

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Civil



Dispositivo Retentor de Residuos Sólidos para El Arroyo

San Lorenzo

Perla Mercedes Giménez Duré

Waleska Dejesús Woroniecki Duarte

San Lorenzo - Paraguay

2011

DISPOSITIVO RETENTOR DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA EL ARROYO SAN LORENZO

Perla Mercedes Giménez Duré (1); Waleska Dejesús Woroniecki Duarte (2)

¹Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, per_dure@hotmail.es

²Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, waleworo@hotmail.com

RESUMEN

El siguiente trabajo presenta un modelo de dispositivo retentor de residuos sólidos, que consiste en rejas verticales de limpieza automática por la cara posterior, que retienen los sólidos en suspensión arrastrados por el curso de agua, sin afectar el drenaje normal del mismo. El proyecto implica, la adecuación del cauce del arroyo y la implantación de una obra física que pudiera retener los sólidos arrastrados, con la finalidad de facilitar el retiro de los mismos del cauce evitando la acumulación de las basuras en lugares que puedan generar impactos negativos en la sociedad y colaborar con la recuperación del Arroyo San Lorenzo, el cual actualmente sufre graves problemas de contaminación que afecta directamente a aproximadamente 43.800 personas que habitan en las proximidades del mismo; este arroyo se encuentra ubicado en una zona urbana que se dedica principalmente a la industria y al comercio, lo cual lo pone en riesgo inminente de sufrir las graves consecuencias de la contaminación generada por los residuos sólidos y líquidos que son arrojados a su cauce.

Palabras claves: *Dispositivo retentor de residuos sólidos, Cursos de agua, Contaminación de cauces hídricos, Residuos sólidos.*

ABSTRACT

The present work deals with a Solid Waste Retainer Mechanism; it is self-cleaning vertical bars on the back, which retain the suspended solids carried by the flow of water without affecting its normal drainage. The project involves the adaptation of the stream channel and the implantation of a physical building that would retain the entrained solids, in order to facilitate removal of the same channel, avoiding the accumulation of trash in places that could generate negative impacts on society and help restore the San Lorenzo Creek, which currently suffers from many problems of pollution, directly affecting about 43,800 people living in the vicinity. This stream is located in an urban area that is primarily in activities related to industry and trade, which poses a serious risk the channel, to suffer the serious consequences of the pollution caused by solid and liquid waste dumped in the same.

Keywords: *Mechanism Retainer Solid Waste, Channels Water, Solid Waste, Pollution of water channels*

1 Introducción

El presente trabajo enfoca el problema de la contaminación desde un punto de vista real, no podemos pensar que la contaminación pueda eliminarse o que no se generaría más, pero debemos buscar la manera de paliar o disminuir los efectos negativos que ésta provoca en el medio ambiente.

Consideramos de suma importancia la búsqueda de la recuperación de los cauces hídricos, por ello el objetivo del proyecto es, la implantación de un dispositivo retentor de residuos sólidos y la adecuación del cauce del Arroyo San Lorenzo para dicho proyecto.

Con esto se lograría la disminución de la cantidad de residuos sólidos arrastrados por el cauce que pudieran llegar a la parte baja del arroyo y la disminución de los efectos de las inundaciones en los principales puntos de acceso a la ciudad, que representan en la actualidad la problemática más visible. Como sabemos el Arroyo San Lorenzo se encuentra ubicado en una zona urbana dedicada principalmente a la industria y al comercio, cuyas actividades generan grandes agentes contaminantes que ponen en riesgo al cauce.

Para conseguir los resultados esperados con este proyecto se propone la utilización de un dispositivo retentor de residuos sólidos, que consiste en unas rejillas verticales cuya limpieza se realiza a través de unos peines metálicos que la barren por cara posterior, esta unidad puede ser operada por un sistema de flotador eléctrico que se acciona automáticamente cuando el agua llega a cierto nivel en las rejillas.

2 Desarrollo del proyecto

2.1 Situación actual del Arroyo San Lorenzo

Actualmente el Arroyo San Lorenzo sufre graves problemas de contaminación, que afecta directamente a aproximadamente 43.800 personas que habitan en las proximidades del mismo.

Desde el inicio del mismo se halla expuesto a una gran cantidad de agentes contaminantes, debido a la presencia de desagües cloacales conectados a las cunetas de canalización del cauce.

El humedal de la naciente se encuentra en un predio baldío y es utilizado por los vecinos como vertedero, depositando en él sus bolsas de basuras a la espera que alguien las recoja. A tan solo unos 100m de la plaza se ubica un terreno "Privado" completamente alambrado provocando una expropiación del curso de agua.

Siguiendo aguas abajo se encuentra ubicado un asentamiento a ambas márgenes del arroyo, zona en la cual se encuentra depositada una gran cantidad de residuos sólidos, entre bolsas, cartones, botellas de vidrio, plásticos, cajas de madera, restos de alimentos.



