

Análisis del Riesgo Hídrico de la Subcuenca Azcuénaga - Morón - Pcia. de Buenos Aires

Autores: Ing.Roberto L.Lanfranco, Ing.Eduardo Di Bella, Ing. José Rueda

Facultad de Ingeniería de la Universidad de Morón
e-mail: ingenieria @ unimoron.edu.ar

RESUMEN

La Subcuenca Azcuénaga comprendida en el tramo intermedio de la Cuenca del Arroyo Morón está situada en los alrededores del centro de la Ciudad de Morón, soporta inundaciones en ocasión de lluvias intensas que afectan a numerosos vecinos residentes, originando daños en sus viviendas y bienes, como asimismo impactando en las diferentes actividades civiles y comerciales de este importante centro urbano del Oeste del Gran Buenos Aires.

El Proyecto permitió ahondar el conocimiento de su morfología, precipitaciones, zonas críticas, red de drenaje, evolución de la napa freática, análisis del impacto ambiental y sugerir acciones a seguir en consecuencia.

INTRODUCCIÓN

Por estudios anteriores se reconoce la insuficiencia del drenaje superficial y de la red de desagües pluviales existente. Asimismo que acciones clandestinas contaminan las aguas que fluyen en el Arroyo Morón, a tal punto que el derrame en su seno puede considerarse como líquido semicloacal

Considerando la conectividad hidrológica que existe entre las diferentes fuentes de agua (atmosférica, superficial y subterránea), a efectos de evaluar con acierto los riesgos emergentes, se fijaron como **objetivos principales**: perfeccionar la delimitación de la subcuenca, conocimiento de su morfología, reconocimiento de zonas críticas, relevar la red de drenaje existente, informarse sobre la evolución de la napa freática, analizar el impacto ambiental y sugerir acciones a seguir en consecuencia.

METODOLOGÍA

Se compiló y actualizó con nuevos datos la información disponible

Con planialtimetría suministrada por la Municipalidad de Morón se estudiaron perfiles de todas las calles para analizar la distribución de pendientes e identificar cauces y bajos inundables.

Se analizaron las precipitaciones privilegiando los registros de las estaciones meteorológicas: Palomar y Morón del SMN , Castelar del INTA. Formulando un nuevo valor de la Precipitación Media para el área.

Se identificaron zonas críticas y por el método hidrometeorológico racional (lluvia - escorrentía) se calcularon caudales máximos superficiales en las mismas.

Se tomaron muestras del agua que escurre por el entubado del cauce principal y ductos que convergen bajo el cruce con vías del FCCS. Se analizaron las mismas en el Laboratorio de la Facultad de Ciencias Exactas de la UM. (Lic. D. Kuczynski)

Se consultó con personas residentes sobre datos y secuelas de los anegamientos a efectos de analizar su impacto ambiental.

Se relevó información sobre el registro y evolución de la napa freática, en base a la información suministrada por la Municipalidad de Morón.

RESULTADOS

Características

La superficie aproximada de la Subcuenca es de 3,444 km², drena desde una cota 27,27 msnm en su cabecera hasta desembocar en el Arroyo Morón (y el Aliviador Casullo) sobre una cota de 16,60 msnm. Limita al sur con la Subcuenca Boquerón, la Subcuenca Gaona Este al norte y la del A° Maldonado al este. Su longitud medida a lo largo de su cauce principal es de unos 3150 m, su ancho máximo es de unos 1250 m y su superficie comprende unas 240 manzanas. Está orientada en dirección sursureste – nornoroeste. (**Anexo 1**)

Los datos estadísticos suministrados por la Municipalidad de Morón, en relación a un total de 3.200.000 m² involucrados con el área son:

| | |
|---|--------------------------|
| Superficie del Manzanario: | 2.310.000 m ² |
| Superficie de Calles y Veredas: | 890.000 m ² |
| Superficie del Manzanario construida: | 1.330.000 m ² |
| Superficie del Manzanario no construida: | 980.000 m ² |
| Superficie de Calles y Veredas con pavimento: | 870.000 m ² |
| Superficie de Calles y Veredas sin pavimento: | 20.000 m ² |

Significa: Superficie Construída 42%, Pavimentos 27%, Areas Abiertas 31%

Morfología

En trabajos anteriores se realizaron tareas topográficas que relevaron perfiles de unos 9.300 m por nivelaciones geométricas distribuidas: 3.500 m en secciones longitudinales y 5.800 m en secciones transversales.

La Municipalidad de Morón facilitó una planialtimetría con curvas de nivel y puntos acotados en los nodos de intersección de los ejes de calles que posibilitó el reconocimiento de la geometría de la zona. Del análisis de las formas y pendientes se puede determinar el diseño del drenaje superficial modificado por la urbanización, que instaló una suerte de canales artificiales (sus calles).

Un corte longitudinal según el cauce principal (Calles: Paso, Castelli, French, Azcuénaga) permite observar en la cabecera de la subcuenca una pendiente promedio de 0,386 % en el tramo superior (desde cabecera hasta vías del FCCS), siendo en su tramo inferior (calle Azcuénaga hasta Aliviador Casullo) de un 0,260 %.

En la cabecera se observan tres bajos que originan retención y anegamientos, uno localizado en el entorno de las calles Pueyrredón, Maza, Acha y Castelli; otros comprendidos por las calles Castelli, Chiclana, Vieytes y Paso. En el tramo intermedio se observa un punto bajo de concentración en la intersección de la calle French con el terraplén de las vías del FCCS (calle Sarmiento) y otro en el entorno de la calle Cabildo entre las calles Machado y Azcuénaga.

Finalmente se observa una franja de bajos a lo largo de la margen derecha del Arroyo Morón (Cañada de Juan Ruiz).

Casi la totalidad de las calles estan pavimentadas; siendo la pendiente favorable y escasas las pérdidas por infiltración en las mismas, resulta fácil el escurrimiento aguas abajo, salvo en los bajos mencionados.

Las secciones transversales al cauce principal muestran que entre la cabecera y el tramo intermedio se manifiesta una significativa asimetría de pendientes entre ambas márgenes, ejemplos : calle Balcarce margen izq. 0,31% (entre P. Melián y Paso) - margen der. 0,76% (entre Pueyrredón y Paso) ; calle Vicente López margen izq. 0,61% (entre Córdoba y Castelli) - margen der. 1,11% (entre Pueyrredón y Castelli); calle Rivadavia margen izq. 0,33% (entre Belgrano y French)- margen der. 0,73% (entre Lancero y French). En el tramo inferior se acentúa la diferencia : calle Sarmiento margen izq. 0,43% (entre Salta y Azcuénaga) - margen der. 1,48% (entre D. Alvarez y Azcuénaga) , pero a partir de calle Galberler margen izq. 0,16% - margen der. 0,97% (entre Rawson y Azcuénaga) se suaviza hacia el norte el relieve topográfico y el derrame de las aguas se encauza además de la calle Azcuénaga por sus paralelas Larrea, Berutti, Donato Alvarez, Rawson colectando sus aportes el Aliviador Casullo y el Arroyo Morón por sumideros vinculados a sus entubados. (**Anexo 2**)

Diseño del Drenaje

El drenaje superficial de la Subcuenca responde a un sistema dendrítico con pendiente reducida donde sus calles se comportan como canales. Un canal principal de unos 3280 m y una red de aproximadamente 45000 m de longitud.

Los perfiles topográficos relevados por el método de nivelación geométrica más la información cartográfica suministrada por la Municipalidad, permiten visualizar las líneas de drenaje de distinto orden, el perfil longitudinal del cauce principal y sus pendientes.

