beneficios

% de (1)+(2) 12.0%

Gastos Financieros

% de (1)+(2) 5.0%

SUBTOTAL (3) \$/Unidad

(4) TOTAL COSTO DIRECTO = (costo-costo + subtotaes: 2 + 3)

IMPUESTOS

IVA

% de (4) 21.0%

Ingresos brutos

% de (4) 3.5%

(5) TOTAL IMPUESTOS \$/Unidad

(6) TOTAL COSTO DIRECTO + IMPUESTOS

\$/Unidad

**COSTO-COSTO - COSTO DIRECTO + IMPUESTOS
POR ITEM Y POR RUBRO**

Municipio: Municipalidad de Freyre
Provincia: Córdoba
Subproyecto
Fecha: Enero 2020

DENOMINACIÓN DEL ITEM	ADECUACIÓN DE SECCIÓN HIDRAULICA CANAL PRINCIPAL	UNIDAD
ITEM	Adecuación de sección hidráulica de canales en tierra. Incluye excavación material común y rectificación de taludes.	

EQUIPOS			
Cantidad	Demominación	HP	Precio
1	Retroexcavadora CAT 446	150	\$ 6,930,000.00
		150	\$ 6,930,000.0

AMORTIZACIÓN E INTERESES			
Amortización = Total equipo/10000 hs	Amortización	(A)	\$ 693.00 \$/h
Intereses= ((VE / 2) / (horas trabajadas anuales)) x interes/año	Intereses	(B)	\$ 343.75 \$/h

REPARACIONES Y REPUESTOS			
Reparación y repuesto = % Amortización (A)	Rep y Rep	(C)	\$ 519.75 \$/h

COMBUSTIBLE Y LUBRICANTES			
Gas Oil=.....(Lts/HPxhs) x.....Total HP X \$/Lts	Combustible	(D)	\$ 1,179.90 \$/h
Lubricantes = 50% Combustible (D)	Lubricante	(E)	\$ 589.95 \$/h

Rendimiento	1240.00	m3/día	Costo horario	\$ 3,326.35 \$/h
			Costo m3	\$ 21.46 \$/m3

MANO DE OBRA				
Denominación	Cantidad (h/m3)	Horas	Precio Unitario	Costo M O (\$/m3)
Of Especializado	0.21	1	\$ 544.86	\$ 114.42
Oficiales				\$ -
Ayudantes	0.11	1	\$ 392.97	\$ 43.23
		Σ		\$ 157.65
			Vigilancia= 10% costo Mano de Obra	
			Costo Total Mano de Obra	\$ 157.65

	Mano de Obra	(F)	\$ 157.65 \$/m3
--	--------------	-----	-----------------

(EQUIPO + MANO DE OBRA)	COSTO POR UNIDAD		(G)	\$ 179.11 \$/m3
-------------------------	------------------	--	-----	-----------------

MATERIALES				
Materiales	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total

		(H)	\$ - \$/Unidad
	COSTO DIRECTO ITEM (G+H)	(CD)	\$ 179.11 \$/Unidad

(1) TOTAL DEL COSTO		\$ 179.11
Gastos Generales		
% de (1)	5.0%	
SUBTOTAL (2)		\$ 8.96 \$/Unidad
Beneficios		
% de (1)+(2)	12.0%	
SUBTOTAL (3)		\$ 22.57 \$/Unidad
Gastos Financieros		
% de (1)+(2)	5.0%	
SUBTOTAL (4)		\$ 9.40 \$/Unidad
(4) TOTAL COSTO DIRECTO = (costo-costo + subtotales: 2 + 3)		\$ 197.47
IMPUESTOS		
IVA		
% de (4)	21.0%	
Ingresos brutos		\$ 41.47
% de (4)	3.5%	
(5) TOTAL IMPUESTOS		\$ 6.91
(6) TOTAL COSTO DIRECTO + IMPUESTOS		\$ 48.38 \$/Unidad
		\$ 245.85 \$/Unidad

**COSTO-COSTO - COSTO DIRECTO + IMPUESTOS
POR ITEM Y POR RUBRO**

Municipio: Municipalidad de Freyre
Provincia: Córdoba
Subproyecto
Fecha: Enero 2020

DENOMINACIÓN DEL ÍTEM	ADECUACIÓN DE SECCIÓN HIDRAULICA CANAL SECUNDARIO	UNIDAD
ÍTEM	Adecuación de sección hidráulica de canales en tierra. Incluye excavación material común y rectificación de taludes.	

EQUIPOS			
Cantidad	Denominación	HP	Precio
1	Retroexcavadora CAT 446	150	\$ 6,930,000.00
		150	\$ 6,930,000.0

AMORTIZACIÓN E INTERESES				
Amortización = Total equipo/10000 hs		Amortización	(A)	\$ 693.00 \$/h
Intereses = ((VE / 2) / (horas trabajadas anuales)) x interes/año		Intereses	(B)	\$ 343.75 \$/h
REPARACIONES Y REPUESTOS				
Reparación y repuesto = % Amortización (A)		Rep y Rep	(C)	\$ 519.75 \$/h
COMBUSTIBLE Y LUBRICANTES				
Gas Oil =(Lts/HPxhs) x .....Total HP X \$/Lts		Combustible	(D)	\$ 1,179.90 \$/h
Lubricantes = 50% Combustible (D)		Lubricante	(E)	\$ 589.95 \$/h
Rendimiento <input type="text" value="1240.00"/> m ³ /día		Costo horario		\$ 3,326.35 \$/h
		Costo m³		\$ 21.46 \$/m ³

MANO DE OBRA				
Denominación	Cantidad (h/m ³)	Horas	Precio Unitario	Costo M O (\$/m ³)
Of Especializado	0.21	1	\$ 544.86	\$ 114.42
Oficiales				\$ -
Ayudantes	0.11	1	\$ 392.97	\$ 43.23
		Σ		\$ 157.65
		Vigilancia= 10% costo Mano de Obra		\$ 15.765
		Costo Total Mano de Obra		\$ 173.415
			Mano de Obra	(F) align="right">\$ 157.65 \$/m ³

(EQUIPO + MANO DE OBRA)	COSTO POR UNIDAD		(G)	\$ 179.11 \$/m ³
-------------------------	------------------	--	-----	-----------------------------

MATERIALES				
Materiales	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
				(H) \$ - \$/Unidad
				COSTO DIRECTO ÍTEM (G+H) (CD) \$ 179.11 \$/Unidad

(1) TOTAL DEL COSTO		\$ 179.11
Gastos Generales		
% de (1)	5.0%	
SUBTOTAL (2)		\$ 8.96 \$/Unidad
Beneficios		
% de (1)+(2)	12.0%	
SUBTOTAL (3)		\$ 22.57 \$/Unidad
Gastos Financieros		
% de (1)+(2)	5.0%	
SUBTOTAL (3)		\$ 9.40 \$/Unidad
(4) TOTAL COSTO DIRECTO = (costo-costo + subtotaes: 2 + 3)		\$ 197.47
IMPUESTOS		
IVA		
% de (4)	21.0%	\$ 41.47
Ingresos brutos		
% de (4)	3.5%	\$ 6.91
(5) TOTAL IMPUESTOS		\$ 48.38 \$/Unidad
(6) TOTAL COSTO DIRECTO + IMPUESTOS		\$ 245.85 \$/Unidad

**COSTO-COSTO - COSTO DIRECTO + IMPUESTOS
POR ITEM Y POR RUBRO**

Municipio: Municipalidad de Freyre
Provincia: Córdoba
Subproyecto
Fecha: Enero 2020

DENOMINACIÓN DEL ITEM	ADECUACIÓN DE SECCIÓN HIDRAULICA CANAL SECUNDARIO	UNIDAD
ITEM	Prov. y coloc. Piedra granítica	

EQUIPOS			
Cantidad	Demominaión	HP	Precio
1	Pala Mecánica CAT 938	150	\$ 5,355,000.00
1	Camión Volcador Iveco trakkker 420	95	\$ 5,985,000.00
		245	\$ 11,340,000.0

AMORTIZACIÓN E INTERESES

Amortización = Total equipo/10000 hs

Intereses= ((VE / 2) / (horas trabajadas anuales)) x interes/año

Amotización	(A)	\$ 1,134.00	\$/h
Intereses	(B)	\$ 562.50	\$/h

REPARACIONES Y REPUESTOS

Reparación y repuesto = % Amortización (A)

Rep y Rep	(C)	\$ 850.50	\$/h
------------------	-----	-----------	------

COMBUSTIBLE Y LUBRICANTES

Gas Oil=.....(Lts/HPxhs) x.....Total HP X \$/Lts

Lubricantes = 50% Combustible (D)