Figura.2.1 - Asentamiento, Arroyo San Lorenzo

Fuente: Propia

A lo largo del curso del arroyo San Lorenzo se encuentran lugares que son utilizados como depósitos de basuras por los pobladores de las zonas, transformándose en un patrón desde su nacimiento hasta su unión con el arroyo Tayuazape.



Figura.2.2 - Puente sobre calle Jaime Bestard

Fuente: Propia

Esta situación es verdaderamente alarmante, teniendo en cuenta que en el 2001 la SENASA en conjunto con la JICA realizaron un estudio para el mejoramiento de la calidad de agua del lago Ypacaraí, y ya en ese entonces el Arroyo San Lorenzo constituía el mayor aportante de contaminantes al lago, con grandes concentraciones de fosforo total, nitrógeno total y altos valores de demanda química de oxígeno y demanda bioquímica de oxígeno, siendo la máxima fuente de contaminación por sólidos en suspensión las basuras domesticas arrojados al arroyo más que la erosión. Una de las recomendaciones ya en ese entonces fue, el de reducir los altísimos valores de los parámetros principales, siendo indispensable tratar el efluente doméstico e industrial que llegaban al arroyo San Lorenzo.

2.2 Residuos sólidos del Arroyo San Lorenzo

Realizando la inspección visual del cauce del Arroyo San Lorenzo se pueden distinguir varias zonas bien diferenciadas en cuanto al tipo de sólidos que arrastra. Esta inspección la realizamos en recorridos cada 15 días en los lugares accesibles y seguros durante el período comprendido entre mayo y diciembre del 2010 donde pudimos dividir el curso del arroyo en ocho zonas.

Este arroyo presenta la particularidad que en sus alrededores concentra un tipo muy variado de actividades a las que están sujetas los pobladores de la zona, encontramos viviendas particulares, comercios, asentamientos, industrias, matadería, mercado municipal, áreas recreativas, escuelas, universidades, clubes deportivos, iglesias, hospitales y puestos de salud.

Para tener una cualificación de los residuos sólidos por zonas, utilizamos una planilla donde se pudo registrar el tipo de sólido encontrado.

	RESIDUO	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7	ZONA 8
	Bolsas de polietileno								
	Papel								
	Plástico								
	Latas								
	Madera								
	Vidrio								
	Neumáticos								
	Cartón								
	Vegetales								
	Ramas y Hojas								
	Otros								

Figura.2.3 - Planilla Modelo para cualificación de residuos sólidos

Fuente: Propia

2.3 Ubicación Óptima del Dispositivo Retentor de Sólidos

Se determino como la ubicación óptima, la calle Coronel Romero a una cuadra de la avenida Mcal. Francisco Solano López. Este lugar cuenta con los requerimientos adecuado para la instalación del dispositivo retentor.

- Es una zona segura para su instalación, en cuanto a que la Ciclovía cuenta con guardias de seguridad
- En caso de inundación, la zona aguas arriba no corre peligro alguno por corresponder al predio de la ciclovía, donde no habitan personas.
- Es un lugar accesible para la entrada de vehículos recolectores de basura.
- No se pone en riesgo ninguna estructura u obra de arte existente.
- Las viviendas o edificaciones que se podrían ver afectadas se encuentran protegidas con muros de contención.

2.4 Zonas de Mitigación de caudales

En nuestro caso de estudio se trata de las inundaciones producidas por el desborde del Arroyo San Lorenzo, debido a la falta de capacidad del mismo para el transporte del agua. Este problema, con que cuenta actualmente el arroyo San Lorenzo se debe a las alteraciones producidas por el hombre en la urbanización e impermeabilización del suelo, con esto se disminuye la capacidad de infiltración lo, que favorece a que toda el agua que cae escurra por la superficie, creando un gran volumen de esorrentía, este volumen llega de golpe al cauce del arroyo y como no puede ser drenado ocupa las zonas bajas, inundando de acuerdo con la topografía las aéreas próximas del arroyo.

2.4.1 Zonas Críticas

En la zona de estudio identificamos dos zonas críticas en las cuales debemos adoptar medidas de mitigación de manera de reducir las inundaciones durante la hora de máxima precipitación.

- Av. Del Agrónomo.
- Av. Dr. Gaspar Rodríguez de Francia continuación de las Av. Mcal López en dirección al centro de la ciudad de San Lorenzo.