A efectos de mejorar el escurrimiento de las aguas y aliviar puntos de detención se ha instalado una red pluvial con conductos que se disponen de la siguiente manera:

- Según el canal principal un conducto a lo largo de las calles: Castelli (300 m – diam. 800 mm), Sarratea (200 m – diam. 800 mm), French (290 m – diam. 800 mm / 210 m – diam. 1000 mm hasta Rivadavia, desde Rivadavia 220 m - modelo 3), Azcuénaga (1100 m – modelo 3).
- Para aliviar la retención de agua en la cabecera se instalaron conductos que permiten exportar las aguas que ellos colectan a subcuencas vecinas, según detalle:
Tubo de diam. 1500 mm por calle Pueyrredón desde Aberastain hasta Don Bosco (730 m).
Otros tubos por calle Maza entre Saavedra y French (375 m) diam. 600 mm, por French entre Maza y Acha (115 m) diam. 600 mm, por Acha entre Castelli y Campos (260 m) diam. 400 mm y entre Campos y Martín (200 m) diam. 600 mm, por Campos entre Maza y Acha (150 m) diam. 600 mm.

Puntos Críticos

Teniendo en cuenta el desarrollo de las inundaciones y por el reconocimiento de la subcuenca se pueden identificar dos zonas críticas en la cabecera, otra alrededor de un punto de concentración en su tramo intermedio (intersección del cauce y el terraplén de las vías del FCCS) que se proyecta en otra mancha que abarca la calle Azcuénaga y sus alrededores desde las vías y se despliega en el tramo inferior con mayor extensión en la confluencia con el Arroyo Morón.

El flujo superficial hortoniano aplicable a superficies impermeables en áreas urbanas registra para esas zonas : almacenamiento por detención superficial, bajo porcentaje de áreas de infiltración, insuficiente capacidad de evacuación de los sumideros y conductos; lo que asociado a pendientes favorables hacen que un volumen importante de excedentes pluviales se desplacen

sobre la superficie, provocando el anegamiento de calles y viviendas, donde numerosos vecinos soportaron un tirante de agua de 1 m frente a sus domicilios.

En razón de las pendientes de las márgenes en relación al cauce, el agua descontrolada queda confinada a lo largo de la traza del mismo y en los bajos mencionados. Dada la limitación del alcantarillado bajo el terraplén del FCDFS y calle French, si bien favorece al tramo inferior por regular parcialmente el aporte de la cabecera sobre la calle Azcuénaga, desarrolla en el lado sur del terraplén un importante espejo de inundación. Aguas abajo de las vías del ferrocarril, favorecida por la mayor pendiente de la margen derecha el descontrol tiende a desarrollarse con mayor facilidad en la margen occidental donde la inundación ocupa una mayor superficie.

Podemos distinguir seis puntos críticos :

1. En cabecera próximo al límite sur de la divisoria, se origina una mancha de inundación por falta de sumideros e insuficiente capacidad de los ductos que exportan aguas a la Av. Don Bosco y a la Subcuenca Boquerón
2. Faltan sumideros en el tramo superior del entubado, en evidencia cuando baja el espejo de inundación se demora su evacuación en relación al drenaje aguas abajo; calle Castelli entre V. López y Goffins
3. Falta extender la red pluvial a los bajos indicados en Castelli y Paso en sus intersecciones con Chiclana y Vieytes.
4. En el bajo que se destaca en la intersección de French y Sarmiento (encuentro con las vías del FCCS) y por efectos de la retención que origina el terraplén de ferrocarril se embalsa un importante volumen de agua
5. Falta extender la red pluvial en la calle Cabildo entre Sarmiento y Azcuénaga
6. La mancha de inundación se extiende y desarrolla en las zonas bajas próximas al cauce del Arroyo Morón, hoy entubado bajo la Cañada de Juan Ruiz (que resulta insuficiente). La solución puede encararse construyendo un nuevo aliviador que desagote al arroyo en el punto donde retoma su cauce natural a cielo abierto, otra solución sería estudiar un sistema de almacenamiento (aguas arriba).

En todos los casos debe revisarse la distribución, dimensión y característica de los sumideros

Todos los años ocurren tormentas que producen anegamientos proporcionales a su magnitud, que afectan domicilios, provocan caos en el tránsito y perjudican las actividades comerciales del centro de Morón.

Régimen de Lluvias

Se ha considerado la información pluviométrica facilitada por el Servicio Meteorológico Nacional (estaciones Palomar y Morón) y por la Estación Castelar del INTA. Estos datos abarcan desde Enero de 1981 a Marzo de 2008. De su análisis se aprecia el cambio climático en la Región, siendo las lluvias intensas más frecuentes en la última década.

En tormentas de gran intensidad, como las del 31/05/85, 6/05/92, 26/12/97, 7/02/99, 16/05/00, 17/04/02, 28/03/05, 25/01/06, 3/03/06, 2/03/07, 26/03/07, 28/02/08, 2/03/08, 26/03/08, el espejo de la inundación cubrió hasta un 20% de la superficie total de la subcuenca

En base a la información relevada se dibujó el hietograma de diseño por el método de bloques alternos, asociando los datos a una lluvia de dos horas de duración y recurrencia 20 años. Tomando los valores centrales de precipitación incremental en un lapso igual al tiempo de concentración : 1 hora para toda la subcuenca y 38 minutos para la cabecera hasta vías del FCDFS, y promediamos con valores obtenidos a partir de curvas y fórmulas compiladas por Obras Sanitarias de la Nación , se obtienen valores de intensidad media $R = 62 \text{ mm/h}$ y $R = 70 \text{ mm/h}$ respectivamente. **(Anexo 3)**

Cálculo Hidráulico

Conforme al desarrollo adoptado por la Dirección Nacional de Vialidad, Obras Sanitarias de la Nación y el tratamiento del tema en textos de la especialidad, se realizó el cálculo de los parámetros utilizados, siguiendo el Método Racional.

En este estudio preliminar se ha dividido el área total (344 ha) de la subcuenca en tres zonas: una en cabecera (207 ha) que se extiende hasta el FCDFS y con un punto crítico (alcantarillado bajo terraplén del ferrocarril en calle French) de salida al tramo inferior, otras dos en el tramo inferior (desde el FCDFS hasta aliviador Casullo y el A° Morón); la que concentra sobre el cauce de calle Azcuénaga (50 ha) canaliza por superficie y por el conducto módulo 3 sus aportes, mientras que la restante (87 ha) derrama sus efluentes por calles paralelas a Azcuénaga hasta verter sobre el aliviador y el Arroyo entubado.

Adoptando un coeficiente de escorrentía promedio de los valores que resultan de los lineamientos utilizados por la Dirección Nacional de Vialidad, estándares de Austin (Texas) y por Frühling: 0.85 para la cabecera y 0.90 para el tramo inferior, una intensidad de lluvia de 70 mm/h, para un aguacero de 60 minutos se calcula un caudal en el paso bajo las vías férreas (calle French) de 28,3 m³/s durante los primeros 20 minutos y de 34,2 m³/s durante los subsiguientes 40 minutos. La capacidad de evacuación del alcantarillado tipo cajón escurriendo llena según el Hydraulic Design of Highway Culverts, asumiendo que la velocidad en el tubo es similar que en la sección libre, alcanza los 21,3 m³/s, lo que implica un descontrol de 7 m³/s para los primeros 20 minutos y de 12,9 m³/s los 40 minutos restantes, lo que significa un descontrol de 39.360 m³ de agua que si bien son retenidos en su progreso sobre el tramo inferior provocan anegamientos en los alrededores del costado sur de las vías. Pese al alivio de esa detención las características del tramo inferior no escapan al fenómeno de inundación dado que el aporte propio más lo que llega por superficie y el tubo modelo alcanza unos 30 m³/s en su descarga sobre el aliviador Casullo y el A° Morón, comprometidos con el aporte de subcuencas superiores, pese a lo mencionado se relevó en el vecindario próximo al arroyo que las mejoras por el aliviador y obras anexas traen un importante alivio en sus domicilios.

Simultáneamente, las aguas que capta el área de unas 87 ha que no aportan sobre el entubado de Azcuénaga y fluyen por calles paralelas, suman unos 15,2 m³/s distribuidos en distintos sumideros del aliviador y del arroyo. **(Anexo 4)**

Análisis de Muestras de Agua

El resultado de los análisis de las muestras de agua tomadas en la cámara de enlace bajo las vías del FCCS muestran que en el tubo principal (modelo 3) corren líquidos con un importante contenido de bacterias coliformes características de la contaminación cloacal. El aporte de un caño lateral correspondería a un bombeo proveniente de alivio de la napa freática, por estar libre de contaminación de residuos y bacteriana.