Combustible	(D)	\$ 1,927.17	\$/h
Lubricante	(E)	\$ 963.59	\$/h

Costo horario		\$ 5,437.76	\$/h
----------------------	--	-------------	------

MANO DE OBRA

Denominación	Cantidad (h/m3)	Horas	Precio Unitario	Costo M O (\$/m3)
Of Especializado	0.04	1	\$ 544.86	\$ 21.79
Oficiales				\$ -
Ayudantes	0.8	1	\$ 392.97	\$ 314.38
		Σ		\$ 336.17
				\$ 336.17

Vigilancia= 10% costo Mano de Obra
Costo Total Mano de Obra

Mano de Obra	(F)	\$ 336.17	\$/m3
---------------------	-----	-----------	-------

(EQUIPO + MANO DE OBRA)	COSTO POR UNIDAD		(G)	\$ 336.17	\$/m3
-------------------------	------------------	--	-----	-----------	-------

MATERIALES

Materiales	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Agregado grueso 30-50 mm (1.56 t/m3)	Tn	1.56	\$ 420.00	\$ 655.20

	(H)	\$ 655.20	\$/Unidad
--	-----	-----------	-----------

COSTO DIRECTO ITEM (G+H)	(CD)	\$ 991.37	\$/Unidad
---------------------------------	------	-----------	-----------

(1) TOTAL DEL COSTO		\$ 991.37	
----------------------------	--	-----------	--

Gastos Generales			
% de (1)	5.0%		
SUBTOTAL (2)		\$ 49.57	\$/Unidad

Beneficios			
% de (1)+(2)	12.0%		
SUBTOTAL (3)		\$ 124.91	\$/Unidad

(4) TOTAL COSTO DIRECTO = (costo-costo + subtotales: 2 + 3)		\$ 52.05	\$/Unidad
		\$ 1,092.99	

IMPUESTOS

IVA			
% de (4)	21.0%		
Ingresos brutos		\$ 229.53	

% de (4)	3.5%		
(5) TOTAL IMPUESTOS		\$ 38.25	
		\$ 267.78	\$/Unidad

(6) TOTAL COSTO DIRECTO + IMPUESTOS		\$ 1,360.77	\$/Unidad
--------------------------------------------	--	-------------	-----------

**COSTO-COSTO - COSTO DIRECTO + IMPUESTOS
POR ITEM Y POR RUBRO**

Municipio: Municipalidad de Freyre
Provincia: Córdoba
Subproyecto
Fecha: Enero 2020

DENOMINACIÓN DEL ÍTEM	ADECUACIÓN DE SECCIÓN HIDRAULICA CANAL SECUNDARIO	UNIDAD
ÍTEM	Prov. y coloc. Piedra granítica	

EQUIPOS			
Cantidad	Demominaión	HP	Precio
0		\$	-

AMORTIZACIÓN E INTERESES

Amortización = Total equipo/10000 hs

Intereses= ((VE / 2)/ (horas trabajadas anuales)) x interes/año

<u>Amotización</u>	(A)	\$ -	\$/h
<u>Intereses</u>	(B)	\$ -	\$/h

REPARACIONES Y REPUESTOS

Reparación y repuesto = % Amortización (A)

<u>Rep y Rep</u>	(C)	\$ -	\$/h
------------------	-----	------	------

COMBUSTIBLE Y LUBRICANTES

Gas Oil=.....(Lts/HPxhs) x.....Total HP X \$/Lts

Lubricantes = 50% Combustible (D)

<u>Combustible</u>	(D)	\$ -	\$/h
<u>Lubricante</u>	(E)	\$ -	\$/h

Costo horario \$ - \$/h

MANO DE OBRA

Denominación	Cantidad (h/m3)	Horas	Precio Unitario	Costo M O (\$/m3)
Of Especializado	1	1	\$ 544.86	\$ 544.86
Oficiales	1			-
Ayudantes	3	1	\$ 392.97	\$ 1,178.91
Σ				\$ 1,723.77
Vigilancia= 10% costo Mano de Obra				
Costo Total Mano de Obra				\$ 1,723.77

RENDIMIENTO Mano de Obra (F) \$ 1,723.77 \$/m3

(EQUIPO + MANO DE OBRA) COSTO POR UNIDAD (G) \$ 1,723.77 \$/m3

MATERIALES

Materiales	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Hormigón	Tn	1.1	\$ 5,000.00	\$ 5,500.00

(H) \$ 5,500.00 \$/m3

COSTO DIRECTO ITEM (G+H) (CD) \$ 7,223.77 \$/m3

(1) TOTAL DEL COSTO \$ 7,223.77

Gastos Generales

% de (1) 5.0% \$ 361.19 \$/Unidad

Beneficios

% de (1)+(2) 12.0% \$ 910.20 \$/Unidad

Gastos Financieros

% de (1)+(2) 5.0% \$ 379.25 \$/Unidad

(4) TOTAL COSTO DIRECTO = (costo-costo + subtotales: 2 + 3)

\$ 7,964.21

IMPUESTOS

IVA

% de (4) 21.0% \$ 1,672.48

Ingresos brutos

% de (4) 3.5% \$ 278.75

(5) TOTAL IMPUESTOS \$ 1,951.23 \$/Unidad

(6) TOTAL COSTO DIRECTO + IMPUESTOS \$ 9,915.44 \$/Unidad

COSTO-COSTO - COSTO DIRECTO + IMPUESTOS POR ITEM Y POR RUBRO				
Municipio: Municipalidad de Freyre Provincia: Córdoba Subproyecto Fecha: Enero 2020				
DENOMINACIÓN DEL ITEM ITEM ADECUACIÓN DE SECCIÓN HIDRAULICA CANAL SECUNDARIO Tabique desague pluvial espesor 15 cm				UNIDAD
EQUIPOS				
Cantidad	Denominación	HP	Precio	
		0	\$ -	
AMORTIZACIÓN E INTERESES				
Amortización = Total equipo/10000 hs				
Intereses = ((VE / 2) / (horas trabajadas anuales)) x interes/año				
			Amortización	(A) \$ - \$/h
			Intereses	(B) \$ - \$/h
REPARACIONES Y REPUESTOS				
Reparación y repuesto = % Amortización (A)				
			Rep y Rep	(C) \$ - \$/h
COMBUSTIBLE Y LUBRICANTES				
Gas Oil=.....(Lts/HPxhs) x.....Total HP X \$/Lts				
Lubricantes = 50% Combustible (D)				
			Combustible	(D) \$ - \$/h
			Lubricante	(E) \$ - \$/h
			Costo horario	\$ - \$/h
MANO DE OBRA				
Denominación	Cantidad	Horas	Precio Unitario	Costo M O (\$/m3)
Of Especializado	1	1	\$ 544.86	\$ 544.86
Oficiales	2	1	\$ 464.24	\$ 928.48
Ayudantes	6	1	\$ 392.97	\$ 2,357.83
		Σ		\$ 3,831.17
Vigilancia= 10% costo Mano de Obra				
Costo Total Mano de Obra				\$ 3,831.17
			Mano de Obra	(F) \$ 3,831.17 \$/h
(EQUIPO + MANO DE OBRA) RENDIMIENTO 3 m3/h COSTO POR UNIDAD				(G) \$ 1,277.06 \$/m3
MATERIALES				
Materiales	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
CLAVOS DE ACERO DULCE PUNTA PARIS 30 KG	Kg	0.05	\$ 639.00	\$ 31.95
Hierro redondo ADN42 nervado diam 12mm	gl	4.6	\$ 979.25	\$ 4,504.55
Hierro redondo ADN42 nervado diam 8mm	gl	1.42	\$ 437.41	\$ 621.12
Hormigon H21 (SC)	kg	1.1	\$ 2,500.00	\$ 2,750.00
ALAMBRE Ac.RECOCI.(NEGRO)(1.63MM)N*16	Kg	0.84	\$ 179.85	\$ 151.07
Encofrado de madera	gl	13	\$ 500.00	\$ 6,500.00
				(H) \$ 8,058.70 \$/Unidad
COSTO DIRECTO ITEM (G+H)				(CD) \$ 9,335.75 \$/Unidad
(1) TOTAL DEL COSTO				\$ 9,335.75
Gastos Generales				
% de (1)	5.0%			\$ 466.79 \$/Unidad
SUBTOTAL (2)				\$ 1,176.30 \$/Unidad
Beneficios				
% de (1)+(2)	12.0%			\$ 1,176.30 \$/Unidad
Gastos Financieros				
% de (1)+(2)	5.0%			\$ 490.13 \$/Unidad
SUBTOTAL (3)				\$ 10,292.67
(4) TOTAL COSTO DIRECTO = (costo-costo + subtotales: 2 + 3)				\$ 10,292.67
IMPUESTOS				
IVA				
% de (4)	21.0%			\$ 2,161.46
Ingresos brutos				
% de (4)	3.5%			\$ 360.24
(5) TOTAL IMPUESTOS				\$ 2,521.70 \$/Unidad
(6) TOTAL COSTO DIRECTO + IMPUESTOS				\$ 12,814.37 \$/Unidad