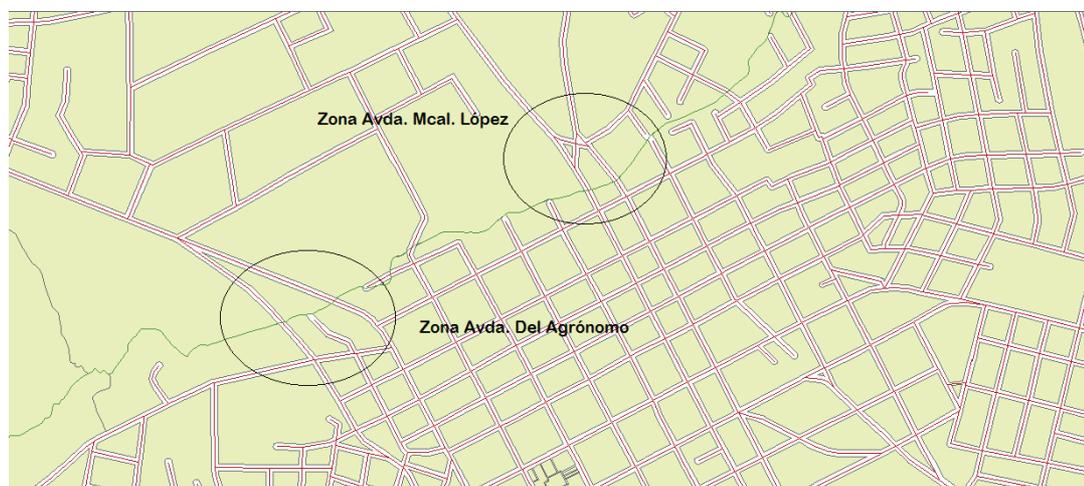


Figura 2.4 – Croquis de las zonas críticas

Fuente: Propia

2.4.2 Zonas conflictivas

Estas son zonas que cuentan con problemas de urbanización, esto se refiere a los asentamientos ubicados en las márgenes del arroyo, causando grave contaminación al cause por la manera precaria en la que viven.

- Calle Arsenales – Cercanía del Depósito Fiscal.
- Calle Diagonal Urbietta – Planta de tratamiento de efluentes de la ciudad.

2.4.3 Medidas de mitigación

En nuestro caso en particular proponemos realizar obras intensivas, debido a que prácticamente todo el margen del arroyo se halla urbanizado,

DISPOSITIVO RETENTOR DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA EL ARROYO SAN LORENZO

quedando poco espacio para aéreas permeables, que es lo que proponen las medidas extensivas.

Medida	Ventaja	Desventaja	Aplicación
Embalses para control de inundaciones	Operación con el embalse seco para recibir al máximo el volumen de agua sobrante del cauce.	Dificultad de control de la zona del embalse, si las inundaciones son frecuentes.	Cuencas pequeñas o medianas para control de inundaciones.

2.4.4 Efecto del reservorio

- Acumula agua y reduce el flujo máximo.
- Para que sea eficaz es necesario que el volumen inicial de agua acumulada sea pequeño.

La condición de funcionamiento es, que cuando el cauce tenga un Q_{crit} (caudal crítico), en ese momento empiece a funcionar el embalse, reteniendo el volumen de exceso de agua que escurre por el cauce.

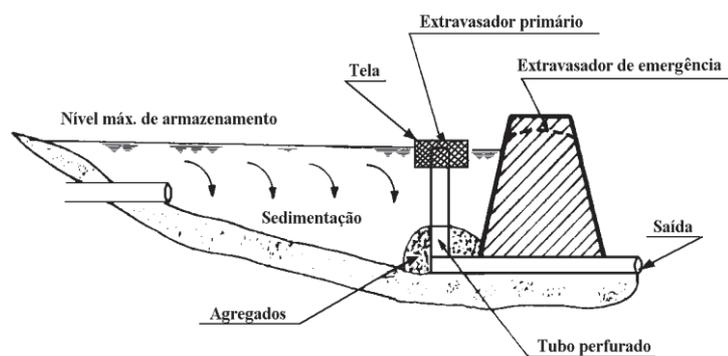


Figura 2.5 – Esquema básico del embalse

Fuente: Inundaciones Urbanas en América del Sur – Carlos E. M. Tucci

El vaciamiento se realiza por gravedad. Los embalses de detención se mantienen secos la mayor parte del tiempo y se utilizan para controlar el pico

de precipitación. Cuando el espacio es pequeño se puede utilizar el bombeo para regresar el agua al cauce y hacer así el embalse más profundo.

Para este proyecto tenemos 3 zonas de mitigación

- Terreno del MAG
- Terreno del Cuerpo de Bomberos
- Terrenos del Yberá

Con esto tendremos un alivio del cauce, reteniendo 57.850 m³ de agua en el momento de máxima precipitación.