Napa Freática

El Municipio ha instalado y viene registrando una red de freatímetros en la región, de los cuales 12 están en la subcuenca y sus proximidades. Las mediciones se inician a partir del 11/09/2001, su lectura es periódica y reflejan la progresión de la superficie freática (como es de esperar) hacia el arroyo, como anomalía se observa un valor crítico (-1.30m del nivel del terreno) el 17/10/07 y el 14/05/08 en el freatímetro de Maza 295 y Castelli. Contemporáneamente se iniciaron saneamientos en algunos puntos críticos por bombeo a fin de deprimir la napa. No se toman valores de la piezométrica de la formación puelche (principal acuífero de la zona) y no se podrá analizar en consecuencia, la comunicación hidráulica con la freática y el comportamiento global del agua subterránea.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El acceso a datos básicos confiables, tanto meteorológicos como de relevamiento es muy laborioso y poco sencillo, información que debiera estar fácilmente disponible considerando que se genera a través del erario público.

La estadística de las precipitaciones muestra un aumento de la intensidad media a partir de 1994 en relación a los valores históricos, que se acentúa en aguaceros breves (hasta unos 40 minutos de duración) y se originan excedentes que desbordan ampliamente la red canalizada provocando anegamientos de calles y viviendas.

La red pluvial que se viene construyendo desde hace unos setenta años es insuficiente frente al crecimiento de la superficie construida y pavimentada. Al entubarse el A° Morón se agregó otro factor distorsionante en la salida de las subcuencas, quedando acotada la descarga por limitación propia y falta de capacidad de los conductos del arroyo, que en tormentas críticas transportan colmados y a presión.

La construcción de los aliviadores e inclusión de algunas obras auxiliares, trajeron alivio a los pobladores de las zonas bajas, pero desafortunadamente la solución no es completa y al producirse meteoros importantes es común observar el corte de calles y aún algunos anegamientos que no lograron erradicarse.

Es necesario proseguir con un estudio y proyectos para definir un sistema de alivio que resuelva definitivamente el drama de los inundados. Existen dos alternativas: una de ellas construir un aliviador que debe contemplar su desembocadura en el sitio donde el A° Morón restituye su situación de cauce a cielo abierto, es una solución que además de sus costos tiene la complicación emergente de ser una zona altamente urbanizada; otra solución es diseñar un sistema de almacenamiento, además de su costo por las razones expuestas plantea la problemática de la falta de cultura ciudadana en respetar las disposiciones que preservan la eficiencia de las instalaciones; de todos modos debieran evaluarse ambas opciones.

Debe densificarse la red de freáticos. Midiendo el nivel piezométrico de la napa y de la formación puelche, junto con algunos ensayos de bombeo se podrá tener un mejor reconocimiento del comportamiento del agua subterránea. No debe omitirse el seguimiento de su contaminación y control a nivel del Municipio.

EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

El drama de las inundaciones conlleva un alto impacto negativo sobre la población y el medio ambiente afectando distintos aspectos de los mismos entre los cuales se destacan la contaminación ambiental, el impacto al medio social y económico, y así como también a aspectos de interés humano.

En lo relativo a la contaminación ambiental el impacto se manifiesta en la contaminación de las napas, contaminación de las aguas subterráneas, de las aguas superficiales (Arroyo Morón), de la atmósfera por aire enrarecido y gases tóxicos y asimismo en contaminación de los suelos.

En lo que hace a la faz social deteriora la salud pública de los habitantes causando enfermedades físicas (contraídas por virus y bacterias) y enfermedades mentales (Depresiones, estado de pánico, etc.), llegando en casos extremos a producir la pérdida de seres humanos.

En lo económico se resalta la afectación de las estructuras de los edificios construidos y a construir disminución del valor de las propiedades, pérdidas económicas en bienes muebles e inmuebles, producciones de fabricas, mercaderías de comercios, y del erario público a través merma de ingresos en las tasas municipales, provinciales y nacionales, pérdidas de jornadas laborales, caos en el tránsito vehicular, etc.

En los aspectos de interés humano trae pérdidas de valores históricos (Edificios), culturales, arquitectónicos, educativos (pérdida de días de clases) etc.

ACCIONES SUGERIDAS.

Ejecutar las obras definitivas que resuelvan la problemática planteada o en su defecto realizar obras provisorias que constituyan paliativos que disminuyen los anegamientos de las calles, mermen los impactos negativos y mejoren el uso y disponibilidad del agua

Intensificar el control por parte de la autoridad competente que ejerza el poder de policía sobre las conexiones clandestinas a los desagües pluviales que transforman el desagüe pluvial en un líquido cloacal altamente contaminante e incrementan el caudal a evacuar por la red pluvial

Limpieza periódica y efectiva de los sumideros y de los conductos pluviales

Campañas de educación de higiene urbana a nivel Municipal, Instituciones, escuelas y comunidad que de conciencia a la población sobre la problemática que trae aparejado la acumulación y permanencia de los residuos sólidos (Basura) en las calles desde el punto de vista ambiental como asimismo de la pérdida de capacidad de conducción de la red pluvial al trabajar obstaculizada (pérdida de sección útil)

Asimismo se recomienda incrementar la instalación de cestos para arrojar basura en todas las calles a los fines que proveer a la comunidad de elementos contención de la misma logrando de esta forma aliviar la red pluvial y mejorar la higiene urbana.

Adecuar el control municipal sobre el cumplimiento de los códigos de planeamiento y edificación en las nuevas construcciones, dado los requerimientos actuales de urbanización y la creciente densidad de ocupación territorial.

Control mediante la densificación de la red de freáticos de la napa freática y comportamiento global del agua subterránea.

Desarrollar un sistema de alerta meteorológica de las inundaciones, implementar un programa de depresión de las napas freáticas y mejorar la calidad del agua en superficie y subterránea.

Participación de la comunidad canalizando la misma a través de distintas organizaciones aunando esfuerzos con Universidades, Instituciones, Entes Técnicos y autoridades, bregando para incrementar la inversión en proyectos y obras hidráulicas que permitan resolver el problema de que se trata.

Cuantificación y cualificación mediante una matriz de impacto ambiental de los factores afectados.

ANTECEDENTES

Proyecto 3A 001/97 - "Estudio Topográfico e Hidrológico de la Cuenca del Arroyo Morón"

Proyecto 3B 00/99 - "Adquisición de datos básicos y análisis hidrológico de la Subcuenca Azcuénaga"

"Características Morfológicas e Hidráulicas del Arroyo Morón y las implicancias ambientales y urbanísticas en su curso medio". XIV Congreso Geológico Argentino - Salta, Setiembre de 1999.

"Flood peak abatement's analysis and urban run off process in urban stormwater around the Moron District"

31st International Geological Congress - Río de Janeiro - Brasil, Agosto de 2000.

"Análisis Hidrológico de la Subcuenca Azcuénaga - Morón - Pcia de Buenos Aires"

XV Congreso Geológico Argentino - Calafate (Pcia. Santa Cruz) - Abril de 2002

Proyecto 3A 001/04 - Estrategias para reducir el riesgo hídrico en la Cuenca Azcuénaga - Morón - Pcia. de Buenos Aires

Nota: Los Proyectos son trabajos de Investigación realizados por la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Morón

DEFINICIONES - GLOSARIO

ALCANTARILLA.-Conducto subterráneo para conducir agua de lluvia, aguas servidas o una combinación de ellas.

ALCANTARILLADO PLUVIAL.- Conjunto de alcantarillas que transportan aguas de lluvia.

ALINEAMIENTO.- Dirección en el plano horizontal que sigue el eje del conducto.

ANEGAMIENTO - Almacenamiento temporal de aguas superficiales, origen de inundaciones

ARROYADA - Proceso de transporte del material meteorizado por las aguas no canalizadas de forma estable y permanente, que circulan con carácter temporal

BASE - Capa de suelo compactado, debajo de la superficie de rodadura de un pavimento.