COSTO-COSTO - COSTO DIRECTO + IMPUESTOS POR ITEM Y POR RUBRO				
Municipio: Municipalidad de Freyre Provincia: Córdoba Subproyecto Fecha: Enero 2020				
DENOMINACIÓN DEL ITEM ITEM ADECUACIÓN DE SECCIÓN HIDRAULICA CANAL SECUNDARIO Los a desague pluvial espesor 10 cm				UNIDAD
EQUIPOS				
Cantidad	Denominación	HP	Precio	
		0	\$ -	
AMORTIZACIÓN E INTERESES				
Amortización = Total equipo/10000 hs				
Intereses= ((VE / 2) / (horas trabajadas anuales)) x interes/año				
	Amortización	(A)	\$ -	\$/h
	Intereses	(B)	\$ -	\$/h
REPARACIONES Y REPUESTOS				
Reparación y repuesto = % Amortización (A)				
	Rep y Rep	(C)	\$ -	\$/h
COMBUSTIBLE Y LUBRICANTES				
Gas Oil=.....(Lts/HPxhs) x.....Total HP X \$/Lts				
Lubricantes = 50% Combustible (D)				
	Combustible	(D)	\$ -	\$/h
	Lubricante	(E)	\$ -	\$/h
	Costo horario		\$ -	\$/h
MANO DE OBRA				
Denominación	Cantidad (h/m3)	Horas	Precio Unitario	Costo M O (\$/m3)
Of Especializado	1	1	\$ 544.86	\$ 544.86
Oficiales	2	1	\$ 464.24	\$ 928.48
Ayudantes	6	1	\$ 392.97	\$ 2,357.83
		Σ		\$ 3,831.17
Vigilancia= 10% costo Mano de Obra				\$
Costo Total Mano de Obra				\$ 3,831.17
	Mano de Obra	(F)	\$ 3,831.17	\$/m3
(EQUIPO + MANO DE OBRA) COSTO POR UNIDAD (G) \$ 1,277.06 \$/m3				
RENDIMIENTO 3 m3/h				
MATERIALES				
Materiales	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
CLAVOS DE ACERO DULCE PUNTA PARIS 30 KG	Kg	0.05	\$ 639.00	\$ 31.95
Hierro redondo ADN42 nervado diam 12mm	g!	1.46	\$ 979.25	\$ 1,429.71
Hierro redondo ADN42 nervado diam 6mm	g!	0.83	\$ 252.70	\$ 209.74
Hormigon H21 (SC)	kg	1.1	\$ 5,000.00	\$ 5,500.00
ALAMBRE Ac.RECOCI.(NEGRO)(1.63MM)N*16	Kg	0.84	\$ 179.85	\$ 151.07
Malla diam. 6mm de 15 x 15	g!	0.31	\$ 4,825.62	\$ 1,495.94
Encofrado de madera	g!	7	\$ 500.00	\$ 3,500.00
				(H) \$ 7,322.47 \$/Unidad
COSTO DIRECTO ITEM (G+H)				(CD) \$ 8,599.53 \$/Unidad
(1) TOTAL DEL COSTO				\$ 8,599.53
Gastos Generales				
% de (1) 5.0%				
SUBTOTAL (2)				\$ 429.98 \$/Unidad
Beneficios				
% de (1)+(2) 12.0%				
SUBTOTAL (3)				\$ 451.48 \$/Unidad
(4) TOTAL COSTO DIRECTO = (costo-costo + subtotales: 2 + 3)				\$ 9,480.98
IMPUESTOS				
IVA				
% de (4) 21.0%				
Ingresos brutos				\$ 1,991.01
% de (4) 3.5%				
(5) TOTAL IMPUESTOS				\$ 331.83
(6) TOTAL COSTO DIRECTO + IMPUESTOS				\$ 2,322.84 \$/Unidad
				\$ 11,803.82 \$/Unidad

**COSTO-COSTO - COSTO DIRECTO + IMPUESTOS
POR ITEM Y POR RUBRO**

Municipio: Municipalidad de Freyre
Provincia: Córdoba
Subproyecto
Fecha: Enero 2020

DENOMINACIÓN DEL ITEM	CONSTRUCCIÓN RESERVORIO	UNIDAD
ITEM	Perfilado de fondo con compactación superficial	

EQUIPOS			
Cantidad	Demominaón	HP	Precio
1	Motoniveladora CAT 140H	140	\$ 9,135,000.00
		140	\$ 9,135,000.0

AMORTIZACIÓN E INTERESES				
Amortización = Total equipo/10000 hs		<u>Amortización</u>	(A)	913.50 \$/h
Intereses = (VE + (Valor residual) / 2 / (horas trabajadas anuales)) x interes/año		<u>Intereses</u>	(B)	466.72 \$/h
Valor residual = 0.3 (VE)				
REPARACIONES Y REPUESTOS				
Reparación y repuesto = % Amortización (A)		<u>Rep y Rep</u>	(C)	685.13 \$/h
COMBUSTIBLE Y LUBRICANTES				
Gas Oil=.....(Lts/HPxhs) x.....Total HP X		<u>Combustible</u>	(D)	1101.24 \$/h
Lubricantes = 50% Combustible (D)		<u>Lubricante</u>	(E)	550.62 \$/h
RENDIMIENTO	1140	m2/día		
Jornada	8.00	hs		
		Costo horario		3717.20 \$/h
		Costo m2		26.09 \$/m2

MANO DE OBRA				
Denominación	Cantidad	Horas	Precio Unitario	Costo M O
Of Especializado	0.01	1	\$ 544.86	\$ 5.45
Oficiales				\$ -
Ayudantes	0.02	1	\$ 392.97	\$ 7.86
		Σ		\$ 13.31
		Vigilancia= 10% costo Mano de Obra		\$ 13.31
		Costo Total Mano de Obra		\$ 13.31
			Mano de Obra	(F) \$ 13.31 \$/m2

(EQUIPO + MANO DE OBRA)	COSTO HORARIO		(G)	\$ 39.39 \$/m2
-------------------------	---------------	--	-----	----------------

MATERIALES				
Materiales	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total

			(H)	\$ - \$/Unidad
		COSTO DIRECTO ITEM (G+H)	(CD)	\$ 39.39 \$/Unidad

(1) TOTAL DEL COSTO	\$ 39.39
----------------------------	----------

Gastos Generales				
% de (1)	5.0%			
SUBTOTAL (2)				\$ 1.97 \$/Unidad

Beneficios				
% de (1)+(2)	12.0%			
SUBTOTAL (3)				\$ 4.96 \$/Unidad

Gastos Financieros				
% de (1)+(2)	5.0%			
SUBTOTAL (3)				\$ 2.07 \$/Unidad

(4) TOTAL COSTO DIRECTO = (costo-costo + subtotales: 2 + 3)	\$ 43.43
--------------------------------------------------------------------	----------

IMPUESTOS				
IVA				
% de (4)	21.0%			\$ 9.12
Ingresos brutos				
% de (4)	3.5%			\$ 1.52
		(5) TOTAL IMPUESTOS		\$ 10.64 \$/Unidad

(6) TOTAL COSTO DIRECTO + IMPUESTOS	\$ 54.07 \$/Unidad
--------------------------------------------	--------------------

**COSTO-COSTO - COSTO DIRECTO + IMPUESTOS
POR ITEM Y POR RUBRO**

Municipio: Municipalidad de Freyre
Provincia: Córdoba
Subproyecto
Fecha: Enero 2020

DENOMINACIÓN DEL ÍTEM	CONSTRUCCIÓN RESERVORIO	UNIDAD
ÍTEM	Perfilado de taludes	

EQUIPOS			
Cantidad	Demominación	HP	Precio
1	Motoniveladora CAT 140H	140	\$ 9,135,000.00
		140	\$ 9,135,000.0

AMORTIZACIÓN E INTERESES		Amortización = Total equipo/10000 hs	Amortización	(A)	913.50	\$/h
Intereses= ((VE) + (Valor residual) / 2 / (horas trabajadas anuales)) x interes/año		Valor residual = 0.3 (VE)	Intereses	(B)	466.72	\$/h
REPARACIONES Y REPUESTOS		Reparación y repuesto = % Amortización (A)	Rep y Rep	(C)	685.13	\$/h
COMBUSTIBLE Y LUBRICANTES		Gas Oil=.....(Lts/HPxhs) X.....Total HP X \$/Lts	Combustible	(D)	1101.24	\$/h
Lubricantes = 50% Combustible (D)			Lubricante	(E)	550.62	\$/h
RENDIMIENTO	1140	m2/día	Costo horario		3717.20	\$/h
Jornada	8.00	hs	Costo m2		26.09	\$/m2