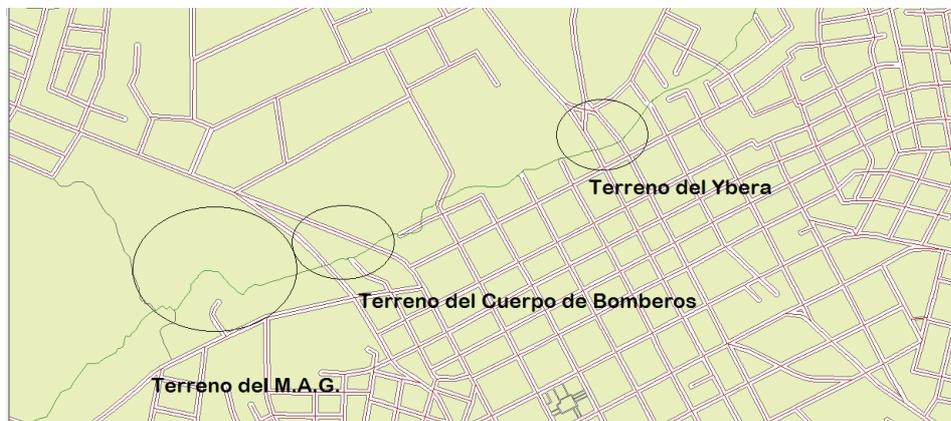


Figura 2.6 – Croquis de las zonas de mitigación de inundaciones

Fuente: Propia

2.5 Vertedero Lateral

El vertedero lateral consiste en una abertura longitudinal construida en una o en ambas paredes laterales de un canal, con la finalidad de evacuar el exceso de caudal que se pueda presentar en dicho canal.

Es esencialmente una obra de defensa, control y regulación de caudal excesivo que sucede en un definido tipo de obra.

Cuando la cantidad de agua excede el nivel del vertedero, se vierte sobre la cresta cayendo a un conducto girado aproximadamente en ángulo recto y luego continúa hasta caer dentro de un canal de descarga principal.

2.6 Estimación de la Cantidad de Sólidos Arrastrados

La cuantificación de sólidos que es transportado por un curso de agua, es muy complejo y requiere de gran cantidad de personal involucrado, debiendo ser un período de tiempo bastante considerable para poder hacer el estudio y obtener datos que sean bastantes cercanos a la realidad.

Para este trabajo se optó por la estimación de la cantidad de sólidos arrastrados, tomando en cuenta la población que no cuenta con servicio de recolección en los barrios que se encuentran en las cercanías del arroyo ya que esas personas son la que eventualmente tiene mayor incidencia en la cantidad de sólidos que los raudales pudiesen transportar.

También debemos tener en consideración las personas que ingresan en las zonas cercanas a las márgenes del arroyo solo por unos momentos ya que las avenidas de la ciudad de San Lorenzo son muy transitadas por ser puerta de acceso a la capital del país.

El mecanismo utilizado para la estimación de la cantidad de sólidos transportados por el cauce del arroyo San Lorenzo es el siguiente:

I. Se determinan los barrios que afectan directamente las márgenes tanto derecha como izquierda del arroyo de la zona aguas arriba del lugar de implantación de la obra.

II. Se obtiene la cantidad de habitantes de los mencionados barrios y el porcentaje de cobertura del servicio de recolección de basuras de los mismos.

III. Se calcula la cantidad de personas que no cuentan con el servicio de recolección de basuras.

DISPOSITIVO RETENTOR DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA EL ARROYO SAN LORENZO

IV. Se determina la cantidad de sólidos que no es recolectada tomando en cuenta los datos dados por estudios realizados sobre la cantidad de basura que produce una persona por día.

V. Con los datos de cantidad de residuos sólidos no recolectados, procedemos a dividirlo por la longitud de cauce que se ve afectado antes del punto donde se pretende instalar el dispositivo retentor. Con ello optemos el peso de sólido por metro lineal de cauce.

VI. Teniendo la cantidad de sólido que puede llegar en el lugar de implantación del proyecto, se procede a aplicar un coeficiente de seguridad para prever la cantidad de sólido proveniente tanto del mercado como de las actividades involucradas en los alrededores.