BERMA.- Zona lateral pavimentada o no de las pistas o calzadas, utilizadas para realizar parada de emergencias y no causar interrupción del tránsito en la vía

BUZON.- Estructura de forma cilíndrica generalmente de 1.20m de diámetro. son construidos de mampostería o con elementos de concreto, prefabricados o construidos en el sitio, puede tener recubrimiento de material plástico o no, en la base del cilindro se hace una sección semicircular la cual es encargada de hacer la transición entre un colector y otro. Se usan al inicio de la red, en las intersecciones, cambios de dirección, cambios de diámetro, cambios de pendiente, su separación es función del diámetro de los conductos y tiene la finalidad de facilitar las labores de inspección, limpieza y mantenimiento general de las tuberías así como proveer una adecuada ventilación.

CALZADA.- Porción de pavimento destinado a servir como superficie de rodadura vehicular

CANAL.- Conducto abierto o cerrado que transporta agua de lluvia.

CAPTACIÓN.- Estructura que permite la entrada de las aguas hacia el sistema pluvial.

CARGA HIDRAULICA.- Suma de las cargas de velocidad.. presión y posición.

COEFICIENTE DE ESCORRENTIA.- Coeficiente que indica la parte de la lluvia que escurre superficialmente.

COEFICIENTE DE FRICCIÓN.-Coeficiente de rugosidad de Manning, parámetro que mide la resistencia al flujo en las canalizaciones.

CORTE.- Sección de corte.

CRECIDA: Hasta donde llega el agua superficial durante los caudales máximos de un evento hidrológico (ordinaria, máxima anual media, extraordinaria, centenaria)

CRECIENTES: Eventos extraordinarios que se presentan en los cauces de las corrientes naturales durante caudales que superan con creces los valores medios normales

CUENCA.- Es el área de terreno sobre la que actúan las precipitaciones pluviométricas y en las que las aguas drenan hacia una corriente en un lugar dado.

CUNETETA.- Estructura hidráulica descubierta, estrecha y de sentido longitudinal destinada al transporte de aguas de lluvia, generalmente situada al borde de la calzada.

DENUDACIÓN: Erosión debida a lluvias, heladas, viento ó agua, de la materia sólida terrestre. A menudo supone la pérdida del suelo hasta la roca madre

DIVISORIA DE AGUAS: Es un límite natural desde donde el agua de escorrentía fluye en direcciones opuestas

DREN.- Zanja o tubería con que se efectúa el drenaje.

DRENAJE : Cualquier medio por el que el agua contenida en una zona fluye a través de cursos fluviales y de infiltraciones en el terreno

DRENAJE URBANO.- Drenaje de poblados y ciudades siguiendo criterios urbanísticos.

DURACIÓN DE LA LLUVIA.- Es el intervalo de tiempo que media entre el principio y el final de la lluvia y se expresa en minutos.

ENCHARCAMIENTO: Acumulación de agua de riego y/o de lluvia en exceso en la superficie del terreno. Se elimina aplicando drenaje superficial

EJE.- Línea principal que señala el alineamiento de un conducto o canal.

ENTRADA.- Estructura que capta o recoge el agua de escorrentía superficial de las cuencas.

ESTRUCTURA DE UNION.- Cámara subterránea utilizada en los puntos de convergencias de dos o mas conductos. pero que no está provista de acceso desde la superficie. Se diseña para prevenir la turbulencia en el escurrimiento dotándola de una transición suave,

ESCORRENTÍA: Conjunto de las aguas que se desplaza por la superficie terrestre gracias a la fuerza de la gravedad (lámina de agua que circula en una cuenca de drenaje)

FRECUENCIA DE LLUVIAS- Es el número de veces que se repite una precipitación de intensidad dada en un período de tiempo determinado, es decir el grado de ocurrencia de una lluvia.

FILTRO, Material natural o artificial colocado para impedir la migración de los finos que pueden llegar a obturar los conductos, pero que a la vez permiten el paso del agua en exceso para poder ser evacuada.

FLUJO UNIFORME.- Flujo en equilibrio dinámico, es aquel en que la altura del agua es la misma a lo largo del conducto y por tanto la pendiente de la superficie del agua es igual a la pendiente del fondo del conducto.

HIETOGRAMA.- Distribución temporal de la lluvia usualmente expresada en forma gráfica. En el eje de las abscisas se anota el tiempo y en el eje de las ordenadas la intensidad de la lluvia.

HIDROGRAMA: Es un gráfico que muestra la variación en el tiempo de alguna información Hidrológica tal como: nivel de agua, caudal, carga de sedimentos, etc.

HIDROGRAMA UNITARIO- Hidrograma resultante de una lluvia efectiva unitaria (1 cm), de intensidad constante, distribución espacial homogénea y una duración determinada.

INTENSIDAD DE LA LLUVIA .- Es el caudal de la precipitación pluvial en una superficie por unidad de tiempo. Se mide en milímetros por hora (mm/hora) y también en litros por segundo por hectárea (ls / seg. Ha).

ISOHIETAS : Líneas de puntos con la misma precipitación

IMPACTO AMBIENTAL: Alteraciones al medio en su aspecto integral : físico, biológico y antrópico producido por una acción determinada

LLUVIA EFECTIVA.- Porción de lluvia que escurrirá superficialmente. Es la cantidad de agua de lluvia que queda de la misma después de haberse infiltrado, evaporado o almacenado en charcos.

MITIGACIÓN: Acciones destinadas a reducir la vulnerabilidad y los daños potenciales sobre la vida y los bienes de los habitantes

MODELO: Se entiende para un sistema hídrico como el procedimiento matemático que permite simular la evolución de las variables durante el desarrollo de un fenómeno natural y de potenciales acciones sobre la cuenca hídrica

MONTANTE.- Tubería vertical por medio de la cual se evacua las aguas pluviales de los niveles superiores a inferiores.

PAVIMENTO.- Conjunto de capas superpuestas de diversos materiales para soportar. el tránsito vehicular.

PELO DE AGUA.- Nivel que alcanza el agua en un conducto libre.

PENDIENTE LONGITUDINAL - Es la inclinación que tiene el conducto con respecto a su eje longitudinal.

PENDIENTE TRANSVERSAL.- Es la inclinación que tiene el conducto en un plano perpendicular a su eje longitudinal.

PERIODO DE RETORNO.- Período de retomo de un evento con una magnitud dada, es el intervalo de recurrencia promedio entre eventos que igualan o exceden una magnitud especificada.

PRECIPITACIÓN.- Fenómeno atmosférico que consiste en el aporte de agua a la tierra en forma de lluvia, llovizna, rocío, nieve o granizo.

PRECIPITACION EFECTIVA.- Es la precipitación que no se retiene en la superficie terrestre y tampoco se infiltra en el suelo.

PONDING (LAGUNAS DE RETENCION), Sistema de retención de agua de lluvias para retardar su ingreso al sistema de drenaje existente, a fin de no sobrecargarlo.

RADIER.- Disposición geométrica de formas, declives y niveles de fondo que impiden la obstrucción de las entradas y favorecen el ingreso del flujo de agua al sistema de drenaje.

RASANTE.- Nivel de fondo terminado de un conducto del sistema de drenaje.

REJILLA.- Estructura de metal con aberturas generalmente de tamaño uniforme utilizadas para retener sólidos suspendidos o flotantes en aguas de lluvia o aguas residuales y no permitir que tales sólidos ingresen al sistema.

REGISTRO.- Estructura subterránea que permite el acceso desde la superficie a un conducto subterráneo continuo con el objeto de revisarlo, conservarlo o repararlo.

REVESTIMIENTO.- Recubrimiento de espesor variable que se coloca en la superficie interior de un conducto para resistir la acción abrasiva de los materiales sólidos arrastrados por el agua y/o neutralizar las acciones químicas de los ácidos y grasas que pueden contener los desechos acarreados por el agua.

SISTEMAS DE EVACUACION POR GRAVEDAD.- Aquellos que descargan libremente al depósito de drenaje, ya sea natural o artificial.

SUMIDERO.- Estructura destinada a la captación de las aguas de lluvias, localizados generalmente antes de las esquinas con el objeto de interceptar las aguas antes de la zona de tránsito de peatones. Concentran generalmente a los buzones de inspección.