MANO DE OBRA						
Denominación	Cantidad	Horas	Precio Unitario	Costo M O		
Of Especializado	0.01	1	\$ 544.86	\$ 5.45		
Oficiales				\$ -		
Ayudantes	0.02	1	\$ 392.97	\$ 7.86		
		Σ		\$ 13.31		
		Vigilancia= 10% costo Mano de Obra		\$ 13.31		
		Costo Total Mano de Obra		\$ 13.31		
			Mano de Obra	(F)	\$ 13.31	\$/m2

(EQUIPO + MANO DE OBRA)	COSTO HORARIO		(G)	\$ 39.39	\$/m2
-------------------------	---------------	--	-----	----------	-------

MATERIALES				
Materiales	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
				(H) \$ - \$/Unidad
				COSTO DIRECTO ÍTEM (G+H) (CD) \$ 39.39 \$/Unidad

(1) TOTAL DEL COSTO		\$ 39.39
Gastos Generales		
% de (1)	5.0%	
SUBTOTAL (2)		\$ 1.97 \$/Unidad
Beneficios		
% de (1)+(2)	12.0%	
SUBTOTAL (3)		\$ 2.07 \$/Unidad
(4) TOTAL COSTO DIRECTO = (costo-costo + subtotales: 2 + 3)		\$ 43.43
IMPUESTOS		
IVA		
% de (4)	21.0%	
Ingresos brutos		
% de (4)	3.5%	
(5) TOTAL IMPUESTOS		\$ 10.64 \$/Unidad
(6) TOTAL COSTO DIRECTO + IMPUESTOS		\$ 54.07 \$/Unidad

**COSTO-COSTO - COSTO DIRECTO + IMPUESTOS
POR ITEM Y POR RUBRO**

Municipio: Municipalidad de Freyre
Provincia: Córdoba
Subproyecto
Fecha: Enero 2020

DENOMINACIÓN DEL ÍTEM	CONSTRUCCIÓN RESERVORIO	UNIDAD
ÍTEM	Ejecución obras salida del reservorio	

EQUIPOS			
Cantidad	Denominación	HP	Precio
1	Pala Mecánica CAT 938	150	\$ 5,355,000.00
1	Camión Volcador Iveco trakkor 420	95	\$ 5,985,000.00
		245	\$ 11,340,000.0

AMORTIZACIÓN E INTERESES			
Amortización = Total equipo/10000 hs			
Intereses = (VE) + (Valor residual) / 2/ (horas trabajadas anuales) x intereses/año			
Valor residual = 0,3 (VE)			
Amortización	(A)	\$ 1,134.00	\$/h
Intereses	(B)	\$ 579.38	\$/h
REPARACIONES Y REPUESTOS			
Reparación y repuesto = % Amortización (A)			
Rep y Rep	(C)	\$ 850.50	\$/h
COMBUSTIBLE Y LUBRICANTES			
Gas Oil =.....(Lts/HPxhs) x.....Total HP X \$/Lts			
Lubricantes = 50% Combustible (D)			
Combustible	(D)	\$ 1,927.17	\$/h
Lubricante	(E)	\$ 963.59	\$/h
Costo horario		\$ 5,454.63	\$/h

MANO DE OBRA				
Denominación	Cantidad	Horas	Precio Unitario	Costo M O
Of Especializado	1	10	\$ 544.86	\$ 5,448.59
Oficiales				\$ -
Ayudantes	1	20	\$ 392.97	\$ 7,859.42
		Σ		\$ 13,308.01
Vigilancia= 10% costo Mano de Obra				\$ 1,330.80
Costo Total Mano de Obra				\$ 13,308.01
				Mano de Obra (F) \$ 13,308.01 \$/unidad

(EQUIPO + MANO DE OBRA)	COSTO POR UNIDAD	(G)	\$ 13,308.01	\$/unidad
-------------------------	------------------	-----	--------------	-----------

MATERIALES				
Materiales	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Cemento Portland	kg	56.87	\$ 525.00	\$ 29,856.75
Arena Fina	m3	8.107	\$ 2,270.21	\$ 18,404.59
Agregado Grueso 10-30	m3	8.107	\$ 2,726.00	\$ 22,099.68
Ladrillos Bloque Cemento	m2	151.25	\$ 76.00	\$ 11,495.00
Tubos de H"A" de diam 0.60 mm	unidad	30	\$ 2,500.00	\$ 75,000.00
Hierro redondo ADN-420 nervado diam 8mm	gl	3	\$ 437.41	\$ 1,312.23
Hierro redondo ADN-420 nervado diam 6mm	gl	6	\$ 252.70	\$ 1,516.20
Malla diam. 6mm de 15 x 15	gl	0.31	\$ 4,825.62	\$ 1,495.94
Reja protección hierro ductil	unidad	6	\$ 750.00	\$ 4,500.00
				(H) \$ 165,680.40 \$/Unidad
COSTO DIRECTO ITEM (G+H)				(CD) \$ 178,988.41 \$/Unidad

(1) TOTAL DEL COSTO		\$ 178,988.41
Gastos Generales		
% de (1)	5.0%	
SUBTOTAL (2)		\$ 8,949.42 \$/Unidad
Beneficios		
% de (1)+(2)	12.0%	\$ 22,552.54 \$/Unidad
Gastos Financieros		
% de (1)+(2)	5.0%	
SUBTOTAL (3)		\$ 9,396.89 \$/Unidad
(4) TOTAL COSTO DIRECTO = (costo-costo + subtotales: 2 + 3)		\$ 197,334.72
IMPUESTOS		
IVA		
% de (4)	21.0%	\$ 41,440.29
Ingresos brutos		
% de (4)	3.5%	\$ 6,906.72
(5) TOTAL IMPUESTOS		\$ 48,347.01 \$/Unidad
(6) TOTAL COSTO DIRECTO + IMPUESTOS		\$ 245,681.73 \$/Unidad

**COSTO-COSTO - COSTO DIRECTO + IMPUESTOS
POR ITEM Y POR RUBRO**

Municipio: Municipalidad de Freyre
Provincia: Córdoba
Subproyecto
Fecha: Enero 2020

DENOMINACIÓN DEL ITEM	CONSTRUCCIÓN CAMARAS DE ENLACE	UNIDAD
ITEM	Cámara de desvío (Esquina calle España e Ituzaingó). Incluye excavación, reposición de suelo apto si fuera necesario, marco y tapa de acceso de HPD.	

EQUIPOS			
Cantidad	Demominación	HP	Precio
1	Pala Mecánica CAT 938	150	\$ 5,355,000.00
1	Camión Volcador Iveco trakkker 420	95	\$ 5,985,000.00
1	Vibro apisonador	3	\$ 90,000.00
		248	\$ 11,430,000.0

AMORTIZACIÓN E INTERESES			
Amortización = Total equipo/10000 hs			
Intereses= ((VE) + (Valor residual) / 2 / (horas trabajadas anuales)) x interes/año			
Valor residual = 0.3 (VE)			
REPARACIONES Y REPUESTOS			
Reparación y repuesto = % Amortización (A)	Rep y Rep	(C)	\$ 857.25 \$/h
COMBUSTIBLE Y LUBRICANTES			
Gas Oil=.....(Lts/HPxhs) x.....Total HP X \$/Lts	Combustible	(D)	\$ 1,950.77 \$/h
Lubricantes = 50% Combustible (D)	Lubricante	(E)	\$ 975.38 \$/h
	Costo horario		\$ 5,510.38 \$/unidad

MANO DE OBRA				
Denominación	Cantidad	Horas	Precio Unitario	Costo M O
Of Especializado	1	8	\$ 544.86	\$ 4,358.87
Oficiales				\$ -
Ayudantes	1	16	\$ 392.97	\$ 6,287.54
		Σ		\$ 10,646.41
		Vigilancia= 10% costo Mano de Obra		\$ 1,064.64
		Costo Total Mano de Obra		\$ 11,711.05
		Mano de Obra	(F)	\$ 10,646.41 \$/unidad

(EQUIPO + MANO DE OBRA)	COSTO HORARIO	(G)	\$ 5,510.38 \$/unidad
-------------------------	---------------	-----	-----------------------

MATERIALES				
Materiales	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Cemento Portland	kg	13	\$ 525.00	\$ 7,022.51
Árena Fina	m3	2.278	\$ 2,270.21	\$ 5,171.54
Agregado Grueso 10-30	m3	2.278	\$ 2,726.00	\$ 6,209.83
Ladrillos Bloque Cemento	m2	187.5	\$ 76.00	\$ 14,250.00
Hidrófugo	tambor 200 kg	1	\$ 6,460.04	\$ 6,460.04
Hierro redondo ADN-420 nervado diam 8mm	gl	9	\$ 437.41	\$ 3,936.69
Hierro redondo ADN-420 nervado diam 6mm	gl	13	\$ 252.70	\$ 3,285.10
Malla diam. 6mm de 15 x 15	gl	0.31	\$ 4,825.62	\$ 1,495.94
Reja de captación hierro ductil	unidad	1	\$ 750.00	\$ 750.00
				(H) \$ 48,581.64 \$/Unidad