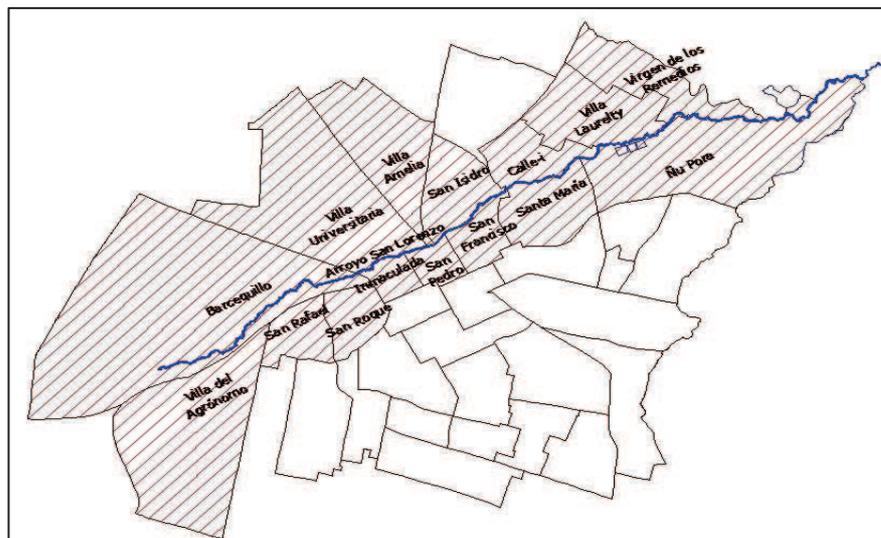


Figura 2.7 – Barrios en estudio

Fuente: Propia

Para el proyecto del dispositivo retentor de sólidos para el arroyo San Lorenzo, los datos obtenidos del censo del 2002 de los barrios de la zona alta del arroyo que afectan al proyecto, fueron tomados como punto de partida para la estimación de la cantidad de sólidos los cuales se presentan en el siguiente cuadro.

Tabla 2.1 Cuadro de explicativo para la estimación de la cantidad de sólidos.

	Actualidad	A 10 años
Población sin servicio de recolección	9.068 habitantes	13.948 habitantes
Cantidad de sólido sin recolectar	9,00 T/día	13,95 T/día
Cantidad de sólido por metro lineal de cauce	2,50 Kg/m/día	3,88 Kg/m/día
Cantidad de sólido en el lugar de implantación	378,00 Kg/h	580,00 Kg/h

Fuente: Censo 2002

A estos valores deberíamos aplicar un coeficiente de seguridad debido a diversos factores como ser: cantidad de personas que circulan de forma transitoria por la zona, a la influencia de las actividades generadas en el mercado municipal, ciclovía, universidades y los centros educativos que están por los alrededores, los raudales en horas de lluvia que podrían traer una cantidad muy significativa en solo cuestión de minutos, el aumento en la cantidad de producción de basuras a través de los años, entre otras cosas.

2.7 Tipo de Dispositivo Retentor de Residuos Sólido Adoptado

Las rejas de la pantalla se instala por unos marcos que actúan de soporte a las mismas y van colocadas de forma perpendicular al fondo del canal con una separación que puede variar de acuerdo al tamaño del sólido que queramos retener. El rastrillo o peine va sujeto a un soporte que contiene dos sobrepeso de unos 70 Kg. cada uno para poder equilibrarlo, el soporte del peine está conectado a unos rieles por medio de ruedas y cabo que le permiten deslizarse para poder alcanzar sin inconveniente el fondo del cauce o canal

donde se lo instale y es manejado por un motor eléctrico ubicado en la parte superior del marco soporte de las rejas.

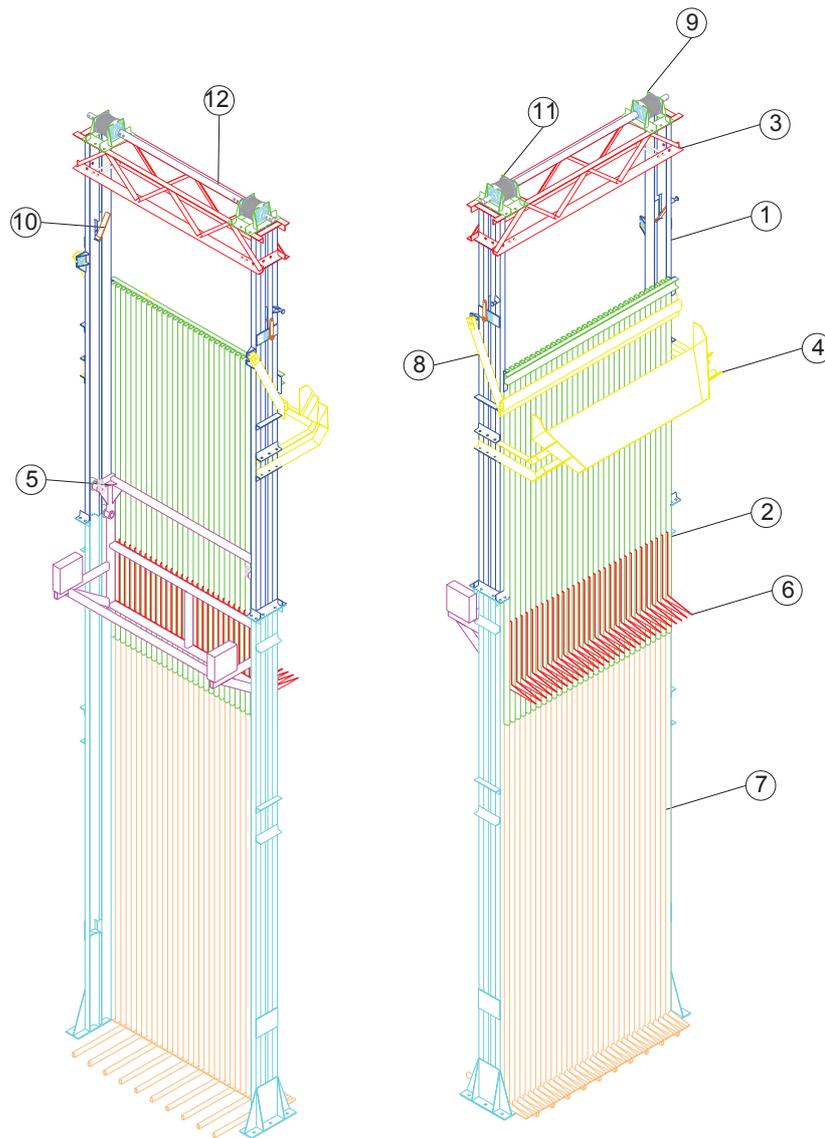
Las rejas están formadas por dos tipos de tubos estructurales, la que se encuentra en la parte ubicada por debajo del puente de hormigón es más gruesa que las que se encuentran por encima del nivel del puente, esto es para poder incrustar la parte superior a la inferior en el momento que se desee levantar las rejas inferiores en casos extremos de obstrucción total de las rejas o deficiencias en el sistema y garantizar con ello el paso del agua.