TIEMPO DE CONCENTRACION.- Es definido como el tiempo requerido para que una gota de agua caída en el extremo más alejado de la cuenca, fluya hasta los primeros sumideros y de allí a través de los conductos hasta el punto considerado.

El tiempo de concentración se divide en dos partes: el tiempo de entrada y el tiempo de fluencia. El tiempo de entrada es el tiempo necesario para que comience el flujo de agua de lluvia sobre el terreno desde el punto más alejado hasta los sitios de admisión, sean ellos sumideros o bocas de torrente.

El tiempo de fluencia es el tiempo necesario para que el agua recorra los conductos desde el sitio de admisión hasta la sección considerada.

TIEMPO DE RECURRENCIA: Es el tiempo que, a partir de análisis probabilísticos, ocurre en promedio un evento aleatorio (ej. Las crecidas de un río).

TUBERIAS RANURADAS.- Tuberías de metal con aberturas en la parte superior para permitir la entrada de las aguas pluviales.

VELOCIDAD DE AUTOLIMPIEZA.- Velocidad de flujo mínima requerida que garantiza el arrastre hidráulico de los materiales sólidos en los conductos evitando su sedimentación.

VEREDA.- Senda cuyo nivel está encima de la calzada y se usa para el tránsito de peatones. Se le denomina también como acera.

VERTIENTE: Declive por donde puede correr el agua

VIAS CALLE.- Cuando toda la calzada limitada por los cordones se convierte en un canal que se utiliza para evacuar las aguas pluviales. Excepcionalmente puede incluir las veredas

BIBLIOGRAFÍA

Ven Te Chow, D.R. Maidment, L.W. Mays. - Hidrología Aplicada, Edit. Mc Graw-Hill, Colombia 1998

Germán Monsalve Sáenz - Hidrología en la Ingeniería, Edit. Alfaomega, Colombia 1999

Ven Te Chow - Hidráulica de Canales Abiertos, Edit. Viana, Mexico 1993

Aparicio F. - Fundamentos de Hidrología de Superficie, Edit. Limusa Noriega, Barcelona 1996

Stanley N. Davis, R. J. M. Wiest - Hidrogeología, Edit. Ariel, Barcelona 1971

Ordenanzas municipales, Legislación provincial y nacional

Kuczynski D. - Atlas Ecológico del Arroyo Morón, Universidad de Morón 1991

Bedient P. y Huber W. Hydrology and Floodplain Analysis. Edit. Addison - Wesley. 1992

Benjamin J. Y Cornell C. Probability, Statistics, and Decision for Civil Engineers. Edit. Mc Graw - Hill. 1970
Clarke R. Stochastic Processes for Water Scientists Developments and Applications. Edit John Wiley & Sons. 1998
Custodio E. y Llamas M.R. Hidrología Subterránea. Tomos I y II. Edit. Omega. 1976
Nuevas Tecnologías para contribuir a la solución de las inundaciones en grandes ciudades. Ing. A. Secchi – Instituto Nacional del Agua
Norma Técnica O.S. 060 - Drenaje Pluvial Urbano – Reglamento Nacional de Edificaciones – PERU

Palabras Clave: Riesgo, Hídrico, Subcuenca, Azcuénaga, Morón

ANEXOS

- 1 - Localización
- 2 – Morfología
- 3 – Hietogramas de diseño (planillas)
- 4 – Cálculo Hidráulico