	COSTO DIRECTO ITEM (G+H)	(CD)	\$ 54,092.02 \$/Unidad
--	--------------------------	------	------------------------

(1) TOTAL DEL COSTO		\$ 54,092.02
Gastos Generales		
% de (1)	5.0%	
SUBTOTAL (2)		\$ 2,704.60 \$/Unidad
Beneficios		
% de (1)+(2)	12.0%	\$ 6,815.59 \$/Unidad
Gastos Financieros		
% de (1)+(2)	5.0%	
SUBTOTAL (3)		\$ 2,839.83 \$/Unidad
(4) TOTAL COSTO DIRECTO = (costo-costo + subtotales: 2 + 3)		\$ 59,636.45
IMPUESTOS		
IVA		
% de (4)	21.0%	\$ 12,523.65
Ingresos brutos		
% de (4)	3.5%	\$ 2,087.28
(5) TOTAL IMPUESTOS		\$ 14,610.93 \$/Unidad
(6) TOTAL COSTO DIRECTO + IMPUESTOS		\$ 74,247.38 \$/Unidad

**COSTO-COSTO - COSTO DIRECTO + IMPUESTOS
POR ITEM Y POR RUBRO**

Municipio: Municipalidad de Freyre
Provincia: Córdoba
Subproyecto
Fecha: Enero 2020

DENOMINACIÓN DEL ITEM	TAREAS COMPLEMENTARIAS	UNIDAD
ITEM	Limpieza del sector de obras	

EQUIPOS			
Cantidad	Demominaión	HP	Precio
1	Pala Mecánica CAT 938	150	\$ 5,355,000.00
1	Camión Volcador Iveco trakkler 420	95	\$ 5,985,000.00
		245	\$ 11,340,000.0

AMORTIZACIÓN E INTERESES

Amortización = Total equipo/10000 hs

Intereses = ((VE) + (Valor residual) / 2 / (horas trabajadas anuales)) x interes/año

Valor residual = 0,3 (VE)

Amortización (A) \$ 1,134.00 \$/h
Intereses (B) \$ 579.38 \$/h

REPARACIONES Y REPUESTOS

Reparación y repuesto = % Amortización (A)

Rep y Rep (C) \$ 850.50 \$/h

COMBUSTIBLE Y LUBRICANTES

Gas Oil=.....(Lts/HPxhs) x.....Total HP X \$/Lts

Lubricantes = 50% Combustible (D)

Combustible (D) \$ 1,927.17 \$/h
Lubricante (E) \$ 963.59 \$/h

Costo horario \$ 5,454.63 \$/unidad

Costo por unidad \$ 43,637.04 \$/unidad

MANO DE OBRA

Denominación	Cantidad	Horas	Precio Unitario	Costo M O
Of Especializado	1	8	\$ 544.86	\$ 4,358.87
Oficiales				\$ -
Ayudantes	1	16	\$ 392.97	\$ 6,287.54
		Σ		\$ 10,646.41
		Vigilancia= 10% costo Mano de Obra		\$ 1,064.64
		Costo Total Mano de Obra		\$ 11,711.05

Mano de Obra (F) \$ 11,711.05 \$/unidad

(EQUIPO + MANO DE OBRA) COSTO HORARIO (G) \$ 54,283.45 \$/unidad

MATERIALES

Materiales	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total

(H) \$ - \$/Unidad

COSTO DIRECTO ITEM (G+H) (CD) \$ 54,283.45 \$/Unidad

(1) TOTAL DEL COSTO \$ 54,283.45

Gastos Generales

% de (1)

5.0%

SUBTOTAL (2)

\$ 2,714.17 \$/Unidad

Beneficios

% de (1)+(2)

12.0%

\$ 6,839.71 \$/Unidad

Gastos Financieros

% de (1)+(2)

5.0%

SUBTOTAL (3)

\$ 2,849.88 \$/Unidad

(4) TOTAL COSTO DIRECTO = (costo-costo + subtotales: 2 + 3)

\$ 59,847.50

IMPUESTOS

IVA

% de (4)

21.0%

\$ 12,567.98

Ingresos brutos

% de (4)

3.5%

\$ 2,094.66

(5) TOTAL IMPUESTOS

\$ 14,662.64 \$/Unidad

(6) TOTAL COSTO DIRECTO + IMPUESTOS

\$ 74,510.14 \$/Unidad

ANEXO IX

MATRIZ ESTUDIO IMPACTO AMBIENTAL

EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO "CANAL INTERCEPTOR OESTE Y OBRAS COMPLEMENTARIAS"							
ANÁLISIS DE LAS ACCIONES GENERADORAS DE IMPACTOS NEGATIVOS Y POSITIVOS SOBRE LOS MEDIOS BIOFÍSICO Y SOCIO-ECONÓMICO			FACTORES AMBIENTALES				
			ASPECTO SOCIO-ECONÓMICOS				
ÍTEMS ANALIZADOS	ACCIONES	INCIDENCIA O IMPACTO SOBRE:	OCUPACIÓN MANO DE OBRA LOCAL- REGIONAL	POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA	USO DE SUELO	PRODUCCIÓN AGRICOLA-GANADERA DE LA ZONA	ACEPTACIÓN SOCIAL
			PERÍODO DE MOVILIZACIÓN DE OBRA	1	OBTENCIÓN DE PERMISOS Y HABILITACIONES PARA EL USO DEL TERRENO	(.....)	+2CTEDRN
2	LIMPIEZA DEL TERRENO	+1CTEDRN		+2CTEDRN	+3CTEKN	(.....)	+1CTEKN
3	EJECUCIÓN CALLES INTERNAS	+2CTEKN		+2CTEDRN	-1CTEBFN	(.....)	-1CTEBLN
4	INSTALACIÓN TEMPORARIA DE SERVICIOS, TALLERES, DEPOSITOS Y OFICINAS	+2CTEKN		+2CTEDRN	-1CTEBFN	(.....)	-1CTEBLN
5	MOVIMIENTOS DE MÁQUINAS, EQUIPOS DE OBRA Y VEHÍCULOS DE TRANSPORTE	+2CTEKN		+2CTEDRN	-1CTMBFN	X1PTMKLN	-1CTEBLN
6	RETIRO DE RAMAS Y/O BASURA EN LAS ZONAS DE CUNETAS	+3CTEKN		+2CTEDRN	+1PSEILN	+2CTMKLN	+1CTEKN
7	RELEVAMIENTOS NECESARIOS (NIVELACIONES)	+3CTEKN		+2CTEDRN	(.....)	(.....)	(.....)
ETAPA DE CONSTRUCCIÓN	8	EJECUCIÓN NUEVA TRAZA CANAL PRINCIPAL	+3CTEKN	+2CTEDRN	-2CTMDFN	+3CSMKLY	+1CTEKN
	9	LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DE CANALES EXISTENTES (DESBOSQUE, DESTRONQUE, DESMONTES, TERRAPLENADO, ETC.)	+3CTEKN	+2CTEDRN	X1CTMBLN	+2CVMKLY	+1CTEKN
	10	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE DERIVACIÓN DESDE LAS CANALIZACIONES PROYECTADAS	+3CTMKRN	+2CTEDRN	X1CTMBLN	+3CVMKLY	+1CTEKN
	11	CONSTRUCCIÓN DEL RESERVORIO PARA EXCEDENCIAS	+3CTEKN	+2CTEDRN	(.....)	+3CVMKLY	+1CTEKN
	12	SEÑALIZACIÓN E ILUMINACIÓN DE LAS ZONAS DE PELIGRO Y DESVÍO	+2CTEKN	+2CTEDRN	(.....)	(.....)	+1CTEKN
	14	HABILITACIÓN DE SISTEMAS DE DESVÍO TRANSITORIO EN LOS DISTINTOS FRENTES DE OBRA	+1CTEKN	+2CTEDRN	(.....)	-1PTMBFN	-1CTEBLN
	15	EXCAVACIONES, TRANSPORTE Y MOVIMIENTOS DE SUELO	+3CTEKN	+2CTEDRN	-1CSEKLN	X1PTMBLN	-1CTEBLN
	16	ELABORACIÓN Y TRANSPORTE DE HORMIGÓN A FRENTES DE OBRA ESPECÍFICOS	+3CTEKN	+2CTEDRN	-1CTEKN	(.....)	(.....)
	17	TAREAS DE RESTAURACIÓN Y ADECUACIÓN DE ACCESOS A PROPIEDADES Y CAMINOS	+2CTMKRN	+2CTEDRN	+1CSMKLN	+1PTMBFY	+2CTEKN
	18	LIMPIEZA DE ZONAS AFECTADAS	+1CTMKRN	+2CTEDRN	+1CSMKLN	(.....)	+2CTEKN
ETAPA EN OPERACIÓN	19	MANEJO Y TRANSPORTE DE MATERIALES CONTAMINANTES Y/O PELIGROSOS DENTRO Y FUERA DE LA ZONA DE OBRAS	+2CTMKRN	+2CTEDRN	-1CTEKN	+1PTMKLN	+2CTEKN
	20	FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL	(.....)	(.....)	(.....)	+3CVMKLN	+2CVEKN
	21	MANTENIMIENTOS DEL RESERVORIO	+2CTEDRN	+2CTEKN	+2CTMKLN	+3CVMKLN	+2CVEKN
	22	MANTENIMIENTOS DE LAS CANALIZACIONES	+2CTEDRN	+2CTEKN	X1PTMBLN	+3CVMKLN	+1CVMKLN

EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO "CANAL INTERCEPTOR OESTE Y OBRAS COMPLEMENTARIAS"									
ANÁLISIS DE LAS ACCIONES GENERADORAS DE IMPACTOS NEGATIVOS Y POSITIVOS SOBRE LOS MEDIOS BIOFÍSICO Y SOCIO-ECONÓMICO		FACTORES AMBIENTALES							
		INFRAESTRUCTURA, TRANSPORTE Y EQUIPAMIENTO			LOS ASPECTOS GEOFÍSICOS (FACTORES ABIÓTICOS)				
ÍTEM ANALIZADOS	ACCIONES	INCIDENCIA O IMPACTO SOBRE:			AGUA		LA CONTAMINACIÓN EÓLICA		CONTAMINACIÓN DEL SUELO
		CAMINOS RURALES Y ACCESOS	REDES DE SERVICIOS PÚBLICOS EXISTENTES	CIRCULACIÓN DE TRÁNSITO LOCAL	MODIFICACIÓN DE PATRONES HIDROLÓGICOS	CONTAMINACIÓN HÍDRICA	MATERIAL PARTICULADO	RUIDO	
PERÍODO DE MOVILIZACIÓN DE OBRA	1 OBTENCIÓN DE PERMISOS Y HABILITACIONES PARA EL USO DEL TERRENO	(.....)	+1CTEKLN	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)
	2 LIMPIEZA DEL TERRENO	(.....)	(.....)	(.....)	XIPTMKLN	(.....)	-2CTEBFY	-1CTEBFY	-1CTEBFN
	3 EJECUCIÓN CALLES INTERNAS	(.....)	(.....)	(.....)	-1CTEBFY	(.....)	-2CTEBFY	-2CTEBFY	-1CTEBFN
	4 INSTALACIÓN TEMPORARIA DE SERVICIOS, TALLERES, DEPOSITOS Y OFICINAS	-1CTEBLN	XIPTEBLN	(.....)	XIPTMKLN	(.....)	-1CTEBFN	-2CTEBFY	(.....)
	5 MOVIMIENTOS DE MÁQUINAS, EQUIPOS DE OBRA Y VEHICULOS DE TRANSPORTE	-1CTEBLN	(.....)	-1CTEBLN	(.....)	(.....)	-1CTEBLN	-2CTEBFY	(.....)
	6 RETIRO DE RAMAS Y/O BASURA EN LAS ZONAS DE CUNETAS	-1CTEBLN	(.....)	-1CTEBLN	+2PTMKLN	+2CTEKLY	-1CTEBFN	-1CTEBFY	-1CTEBFN
	7 RELEVAMIENTOS NECESARIOS (NIVELACIONES)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)
ETAPA DE CONSTRUCCIÓN	8 EJECUCIÓN NUEVA TRAZA CANAL PRINCIPAL	-1CTEBLN	XIPTMKLY	-2CTEBLN	-3CSELY	XIPTMBLY	-2CTEBLY	-2CTEBFY	-1CTEBFN
	9 LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DE CANALES EXISTENTES (DESBOSQUE, DESTRONQUE, DESMONTE, TERRAPLENADO, ETC.)	-1CTEBLN	XIPTMKLY	-2CTEBLN	-2CSMLY	+2CTEKLY	-2CTEBLN	-3CTEBFY	-1CTEBFN
	10 CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE DERIVACIÓN DESDE LAS CANALIZACIONES PROYECTADAS	XIPTEBLN	XIPTMKLY	-2CTEBLN	-2CSMLY	(.....)	-1CTEBFY	-2CTEBFY	-1CTEBFN
	11 CONSTRUCCIÓN DEL RESERVORIO PARA EXCEDENCIAS	XIPTEBLN	(.....)	-2CTEBLN	-2CSMLY	(.....)	-1CTEBFY	-2CTEBFY	-1CTEBFN
	12 SEÑALIZACIÓN E ILUMINACIÓN DE LAS ZONAS DE PELIGRO Y DESVÍO	(.....)	(.....)	+1CTEKLN	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)
	14 HABILITACIÓN DE SISTEMAS DE DESVÍO TRANSITORIO EN LOS DISTINTOS FRENDES DE OBRA	+1CTEKLY	(.....)	+1CTEKLY	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)
	15 EXCAVACIONES, TRANSPORTE Y MOVIMIENTOS DE SUELO	XIPTEBLN	-1CTEBLY	-1CTEBLN	-2CSMLY	-1CTEBLY	-2CTEBLY	-2CTEBFY	-1CTEBFN
	16 ELABORACIÓN Y TRANSPORTE DE HORMIGÓN A FRENDES DE OBRA ESPECÍFICOS	XIPTEBLN	(.....)	XIPTMKLN	(.....)	(.....)	-1CTEBLY	-1CTEBFY	-1CTEBFN
	17 TAREAS DE RESTAURACIÓN Y ADECUACIÓN DE ACCESOS A PROPIEDADES Y CAMINOS	+2CTEKLY	+1CTEKLN	+1CTEKLN	XIPTEBLN	(.....)	-1CTEBLN	-1CTEBFY	-1CTEBFN
	18 LIMPIEZA DE ZONAS AFECTADAS	+1CTEKLN	(.....)	+1CTEKLN	+1PTEBFN	+1PTEKFN	-1CTEBFY	-1CTEBFY	-1CTEBFN
ETAPA EN OPERACIÓN	19 MANEJO Y TRANSPORTE DE MATERIALES CONTAMINANTES Y/O PELIGROSOS DENTRO Y FUERA DE LA ZONA DE OBRAS	-1CTEBLY	(.....)	XIPTMKLN	+1PTEBFN	+1CTEBLY	-1CTEBLY	-2CTEBFY	+1CTEBFN
	20 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL	+1CVMKLN	(.....)	+1CVMKLN	+2CVMKLN	+2CVMKLN	(.....)	(.....)	(.....)
	21 MANTENIMIENTOS DEL RESERVORIO	+1CVMKLN	(.....)	XIPTEBLN	+2CVMKLN	+2CVKLN	XIPTEBLN	-1CTEBFN	(.....)
	22 MANTENIMIENTOS DE LAS CANALIZACIONES	XIPTEBLN	(.....)	XIPTEBLN	+2CSMKLN	+2CVKLN	XIPTEBLN	-1CVMBFN	XIPMBFN

EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO "CANAL INTERCEPTOR OESTE Y OBRAS COMPLEMENTARIAS"									
ANÁLISIS DE LAS ACCIONES GENERADORAS DE IMPACTOS NEGATIVOS Y POSITIVOS SOBRE LOS MEDIOS BIOFÍSICO Y SOCIO-ECONÓMICO		FACTORES AMBIENTALES							
		LOS FACTORES BIÓTICOS							
ÍTEM ANALIZADOS	ACCIONES	INCIDENCIA O IMPACTO SOBRE:			FLORA			LA FAUNA ASOCIADA CON LA VEGETACIÓN EXISTENTE	
		CULTIVOS LINDEROS	CUBIERTA VEGETAL	TALA O DESBROCE					
PERÍODO DE MOVILIZACIÓN DE OBRA	1 OBTENCIÓN DE PERMISOS Y HABILITACIONES PARA EL USO DEL TERRENO	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	
	2 LIMPIEZA DEL TERRENO	-1PTEBLN	-1PTMBFN	XIPTEBFN	-1PTEBLN	XIPTEBFN	(.....)	-1PTEBLN	
	3 EJECUCIÓN CALLES INTERNAS	(.....)	-1PTMBFN	XIPTEBFN	(.....)	(.....)	(.....)	XIPTEBFN	
	4 INSTALACIÓN TEMPORARIA DE SERVICIOS, TALLERES, DEPOSITOS Y OFICINAS	(.....)	-1PTMBFN	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	
	5 MOVIMIENTOS DE MÁQUINAS, EQUIPOS DE OBRA Y VEHICULOS DE TRANSPORTE	-1PTEBLN	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	
	6 RETIRO DE RAMAS Y/O BASURA EN LAS ZONAS DE CUNETAS	(.....)	-1PTEBFN	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	-1PTEBFN	
	7 RELEVAMIENTOS NECESARIOS (NIVELACIONES)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	
ETAPA DE CONSTRUCCIÓN	8 EJECUCIÓN NUEVA TRAZA CANAL PRINCIPAL	-2PTEKFN	-1PTEBFN	XIPTEBFN	(.....)	(.....)	(.....)	-1CTEBFN	
	9 LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DE CANALES EXISTENTES (DESBOSQUE, DESTRONQUE, DESMONTE, TERRAPLENADO, ETC.)	-1PTEKFN	-1PTEBFN	XIPTEBFN	(.....)	(.....)	(.....)	-1CTEBFN	
	10 CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE DERIVACIÓN DESDE LAS CANALIZACIONES PROYECTADAS	(.....)	XIPTEBFN	XIPTEBFN	(.....)	(.....)	(.....)	-1PTEBFN	
	11 CONSTRUCCIÓN DEL RESERVORIO PARA EXCEDENCIAS	X2PTMBLY	-1PTEBFN	XIPTEBFN	(.....)	(.....)	(.....)	-1PTEBFN	
	12 SEÑALIZACIÓN E ILUMINACIÓN DE LAS ZONAS DE PELIGRO Y DESVÍO	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	
	14 HABILITACIÓN DE SISTEMAS DE DESVÍO TRANSITORIO EN LOS DISTINTOS FRENDES DE OBRA	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	
	15 EXCAVACIONES, TRANSPORTE Y MOVIMIENTOS DE SUELO	XIPTEBLN	-1PTEKFN	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	-1PTEBFN	
	16 ELABORACIÓN Y TRANSPORTE DE HORMIGÓN A FRENDES DE OBRA ESPECÍFICOS	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	
	17 TAREAS DE RESTAURACIÓN Y ADECUACIÓN DE ACCESOS A PROPIEDADES Y CAMINOS	(.....)	-1CTMBFN	XIPTEBFN	(.....)	(.....)	(.....)	-1PTEBFN	
	18 LIMPIEZA DE ZONAS AFECTADAS	+1CTMBFN	-1CTMBFN	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	
ETAPA EN OPERACIÓN	19 MANEJO Y TRANSPORTE DE MATERIALES CONTAMINANTES Y/O PELIGROSOS DENTRO Y FUERA DE LA ZONA DE OBRAS	+1CTMBFN	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	X2PTMBLY	(.....)	
	20 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL	+2CTMBLN	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	+1CVMKLN	(.....)	
	21 MANTENIMIENTOS DEL RESERVORIO	+2CTMBLN	+2CSMKLN	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	-1CTMKLN	
	22 MANTENIMIENTOS DE LAS CANALIZACIONES	+2CTMBLN	-1CTMBFN	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	-1CTMKLN	

ANEXO X

**PLANILLA MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y CONTROL –
IMPACTO AMBIENTAL**

Medidas de Mitigación y Control tipo para Impactos Urbanos Relevantes por Construcción de Obras en Áreas Densificadas		
Tipo de Impacto Urbano	Descripción de Impacto	Medida de Mitigación y Control
Molestias por ruido.	Molestias acústicas generadas por el incremento del ruido asociado con la construcción, movimiento de suelo, carga y descarga de materiales, preparación de mezcla, etc. Localizada en cada frente de trabajo.	Programación estricta del movimiento de maquinaria, optimizando carga, descarga y espera. Utilización de maquinarias que cumplan con la normativa vigente.
Contaminación del aire.	Por la incorporación de polvos, humos, materias particuladas, gases, etc., producidos por movimientos de suelos, de materiales, de maquinarias, etc.	Cumplimiento de Normativa vigente y monitoreo de acciones de acuerdo a los requerimientos de la misma. Riego de material acumulado (arena, tierra, etc.)
Riesgo de Accidentes.	Por ocurrencia de imprevistos que pueden afectar a las personas que se desplazan en el entorno de obras.	Cumplimiento de normas laborales y de accidentes de trabajo. Capacitación del personal. Señalizaciones de áreas de restricción a la circulación pública.
Afectación a Infraestructura existente.	Algunas pueden considerarse como accidentales por accionar involuntario de máquinas que provocan daños sobre veredas, alumbrado público, etc. Otras voluntarias y dependen de la metodología constructiva utilizada (rotura de pavimentos y veredas, remoción de semáforos, relocalización de otros servicios, etc.). Son reversibles y transitorios.	Reposición o reconstrucción de infraestructura afectada. Reemplazo provisorio de señalizaciones, alumbrado público, etc. Información adecuada y oportuna a la población del área acerca de las actividades a desarrollar (afectaciones previstas)
Interrupción de la Circulación.	Las interrupciones están localizadas puntualmente al lugar de obra y la duración depende del tipo de que se trata.	Planificación de los Desvíos en estrecha colaboración con las autoridades de la Municipalidad. Información a la Población del área condicionada al libre tránsito, a través de los medios masivos de comunicación. Vallado del área de la zona de obra y señalización del recorrido alternativo.
Interrupción de Servicios.	Interrupción de la red de agua potable, electricidad, teléfono, TV por cable, prevista o accidental	Conocimiento de las interferencias con otros servicios durante el diseño del proyecto. Asegurar las mejores condiciones de cortes previstos con los entes proveedores del servicio. Obtener sus permisos. Información adecuada y oportuna a la población del área acerca de las actividades a desarrollar (interrupciones previstas)
Alteración de la Actividad Comercial	Modificaciones de la actividad comercial en el área directa de obra por alteración del patrón de circulación vehicular, presencia de barreras visuales, incremento del ruido.	Mejora en la eficiencia y control de inspección para evitar atrasos de cronogramas innecesarios. Comunicación y difusión del avance de obras al vecindario.
Generación de Residuos Sólidos.	Distintas Actividades de la Construcción generarán desechos sólidos de distinto tipo, los que deben ser dispuestos adecuadamente para evitar contaminaciones y riesgos para la salud. (Papelería, residuos orgánicos, escombros, inflamables, sustancias corrosivas, etc.).	Estricto cumplimiento de la legislación específica vigente a nivel nacional y en particular en la localidad.

Fuente: Adaptado del MANUAL PARA EL DISEÑO DE PLANES MAESTROS PARA LA MEJORA DE LA INFRAESTRUCTURA Y LA GESTIÓN DEL DRENAJE URBANO (Presidencia de la Nación Secretaría de Obras Públicas, Unidad Coordinadora de Programas con Financiación Externa. Abril 2003)

ANEXO XI

**RESULTADOS OBTENIDOS EN HEC-HMS SEGÚN
PROYECTO PARA Pr 5 y 25 AÑOS**

Project: PROYECTO 2020 Gama Simulation Run: PROYECTO CANALES 2020 Pr 5

Start of Run: 19dic2018, 00:00 Basin Model: MODEL 019 deriv TOTAL LAGUNA
 End of Run: 19dic2018, 12:00 Meteorologic Model: MODELO MET 2018 Pr 5 AÑOS
 Compute Time: 13jul2020, 16:09:11 Control Specifications:Control 2018

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (1000 M3)
Canal urbano 1	0.058795	0.320	19dic2018, 01:15	0.93
Canal Urbano 2	0.061436	0.248	19dic2018, 01:30	0.98
Canal Urbano 3	0.078383	0.405	19dic2018, 01:15	1.23
Canal Urb 4	0.054373	0.297	19dic2018, 01:15	0.86
Canal Urb 6	0.025267	0.139	19dic2018, 01:15	0.41
Canal urb 8	0.130740	0.534	19dic2018, 01:25	1.97
Diversion-1	1.878808	0.346	19dic2018, 01:55	1.03
Diversion-2	0.178117	0.000	19dic2018, 00:00	0.00
Junction-1	2.752126	0.590	19dic2018, 02:10	4.45
Reservoir-1	2.752126	1.414	19dic2018, 02:35	16.66
SC_RURAL I	0.464045	0.401	19dic2018, 02:20	2.97
SC_RURAL II	0.232580	0.239	19dic2018, 02:05	1.49
SC_RURAL III	0.228977	0.233	19dic2018, 02:05	1.47
SC_RURAL IV	0.413096	0.429	19dic2018, 02:05	2.64
SC_RURAL V	0.261856	0.274	19dic2018, 02:05	1.68
SC_RURAL VI	0.330467	0.322	19dic2018, 02:10	2.12