La limpieza de las rejas se efectúa por la parte posterior empujando los sólidos hacia arriba en vez de apretarlos por las rejas. Cuando el peine llega en la parte inferior se produce un cambio del riel por el efecto de la gravedad y se inserta a las rejas para poder limpiarlas. En la parte superior de las rejas se encuentra una tolva de descarga que sirve para direccionar los sólidos retirados del cauce hacia el interior del o los contenedores.

Los dientes del peine son limpiados a través de un barredor del tipo bisagra que se encuentra ubicada en la parte superior y actúa cuando el brazo del peine llega a un cierto nivel, dicho limpiador termina su ciclo al menos 4cm después de los dientes del peine para garantizar la completa limpieza del rastrillo.

La unidad puede ser operada por un sistema de flotador eléctrico que se acciona automáticamente cuando el agua llega a cierto nivel en las rejas, su ciclo corresponde a un tiempo de aproximadamente 3 minutos teniendo un total de 20 ciclos por hora.

DISPOSITIVO RETENTOR DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA EL ARROYO SAN LORENZO



POS.	DESCRIPCION
1	GUIA LATERAL SUPERIOR
2	GUIA LATERAL INFERIOR
3	UNION SUPERIOR DE GUIAS LATERALES
4	TOLVA DE RECEPCION
5	CARRO ELEVADOR DE RASTRILLO
6	RASTRILLO
7	REJILLA
8	BARREDOR DE RASTRILLO
9	SOPORTE DE MOLINETES
10	GUIA DESVIDORA DE RETORNO
11	MOLINETE
12	EJE VINCULACION DE MOLINETES
13	DESVIADOR DE CAUDAL
14	SOPORTE DE REDUCTOR
15	COBERTOR DE REDUCTOR

Figura 2.8 – Dispositivo retentor de sólidos adoptado

Fuente: Propia

2.8 Adecuación del cauce para la implantación del Retentor

Para un correcto funcionamiento del retentor es necesario garantizar que el canal o cauce no sufra cambios bruscos de sección antes, durante y después de las rejas para evitar cambios de velocidades que generen perturbaciones en el flujo de agua. Por ello se determinó la realización de una limpieza de lecho del arroyo que dé un ancho de 10,00m y una altura aproximada de 5,50m a lo largo de toda la ciclovía.

También es necesario contar con la protección de las márgenes, con muros de contención de piedra bruta colocada a ambos lados del cauce, del lado de la ciclovía se prevé la realización de taludes de protección con cubierta de pastos para hermostrar ese sector y disminuir el impacto visual del muro de contención.

El puente de hormigón que se proyecta sobre la calle Coronel Romero será sobrelevado a una altura de 1,00 por encima del nivel del muro de contención para que el mismo no se vea afectado por la elevación del agua al pasar por las rejas del retentor.

2.9 Dimensionamiento del Retentor adoptado

Para el dimensionamiento del retentor la condición más importante es que la velocidad de llegada del agua a las rejas cuando estas están totalmente limpias sea de 1 m/s.

El ancho y el alto de las rejas y del marco soporte son exclusivamente dependientes de la sección transversal del cauce o canal donde se desea implantar el dispositivo y la altura a la cual se procederá a la descarga de los sólidos recogidos por el peine.

Para nuestro proyecto tenemos una disponibilidad de 10,00m de ancho, por la que podemos dividirlo en cuatro módulos de 2,50m cada uno. El perfil transversal del cauce en el lugar de implantación del retentor será una sección rectangular de 10,00m de base por 5,50m de altura. Por lo tanto tendremos unas rejas de 5,50m de altura útil.