CUENCA HIDRICA DEL ARROYO MORON

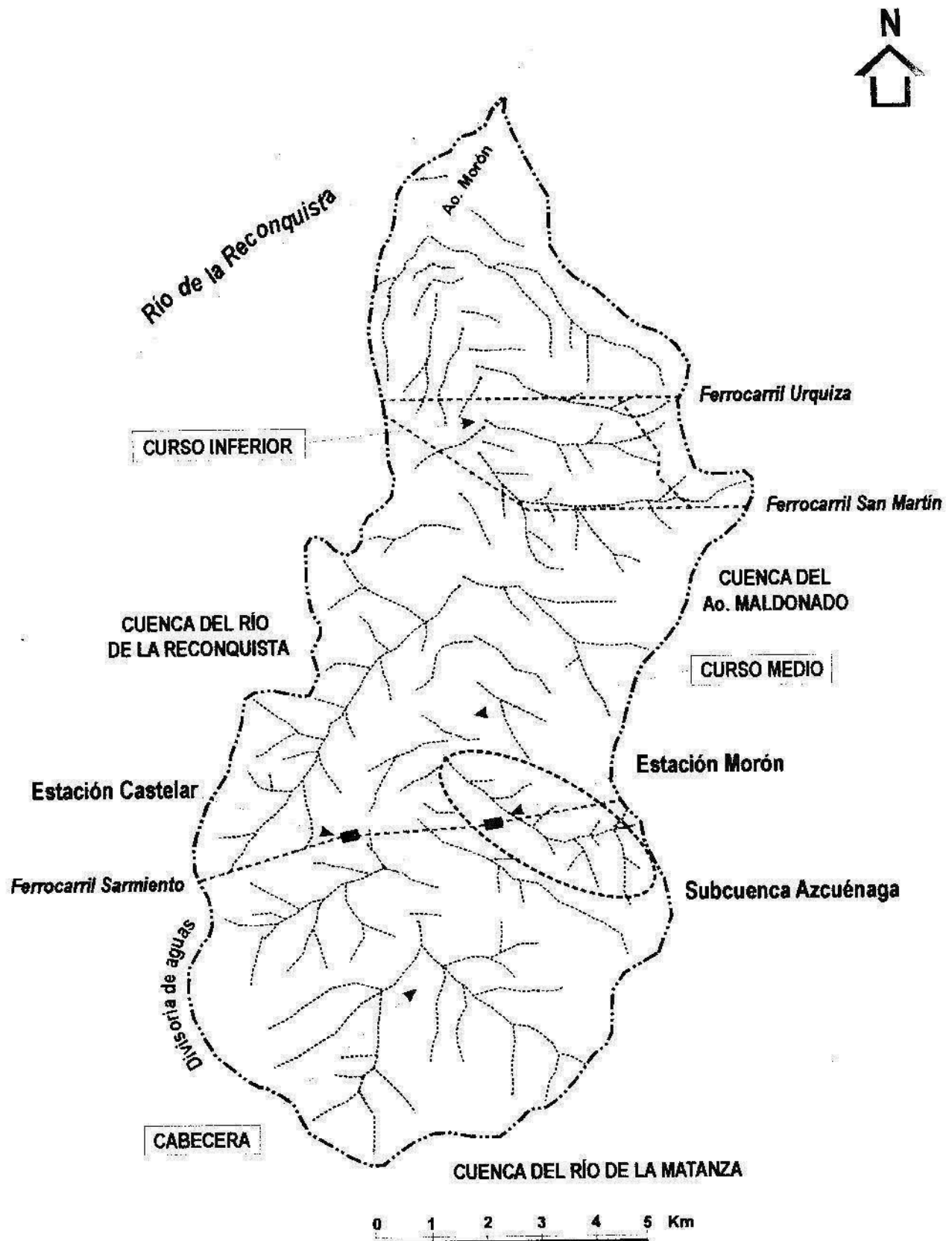


Figura 1

CUENCA ARROYO MORÓN

Figura 1

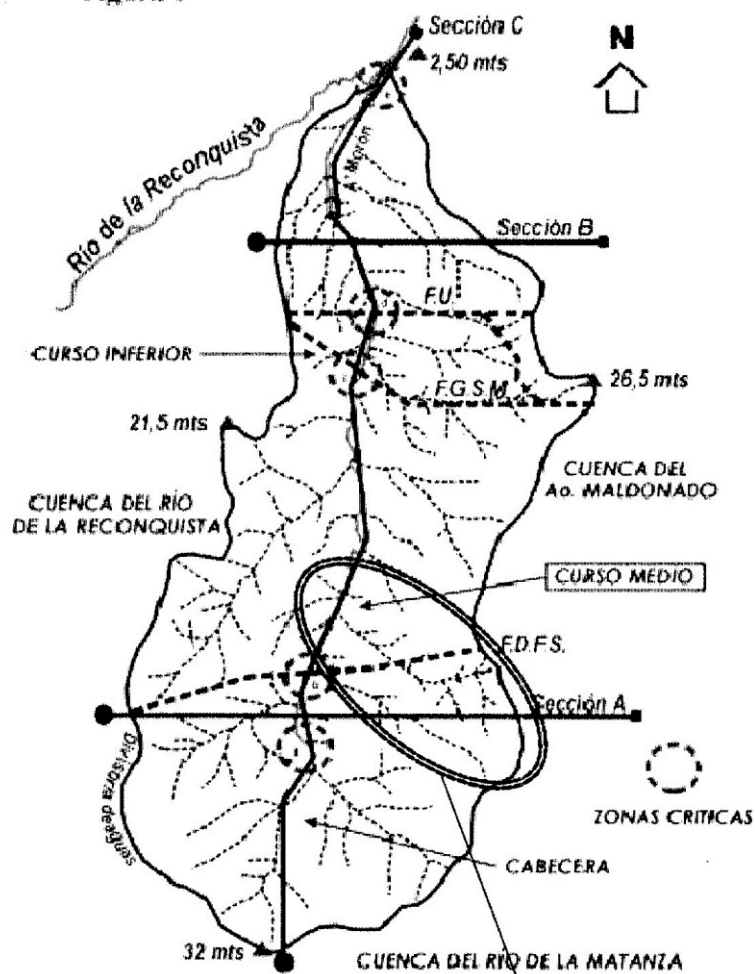
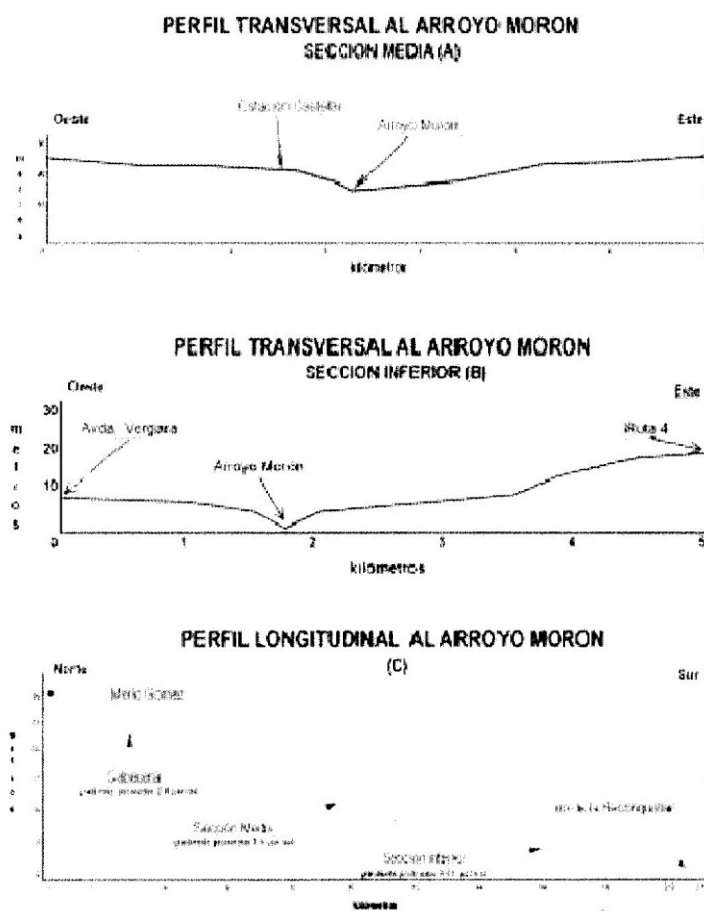


Figura 2

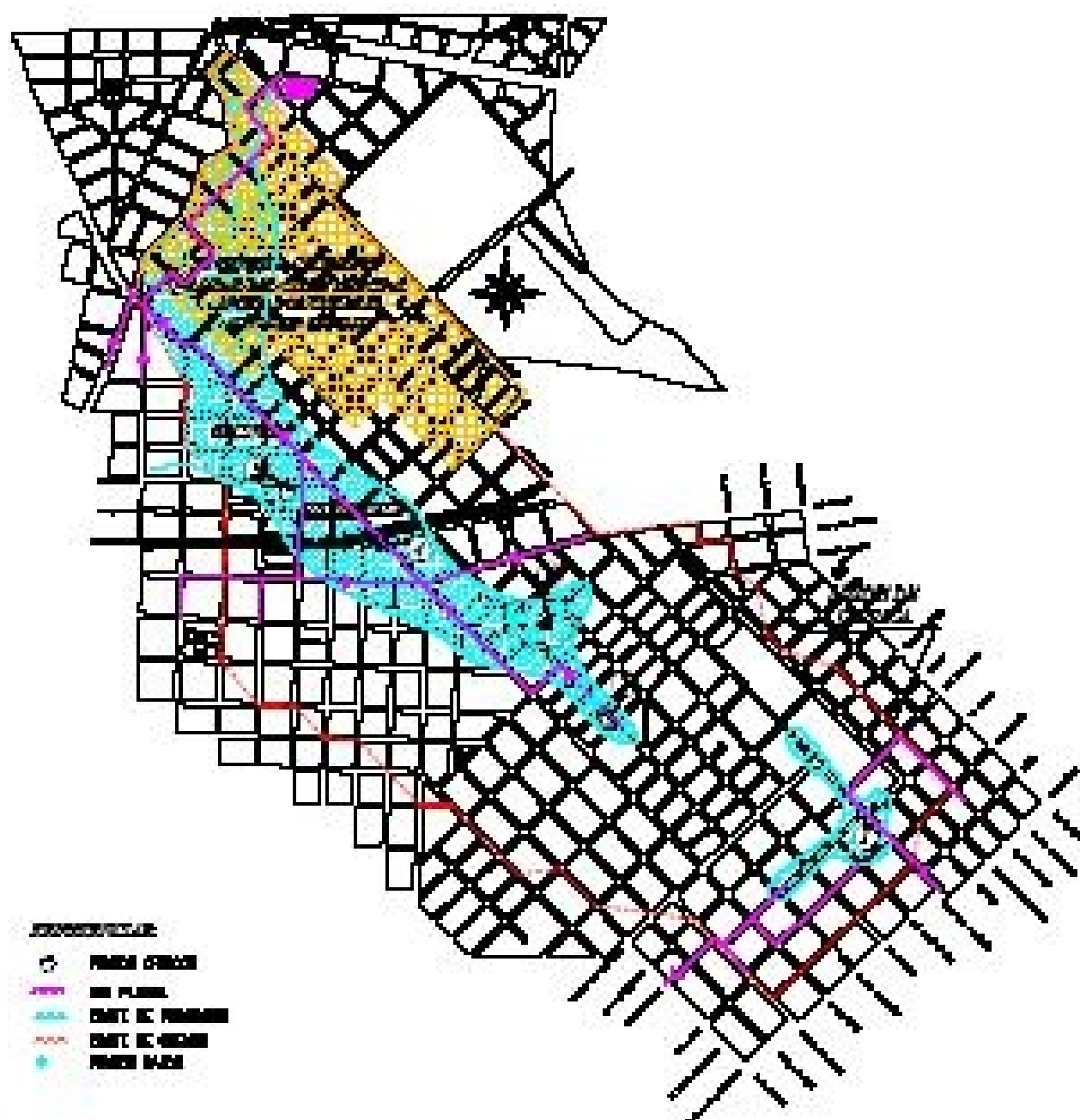


SUBCUENCA
AZCUENAGA

UNIVERSIDAD DE MORÓN
ANÁLISIS DEL RIESGO HIDRICO DE LA SUBCUENCA AZCUBENAGA
- MORÓN - PROVINCIA DE BUENOS AIRES -
PROYECTO 03 - 001 - 2006