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (1000 M3)
SC_RURAL VII	0.289349	0.289	19dic2018, 02:05	1.85
SC_SUB URB XII	0.179738	0.203	19dic2018, 02:00	1.15
SC_URB I	0.058795	0.348	19dic2018, 01:10	0.95
SC_URB II	0.061436	0.260	19dic2018, 01:30	1.00
SC_URB III	0.078383	0.426	19dic2018, 01:15	1.27
SC_URB IV	0.054373	0.324	19dic2018, 01:10	0.88
SC_URB IX	0.024398	0.158	19dic2018, 01:10	0.40
SC_URB V	0.025267	0.144	19dic2018, 01:15	0.41
SC_URB VI	0.015902	0.078	19dic2018, 01:20	0.26
SC_URB VII	0.106342	0.544	19dic2018, 01:20	1.72
SC_URB X	0.031475	0.091	19dic2018, 01:30	0.34
SC_URB XI	0.075385	0.199	19dic2018, 01:35	0.81
Tramo 1	0.464045	0.365	19dic2018, 02:20	2.87
Tramo 10	1.878808	0.187	19dic2018, 02:05	0.56
Tramo 11	2.209275	0.387	19dic2018, 02:10	2.43
tramo 12	2.498624	0.512	19dic2018, 02:15	3.90
Tramo 2	0.755420	0.539	19dic2018, 02:15	4.95
Tramo 3	1.045833	0.814	19dic2018, 02:05	7.09
Tramo 4	1.124216	0.919	19dic2018, 01:40	8.13
Tramo 5	1.591685	1.350	19dic2018, 01:45	11.38

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (1000 M3)
Tramo 6	1.616952	1.317	19dic2018, 01:45	11.44
Tramo 7	1.616952	1.282	19dic2018, 01:45	11.32
Tramo 8	1.616952	1.157	19dic2018, 01:45	10.92
Tramo 9	1.616952	1.088	19dic2018, 01:50	10.68
tramo13	0.015902	0.966	19dic2018, 01:30	11.07
tramo14	0.178117	1.464	19dic2018, 01:30	12.79
tramo15	0.178117	1.247	19dic2018, 01:30	12.21
tramo16	0.253502	0.090	19dic2018, 01:50	0.55

Project: PROYECTO 2020 Gama Simulation Run: PROYECTO CANALIZACIONES 2020

Start of Run: 19dic2018, 00:00 Basin Model: MOD DER TOT Pr 25 desc 3x0.6
 End of Run: 19dic2018, 12:00 Meteorologic Model: MODELO MET 2018 Pr 25 AÑOS
 Compute Time: 13jul2020, 15:47:37 Control Specifications:Control 2018

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (1000 M3)
Canal urbano 1	0.058795	0.666	19dic2018, 01:10	1.93
Canal Urbano 2	0.061436	0.517	19dic2018, 01:30	2.06
Canal Urbano 3	0.078383	0.871	19dic2018, 01:15	2.58
Canal Urb 4	0.054373	0.616	19dic2018, 01:10	1.79
Canal Urb 6	0.025267	0.294	19dic2018, 01:15	0.85
Canal urb 8	0.130740	1.148	19dic2018, 01:20	4.17
Diversion-1	1.878808	3.197	19dic2018, 01:55	17.88
Diversion-2	0.178117	0.453	19dic2018, 01:25	0.81
Junction-1	2.752126	3.902	19dic2018, 02:00	27.10
Reservoir-1	2.752126	2.802	19dic2018, 03:00	46.24
SC_RURAL I	0.464045	1.180	19dic2018, 02:15	8.75
SC_RURAL II	0.232580	0.701	19dic2018, 02:00	4.39
SC_RURAL III	0.228977	0.683	19dic2018, 02:00	4.32
SC_RURAL IV	0.413096	1.259	19dic2018, 02:00	7.79
SC_RURAL V	0.261856	0.805	19dic2018, 02:00	4.94
SC_RURAL VI	0.330467	0.945	19dic2018, 02:05	6.23

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (1000 M3)
SC_RURAL VII	0.289349	0.849	19dic2018, 02:05	5.46
SC_SUB URB XII	0.179738	0.596	19dic2018, 01:55	3.39
SC_URB I	0.058795	0.749	19dic2018, 01:10	2.00
SC_URB II	0.061436	0.549	19dic2018, 01:25	2.09
SC_URB III	0.078383	0.903	19dic2018, 01:15	2.66
SC_URB IV	0.054373	0.695	19dic2018, 01:10	1.85
SC_URB IX	0.024398	0.336	19dic2018, 01:05	0.83
SC_URB V	0.025267	0.308	19dic2018, 01:10	0.86
SC_URB VI	0.015902	0.165	19dic2018, 01:20	0.54
SC_URB VII	0.106342	1.156	19dic2018, 01:15	3.61
SC_URB X	0.031475	0.212	19dic2018, 01:25	0.78
SC_URB XI	0.075385	0.463	19dic2018, 01:30	1.87
Tramo 1	0.464045	1.105	19dic2018, 02:15	8.51
Tramo 10	1.878808	2.771	19dic2018, 01:55	16.22
Tramo 11	2.209275	3.317	19dic2018, 02:00	21.18
tramo 12	2.498624	3.671	19dic2018, 02:00	25.01
Tramo 2	0.755420	1.655	19dic2018, 02:10	14.08
Tramo 3	1.045833	2.448	19dic2018, 02:00	19.81
Tramo 4	1.124216	2.603	19dic2018, 01:50	22.03
Tramo 5	1.591685	3.886	19dic2018, 01:50	31.14

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (1000 M3)
Tramo 6	1.616952	3.807	19dic2018, 01:50	31.33
Tramo 7	1.616952	3.746	19dic2018, 01:50	31.10
Tramo 8	1.616952	3.537	19dic2018, 01:50	30.37
Tramo 9	1.616952	3.410	19dic2018, 01:50	29.92
tramo13	0.015902	1.044	19dic2018, 01:20	16.77
tramo14	0.178117	2.246	19dic2018, 01:20	20.79
tramo15	0.178117	1.953	19dic2018, 01:25	19.95
tramo16	0.253502	0.576	19dic2018, 01:25	2.09

ANEXO XII

**RESULTADOS OBTENIDOS EN HEC-HMS SEGÚN CANAL
EXISTENTE AÑO 2012 PARA Pr 5 AÑOS**

Project: PROYECTO 2020 Gama Simulation Run: PRUEBA 2012 Pr 5 años

Start of Run: 19dic2012, 00:00 Basin Model: MODELADO A. 2012 SOLO CANAL
 End of Run: 19dic2012, 12:00 Meteorologic Model: MODELO MET 2012 Pr 5 AÑOS
 Compute Time: 13jul2020, 16:55:36 Control Specifications: Control Evento 2012

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (1000 M3)
SALIDA	2.9082	3.357	19dic2012, 02:55	36.28
SC_RURAL I	0.4640	0.683	19dic2012, 02:50	5.49
SC_RURAL II	0.2326	0.394	19dic2012, 02:35	2.75
SC_RURAL III	0.2290	0.361	19dic2012, 02:45	2.71
SC_RURAL IV	0.4131	0.706	19dic2012, 02:35	4.89
SC_RURAL V	0.2619	0.451	19dic2012, 02:35	3.10
SC_RURAL VI	0.8131	1.010	19dic2012, 03:10	9.62
SC_URB I	0.0259	0.173	19dic2012, 02:05	0.86
SC_URB II	0.0520	0.692	19dic2012, 01:40	1.92
SC_URB III	0.0533	0.306	19dic2012, 01:50	1.12
SC_URB IV	0.0425	0.238	19dic2012, 01:50	0.89
SC_URB IX	0.0326	0.157	19dic2012, 01:55	0.69
SC_URB V	0.0483	0.270	19dic2012, 01:50	1.02
SC_URB VI	0.0260	0.148	19dic2012, 01:50	0.55
SC_URB VII	0.0374	0.188	19dic2012, 01:55	0.79
SC_URB VIII	0.0978	0.377	19dic2012, 02:10	2.06

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (1000 M3)
SC_URB X	0.0237	0.222	19dic2012, 01:30	0.50
SC_URB XI	0.0550	0.321	19dic2012, 01:45	1.16
tramo 0	0.4640	0.670	19dic2012, 02:50	5.46
tramo 1-3	0.4899	0.726	19dic2012, 02:50	6.23
tramo 20-20A	1.6241	2.369	19dic2012, 02:35	21.52
tramo 3-5	0.5419	0.786	19dic2012, 02:40	8.06
tramo 5-8	0.8278	1.241	19dic2012, 02:35	11.72
tramo11-15	1.1736	1.717	19dic2012, 02:35	16.32
tramo15-17	1.2110	1.748	19dic2012, 02:35	16.86
tramo17-18	1.6241	2.431	19dic2012, 02:35	21.69
tramo19A-20	1.6241	2.401	19dic2012, 02:35	21.61
tramo19-19A	1.6241	2.410	19dic2012, 02:35	21.64
tramo20-24	1.6241	2.246	19dic2012, 02:40	21.15
tramo25-28	1.9838	2.847	19dic2012, 02:40	25.99
tramo28-31	2.0401	2.822	19dic2012, 02:35	26.91
tramo31-34	2.0401	2.709	19dic2012, 02:40	26.61
tramo34-41	2.0951	2.428	19dic2012, 02:45	26.66
tramo8-9	0.8703	1.325	19dic2012, 02:35	12.53
tramo9A-11	1.1476	1.731	19dic2012, 02:35	16.04
Tramo9 - 9A	1.0993	1.664	19dic2012, 02:40	15.20

ANEXO XIII

PLANOS