La capacidad de eliminación de sólidos de las rejas fue determinada de acuerdo a la cantidad de sólidos estimada que se encuentra alrededor de 945Kg/h por que se opto por el valor de 1000Kg/h para el diseño del dispositivo retentor, para una mayor seguridad y debido a la influencia del peso húmedo de los materiales arrastrados por el arroyo.

La separación entre barras de rejas lo determinamos en 4 cm libre ya que la mayor cantidad de sólidos que arrastra el arroyo son de gran tamaño.

La longitud de los dientes se determina de acuerdo a la cantidad de sólidos por ciclo que se estima, considerando su peso específico y el volumen de lo que retirara en cada ciclo y teniendo en cuenta un talud natural aproximadamente 60° con la horizontal como referencia en el cálculo.

2.10 Autoridad Competente, Ventajas y Desventaja del Proyecto

La institución con mayor capacidad para la gerencia de un proyecto de esta envergadura, es la Municipalidad de la ciudad, debido a que la misma cuenta con los recursos financieros y administrativos necesarios.

En este proyectos existen más ventajas que desventajas, sin embargo es prudente analizar los aspectos tanto de las bondades del proyecto como de sus limitaciones.

Entre sus ventajas podemos citar:

- La facilidad y rapidez en el retiro de los residuos sólidos del cauce.
- Sirve como indicador del nivel del servicio de la recolección de residuos sólidos.
- Ayuda a la mitigación de riesgos de inundaciones.
- Colabora con la protección y hermoseamiento de la zona de la ciclovia de San Lorenzo.
- Colabora con la mantención de un ambiente más saludable.

La desventaja más resaltante es que podría incentivar a la población a arrojar los residuos sólidos directamente al cauce.

2.11 Disposición Final

Para determinar la disposición final de los residuos sólidos debemos antes que nada ejercer un seguimiento y control a la producción de residuos en la zona, esto quiere decir que es necesario realizar una clasificación y cuantificación de residuos generados en las fuentes fijas, esto se refiere a las instituciones educativas y pública, lugares comerciales, bares, restaurantes y viviendas ubicadas en los alrededores.

Con estos datos sería factible establecer una alternativa adecuada para la disposición final de los residuos extraídos, en tanto no se dispongan de los datos precisos de la cuantificación y cualificación de los sólidos arrastrados, la disposición final de los residuos a ser extraídos con la implantación del proyecto deberá ser la misma gestión de residuos sólidos con que cuenta la comuna.

2.12 Propuesta técnica y económica

Para el análisis financiero el método más utilizado es el de comparación costo/beneficio, en nuestro caso particular la cuantificación de los beneficios generados por el proyecto es bastante complicado y engorroso de hallar ya que se tratan de beneficios sociales, como:

- Descenso en la frecuencia y magnitud de sucesos de inundación en el área.
- Disminución del riesgo de afectación de personas asentadas en las áreas de inundaciones, con la consiguiente reducción de riesgos para su salud por contacto con aguas contaminadas (enfermedades de origen hídrico).
- Disminución de la afectación de bienes personales y/ o públicos.
- Reducción de interrupciones en el tránsito y/ o suministro de servicios públicos.
- Contribución al mantenimiento del equilibrio ecológico y ambiental del área involucrada por el proyecto.
- Mejoramiento de las condiciones de accesibilidad y circulación en la zona de influencia de la obra.

Por ese motivo para el análisis financiero del proyecto se utilizó el Método del CAUE, Costo Anual Uniforme Equivalente, este método es utilizado para tomar decisiones cuando solo existen datos de costo en el análisis, o cuando es preciso tomar decisiones para reemplazar equipos o sistemas actuales por otros nuevos.

DISPOSITIVO RETENTOR DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA EL ARROYO SAN LORENZO

IMPLANTACION DE DISPOSITIVO RETENTOR EN EL ARROYO SAN LORENZO

RESUMEN DEL COSTO

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	Precio Total (Gs.)
A	Trabajos preliminares	gl	1	163.049.452
B	Construcción del puente - Arroyo San Lorenzo	gl	1	236.099.434
C	Construcción del vertedero - Arroyo San Lorenzo	gl	1	165.486.753
D	Implantación del dispositivo retentor	gl	1	295.251.000
E	Adecuación de la Ciclovía y Obras de Mitigación	gl	1	234.735.020
TOTAL				1.094.621.658

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	Precio Total (Gs.)
F	Costo operacional anual	mes	12	21.986.765
TOTAL				21.986.765

Costo de operación por mes 1.832.230 Gs
(El costo de operación se refiere al personal encargado del control)

Costo de mantenimiento por mes 1.147.500 Gs
(Se calcula por la estimación de horas de funcionamiento por mes)

La implantación del dispositivo retentor propiamente dicho representa el 27 % del costo total de la obra

OBS: esa diferencia del 73% se utiliza para la adecuación del cauce que en la actualidad es insuficiente y en las obras de mitigación que necesita la zona para reducir las inundaciones.