ANEXO I

POSTER REPRESENTATIVO

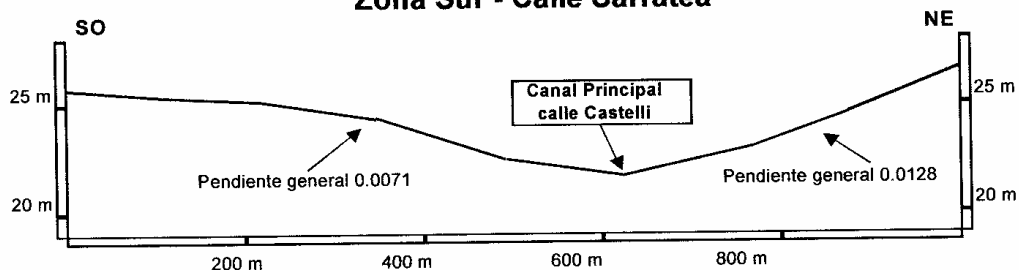


SUBCUENCA AZCUENAGA

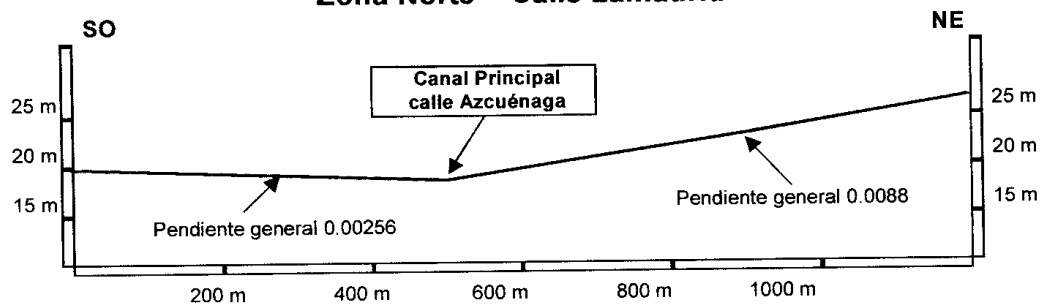
MORFOLOGIA

SECCIONES TRANSVERSALES

Zona Sur - Calle Sarratea

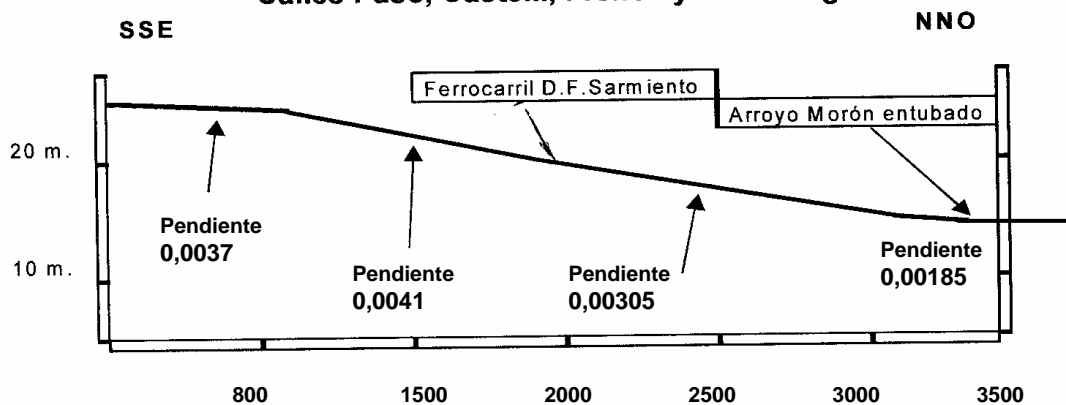


Zona Norte - Calle Lamadrid



SECCION LONGITUDINAL

Calles Paso, Castelli, French y Azcuénaga



ANEXO 3

| HIETOGRAMA de DISEÑO - Método de los Bloques Alternos | | | | | | | | | |
|---|--|-------|-----------|---------|----------|------------|-----------------------------|--|--|
| Fórmulas de O.S.N - 2 horas de duración - Recurrencia 20 años | | | | | | | | | |
| $i = 4475 / (t + 8)$ de 5 a 40 min - $i = 1195 / t^{0,7}$ de 40 a 240 min | | | | | | | | | |
| Intervalos | | I m | Precipit. | P Incr. | P In.Or. | I m Orden. | | | |
| At min | | mm/h | P (mm) | mm | mm | mm/h | | | |
| 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| 10 | | 248,6 | 41,4 | 41,4 | 2,3 | 13,8 | | | |
| 20 | | 159,8 | 53,3 | 11,9 | 2,4 | 14,4 | | | |
| 30 | | 117,8 | 58,9 | 5,6 | 2,8 | 16,8 | | | |
| 40 | | 93,2 | 62,1 | 3,2 | 3,6 | 21,6 | | | |
| 50 | | 77,3 | 64,4 | 2,3 | 5,6 | 33,6 | | | |
| 60 | | 68,0 | 68,0 | 3,6 | 41,4 | 248,4 | | | |
| 70 | | 61,1 | 71,3 | 3,3 | 11,9 | 71,4 | | | |
| 80 | | 55,6 | 74,1 | 2,8 | 3,2 | 19,2 | | | |
| 90 | | 51,2 | 76,8 | 2,7 | 3,3 | 19,8 | | | |
| 100 | | 47,6 | 79,2 | 2,4 | 2,7 | 16,2 | | | |
| 110 | | 44,5 | 81,6 | 2,4 | 2,4 | 14,4 | | | |
| 120 | | 41,9 | 83,8 | 2,2 | 2,2 | 13,2 | | | |
| | | | | 83,8 | | 502,8 | $x 10 / 60 = 83,8\text{mm}$ | | |
| Coeficiente de avance de la tormenta = 0.40 | | | | | | | | | |
| Para Tc 1 hora es R = 69 mm/h ; Tc = 40 min es R = 93.15 mm/h | | | | | | | | | |

| HIETOGRAMA de DISEÑO - Método de los Bloques Alternos | | | | | | | | | |
|---|-------|-----------|---------|----------|------------|------------------------------------|--|--|--|
| Fórmulas de O.S.N - 2 horas de duración - Recurrencia 10 años | | | | | | | | | |
| $i = 3240 / (t + 8)$ de 5 a 40 min - $i = 1041 / t^{0,7}$ de 40 a 240 min | | | | | | | | | |
| Intervalos | I m | Precipit. | P Incr. | P In.Or. | I m Orden. | | | | |
| At min | mm/h | P (mm) | mm | mm | mm/h | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| 10 | 180,0 | 30,0 | 30,0 | 1,6 | 9.6 | | | | |
| 20 | 116,0 | 38,7 | 8,7 | 2,4 | 14.4 | | | | |
| 30 | 86,0 | 43,0 | 4,3 | 2.8 | 16,8 | | | | |
| 40 | 78,7 | 52,5 | 9,5 | 4,2 | 25,2 | | | | |
| 50 | 68,0 | 56,7 | 4,2 | 8,7 | 52,2 | | | | |
| 60 | 59,0 | 59,0 | 2,3 | 30,0 | 180,0 | | | | |
| 70 | 53,0 | 61,8 | 2,8 | 9,5 | 57,0 | | | | |
| 80 | 48,5 | 64,6 | 2,8 | 4,3 | 25,8 | | | | |
| 90 | 45,0 | 67,5 | 2,9 | 2,9 | 17.4 | | | | |
| 100 | 41,5 | 69,1 | 1,6 | 2,8 | 16.8 | | | | |
| 110 | 39,0 | 71,5 | 2.4 | 2.3 | 13.8 | | | | |
| 120 | 36,5 | 73,0 | 1,5 | 1,5 | 9,0 | | | | |
| | | | 73.0 | | 438.0 | $\times 10 / 60 = 73.0 \text{ mm}$ | | | |
| Coeficiente de avance de la tormenta = 0.40 | | | | | | | | | |
| Para Tc 1 hora es R = 59.6h : Tc = 40 min es R = 78.75 mm/h | | | | | | | | | |

MEMORIA DE CALCULO

Por análisis de la Planialtimetría suministrada por la Municipalidad, fruto de un relevamiento aerofotogramétrico procesado en la década del 90, perfiles de nivelación realizados por alumnos de la Facultad de Ingeniería y recorrida del terreno, se pudo trazar la divisoria de aguas que encierra una superficie total para la subcuenca de unas 344 ha, divididas en tres zonas: una desde la cabecera hasta las vías del FCCS comprende unas 207 ha, otra entre las vías del ferrocarril y la Cañada de Juan Ruiz (cauce del A° Morón, entubado) de 50 ha; ambas vierten sobre el cauce principal de la subcuenca que en el tramo superior se identifica con las calles Paso, Castelli y French y en el tramo inferior con la calle Azcuénaga; una tercer zona en el tramo inferior de unas 87 ha, por el sentido de las pendientes dominantes vierte directamente por sus calles sobre el Aliviador Casullo y el entubado del A° Morón.

En el tramo superior existe una superficie de unas 27,6 ha que drenan por sendos conductos a cuencas vecinas, estos conductos exportan aguas hasta su saturación luego se origina en sus bajos una mancha apreciable de inundación y sus excedentes se suman al escurrimiento hacia las vías férreas por calle French. En el punto crítico de cruce de vías es donde por las limitaciones del pluvial y alcantarillas (actúan como tales: una cámara de enlace y un paso peatonal) se produce una importante acumulación de agua favorecida por el endicamiento que origina el terraplén del ferrocarril.

Para calcular el Tiempo de Concentración desde cabecera al cruce de French y las vías, se toma una longitud del cauce $L = 2205$ m. A partir de las cotas nodales de los cruces de calles: Cullen/Paso, Paso/Monte, Monte/Castelli, Castelli/C.Cambon, C.Cambon/French y French/Sarmiento, se calculó una pendiente promedio ponderal de $i_m = 0,00386$.

Para calcular el Tiempo de Concentración total de la subcuenca (desde cabecera hasta su desembocadura en el A° Morón), se adiciona la longitud del cauce a lo largo de la calle Azcuénaga, desde las vías del FCCS hasta su encuentro con Cañada de Juan Ruiz (A° Morón entubado) $L = 1075$ m, pendiente media $i_m = 0,00258$. En consecuencia tenemos una longitud total del cauce $L_t = 3280$ m, pendiente media $i_m = 0,00344$.

Se analizaron distintas fórmulas empíricas:

- 1 – Fórmula de Kirpich
- 2 – Fórmula del California Culverts Practice
- 3 - Fórmula del Federal Aviation Administration
- 4 – Ecuación del retardo del SCS (Soil Conservation Service)
- 5 – Fórmula del método de la Velocidad del SCS
- 6 – Fórmula de George Rivero
- 7 – Fórmula utilizada por la DNV, Ing. F.G.O. Rühle

Por la coherencia de sus resultados en relación con las características de la subcuenca, se promediaron los valores obtenidos por las fórmulas: 5, 6 y 7. Los resultados son: Tiempo de Concentración a cámara de enlace (cruce con vías del FCCS) - $T_c = 38$ min Tiempo de Concentración hasta salida al A° Morón - $T_{ct} = 60$ min

A partir de los Hietogramas de Diseño desarrollados por el Método de los Bloques Alternos según fórmulas aplicadas por Obras Sanitarias de la Nación para una Recurrencia de 10 y 20 años, distribuyendo la precipitación total de dos horas de duración en intervalos de 10 minutos ; se calcularon para aguaceros congruentes con los tiempos de concentración obtenidos, las respectivas intensidades medias que se aplicarán en el cálculo de caudales en los puntos de descarga, por el Método Racional.

Los resultados son:

Recurrencia 10 años, $T_c = 40$ min es $R = 78,75$ mm/h, $T_c = 60$ min es $R = 59,6$ mm/h
Recurrencia 20 años, $T_c = 40$ min es $R = 93,15$ mm/h, $T_c = 60$ min es $R = 69$ mm/h

Se considera un coeficiente de avance de la tormenta de 0.40 (relación del tiempo al pico respecto a la duración total del aguacero) por ser zonas urbanas.

El día 02/03/2007 un fuerte temporal azotó Buenos Aires y el Conurbano, en la estación del INTA Castelar se registró un meteoro con lluvias muy intensas durante un lapso de poco más de una hora, en ese interin el pluviógrafo registró un intervalo de 10 minutos con intensidad 220 mm/h, compatible con el pico central de los hietogramas elaborados; desde las 10h 10min hasta las 11h 20m se acumularon 55mm y el total de la jornada alcanzó los 75mm. En ese día hubo numerosas inundaciones en toda la zona Urbana de Buenos Aires y en particular Morón resultó muy afectada

Simplificando y con criterio un tanto conservador adoptamos para análisis una lluvia de 1 hora de duración, con una Intensidad Media de 70 mm/h; durante 20 minutos en Cabecera se descuenta el área de aporte que corresponde al agua que se exporta a cuencas vecinas, y almacenamiento transitorio en bajos. Después y durante 40 minutos se considera que toda el área de Cabecera y zona intermedia vierten sobre el punto de cruce con vías del FCCS, sumamente crítico donde el terraplén del ferrocarril hace de dique y retiene las aguas, originándose una gran mancha de inundación afectando con su remanso tramos superiores del cauce.

Así aplicando el Método Racional, adoptando lineamientos de la Dirección Nacional de Vialidad, estándares de Austin (Texas) y por Frühling se asumió un coeficiente de escorrentía de 0,85 para la cabecera y 0,90 para el tramo inferior. Con una intensidad media de 70 mm/h se calcularon los caudales que se concentran en el punto de cruce con las vías del ferrocarril (French y Sarmiento) y en la desembocadura con el Arroyo Morón y el Aliviador Casullo

Para el primer punto se obtiene durante los primeros 20 minutos de lluvia (periodo donde los ductos de cabecera pueden trasladar aguas fuera de la divisoria de la subcuenca y se llenan los bajos) el aporte de 171,4 ha con un caudal $Q = 28,3$ m³/s; en los 40 minutos siguientes concentra toda el área de cabecera son 207 ha y llega un caudal $Q = 34,2$ m³/s.

El punto de paso hacia el tramo inferior atravesando el terraplén de las vías se realiza por el entubado del cauce principal en su traza por French y su continuidad Azcuénaga. Se desprecia

un caño menor que corre por calle Independencia y cruza vías por 9 de Julio del que se desconoce su diámetro y solo se identifica su traza por la presencia de sumideros y que en días de lluvias resulta insuficiente.

En ese punto existe una cámara de enlace descubierta que permitió muestrear los efluentes; además las aberturas de la cámara y un paso peatonal de inspección a su lado, cumplen el rol de sendas alcantarillas bajo el terraplén de las vías, de tal manera realizadas que hidráulicamente se comportan para el cálculo como Alcantarillas de Cajón y escurriendo a pleno cuando aparecen los anegamientos. Escurre por la ventana de paso del entubado un total de $Q=12,5$ m³/s, en la otra ventana (pasillo peatonal) escurre un $Q= 8,8$ m³/s, lo que hace un total de 21,3 m³/s.

La diferencia con lo que llega desarrolla un volumen retenido por el terraplén que origina un importante espejo de inundación. Así en la lluvia que venimos calculando tendremos almacenados en los primeros 20 minutos unos 8400 m³ y en los 40 minutos siguientes unos 30960 m³, lo que totalizan en una hora 39360 m³ descontrolados.

En la desembocadura con el aliviador Casullo y el A° Morón, como aporte de las 50 ha del área que vierte al cauce se calcula un caudal $Q= 8,7$ m³/s que sumados a los 21,3 m³/s que llegan por el alcantarillado y conducto (modelo 3) desde cabecera, totalizan unos 30 m³/s que no son soportados a conducción plena por el conjunto Aliviador Casullo – A° Morón (entubado) y su derrame origina anegamientos extensos .

En un área de unas 87 ha, debido al gradiente de la pendiente de sus calles el agua escurre por sus calles directa y descontroladamente sobre las trazas del Aliviador casullo, donde son captadas por sendos sumideros que resultan también insuficientes en situaciones críticas , su caudal total se estima en $Q= 15,2$ m³/s.

Por razones operativas (Instrumental, accesibilidad, atención y seguridad) no se realizaron aforos en el cauce para sustentar los resultados.