3 Conclusión

La contaminación de los recursos hídricos fue la base fundamental para la elección del tema del presente trabajo, ya que la misma es una de las problemáticas más antiguas y de poco estudio que va cobrando importancia desde el momento que surge el problema de la disminución acelerada del agua para el consumo humano.

El desarrollo de los trabajos realizados arroja como resultado que la ubicación óptima del dispositivo modelo de retentor de residuos sólidos, es la calle Coronel Romero ya que la misma se ajusta a las condiciones que permitan el eficiente funcionamiento del tipo de dispositivo adoptado.

En base a lo estudiado en la tipología de retentores construidos y utilizados a nivel mundial podemos concluir que el dispositivo que mejor se adecua a nuestro medio es el de las rejas de limpieza posterior y considerando que el mayor arrastre de los sólidos se produce en las horas y días de lluvias, el accionamiento automático es el recomendado, garantizando así el funcionamiento en los momentos requeridos.

En lo que se refiere a la disposición final de los sólidos retirados por el dispositivo, debido a la falta de valores exactos de cuantificación de los sólidos arrastrados, podemos concluir que la solución actual es el sistema de recolección con que cuenta actualmente la ciudad de San Lorenzo.

Con lo expresado anteriormente podemos decir que la implantación de esta obra ayudara a paliar las consecuencias que acarrea la acumulación de residuos sólidos en el cauce, generando un aporte significativo para la recuperación del Arroyo San Lorenzo.

4 Bibliografía

- J. Glynn Henry, Gary W. Heike. Prentice Hall. (1999). Ingeniería Ambiental. 2ª Edición. México.
- Ángel Cajiga. Ingeniería de aguas residuales - Tratamiento, vertido y reutilización. Volumen II. 3ª Edición. Editorial Mc Graw Hill.
- Balloffet, L. M. Gotelli, G. A. Meoli. Hidráulica. Tomo II. 2ª Edición. Editorial Ediar.
- Francisco Javier Domínguez S. Hidráulica. 4ª Edición, Editorial Universitaria.
- Osvaldo J. Azzaro. (1981). Manual de Cálculo de Estructuras de Hormigón Armado. 2ª Edición. Buenos Aires. Editorial Servicios Integrales para empresas.
- Fritz Leonhardt. (1979). Construções de concreto-Principios básicos para la construcción de puentes de concreto. Volumen VI. 1ª Edición. Rio de Janeiro. Editorial Interciencia.
- Gabriel Baca Urbina. (2003). Fundamentos de Ingeniería Económica. 3ª Edición. México. Editorial Mc. Graw Hill Interamericana.
- William G. Sullivan, Elin M. Wicks, James T. Loxhoj. (2004). Ingeniería Económica. 12ª Edición. México. Pearson Educación.
- Swami M. Villela, Arthur Mattos. (1975). Hidrología Aplicada. 1ª Edición. Rio de Janeiro. Editora McGraw-Hill do Rio de Janeiro LTDA.
- Mauri Cesar Barboza. (2000). Estructura institucional para la gestión integrada de la cuenca del Lago Ypacaraí. Asunción. Arte Nuevo SRL.
- Alcides Enciso, Rody Olmedo, José Ullón. (2010). TFG. Solución del

problema de tránsito en la ciudad de San Lorenzo. Nudo de vías principales de acceso. Universidad Nacional de Asunción.

- Luis Cuevas, Ángel Rolón. (2010). TFG. Actualización de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia de precipitación en el Paraguay. Universidad Nacional de Asunción.

- Gace Morínigo, Carlo Fleitas, Gustavo Arrúa. (2001). TFG: Disposición final de residuos sólidos de Luque. Universidad Nacional de Asunción.

- Coffs Harbour City Council. (2010). Water Sensitive Urban Design. <http://www.coffsharbour.nsw.gov.au/www/html/4511-water-sensitive-urban-design---introduction.asp>.

- Metta Technologies. The Bull. <http://mettatechnologies.com/BULL.html>

- Bankstown City Council. (2010). Pollution Control Devices. <http://www.bankstown.nsw.gov.au/Pollution-Control-Devices/default.aspx>

- North Electric Inc. (2009). The Dragrake. <http://www.nfei.com/index.html>

- Hydro Electric Power. Pepperell Rehab Progress. http://www.swiftriverhydro.com/Rehab_Progress%201.htm

- Estruagua. Rejas. <http://www.estrुagua.com/productos/rejas.html>

- Sydney Water. River Management. <http://www.sydneywater.com.au/Water4Life/RecyclingandReuse/RecyclingAndReuseInAction/RiverManagement.cfm>

- John Meunier Inc. Cont-Flo Bar Screen. <http://www.tssinternacional.com/agua.html#>

- City of Mitcham. (2010). Improvements to Urrbrae Wetland. <http://www.mitchamcouncil.sa.gov.au/site/page.cfm?u=1496>