



## TEMA 21

# COMPONENTE SOCIAL EN PROYECTOS AMBIENTALES

# **SISTEMA DE SANEAMIENTO ALTERNO EN ZONAS PERIURBANAS DE LA CIUDAD DE LIMA – PERU**

## ***ALTERNATIVE SANITATION SYSTEMS IN PERI-URBAN AREAS OF LIMA CITY PERU***

**Carla Patricia Vidal Montejo<sup>1</sup>**

**Carlos Joel Céspedes Navarrete<sup>2</sup>**

**Percy Wenceslao Lature Bustamante<sup>3</sup>**

**Victor Aldrhing Guevara Chavez<sup>4</sup>**

**Ricardo Augusto Vásquez Espinoza<sup>5\*</sup>**

### **Abstract**

*Lima is the second largest city in the world, after Cairo in Egypt, located in a desert. Water scarcity has accompanied the growth of the city has always. Lima has no large rivers or reservoirs. Add to this that in the capital of Peru, sits about 30% of the population nationwide. A described a much more serious problem is compounded; Lima's population has a very high demand for water compared to other capitals in the region. The inefficient use of the resource by the people is worrying. No awareness of resource scarcity on the cost or save having reservoirs in the Sierra, bringing it from there and then treat and distribute. The issue becomes even more sensitive when you consider that it is a sector of the population without access to sanitation networks by geographical location, available to our sources and economic resources, accounting for 10% of the population of Lima, located in mostly in suburban areas of the city, sourcing through tankers, artesian wells, etc. and has no sewage disposal system. Given the above, the proposal that we get called "alternate Sanitation System" is an opportunity to provide drinking water and excreta disposal, promoting acceptable solutions to this population without service, consistent with their interests, willingness and ability to pay. The best approach is the PAZNA program and with respect to WC-Eco, references there are widely accepted by rural households, mainly for its great advantages over other types of latrines. They can be easily built by the family itself, do not generate odors, are built once, they may be part of the dwelling itself, are comfortable because they have toilet bowls do not require water, do not pollute the environment, produce compus periodically, which is used as fertilizer, do not represent a danger to children, and provide a technical solution for flood areas.*

**Key Words** PAZNA, Program water upply through tankers to areas not administered by SEDAPAL.

SAS, Alternate Sanitation System.

WC-Eco, Eco toilet.

---

<sup>1</sup> Equipo Comunicación Institucional, “Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima – SEDAPAL”

<sup>2</sup> Equipo Gestión Comercial y Micromedición, “Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima – SEDAPAL”

<sup>3</sup> Equipo Control y Reducción de Fugas, “Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima – SEDAPAL”

<sup>4</sup> Equipo Tecnologías de la Información y Comunicaciones, “Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima – SEDAPAL”

<sup>5</sup> Equipo Operación y Mantenimiento Redes Callao, “Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima – SEDAPAL”

\* Autor corresponsal: SEDAPAL. Avenida Ramiro Prialé 210, distrito El Agustino, Lima. Código Postal: Lima 10. Perú.

Teléfono (51)3173000 anexo 7050. Email: rvasquez@sedapal.com.pe

## Resumen

Lima es la segunda ciudad más grande del mundo, después de El Cairo en Egipto, ubicada en un desierto. La escasez de agua ha acompañado el crecimiento de la ciudad desde siempre, Lima no tiene grandes ríos ni reservas de agua. A ello se suma que, en la capital del Perú, se asienta cerca de 30% de la población de todo el país. A lo descrito se suma un problema mucho más grave; la población de Lima tiene una demanda de agua muy elevada en comparación con otras capitales en la región. El uso ineficiente del recurso por parte de la gente, es preocupante. No hay conciencia sobre la escasez del recurso ni sobre el costo que tiene guardarla en reservorios en la Sierra, traerla desde allí y luego tratarla y distribuirlo. El tema se vuelve aún más sensible si consideramos que queda un sector de la población que no tiene acceso a las redes de saneamiento por su ubicación geográfica, disposición de nuestras fuentes y recursos económicos, representa el 10% de la población de Lima, ubicada en su mayoría en zonas periurbanas de la Ciudad, abasteciéndose a través de camiones cisterna, pozos artesanales, etc., y no cuenta sistema de eliminación de excretas. Ante lo expuesto, la propuesta que hacemos llegar denominada “Sistema alterno de Saneamiento” es una oportunidad para dotar con agua potable y eliminación de excreta, promoviendo soluciones aceptables a esta población sin servicio, compatibles con sus intereses, voluntad y capacidad de pago. El planteamiento constituye mejor el programa PAZNA y con respecto al WC-Eco existe referencias que son ampliamente aceptadas por las familias rurales, principalmente por sus grandes ventajas frente a otros tipos de letrinas. Pueden ser fácilmente construidas por la propia familia, no generan olores, se construyen una sola vez, pueden formar parte de la propia vivienda, son cómodas porque cuentan con tazas sanitarias, no requieren agua, no contaminan el ambiente, producen compus periódicamente, el cual es utilizado como abono, no representan un peligro para los niños, y constituyen una solución técnica para las zonas inundables.

## Palabras clave:

SAS, Sistema Alterno de Saneamiento.

PAZNA, Programa de Abastecimiento de agua potable a través de camiones cisterna a zonas no administradas por SEDAPAL.

WC-Eco, Baños Ecológicos.

## Introducción o justificación del trabajo

Lima es la segunda ciudad más grande del mundo, después de El Cairo en Egipto, ubicada en un desierto. La escasez de agua ha acompañado el crecimiento de la ciudad desde siempre. Pero, a diferencia del El Cairo, Lima no tiene grandes ríos ni reservas de agua. A ello se suma que, en la capital del Perú, se asienta cerca de 30% de la población de todo el país. La misma, se abastece de agua utilizando el recurso hídrico de tres cuencas, de los ríos Chillón, Rímac y Lurín que se encuentran en estado crítico de escasez. Las reservas de Lima, constituyen sólo el 30% de las reservas de las ciudades equivalentes en población como Bogotá.

A lo descrito se suma un problema mucho más grave: la población de Lima tiene una demanda de agua muy elevada en comparación con otras capitales en la región. El uso ineficiente del recurso por parte de la gente, es preocupante. No hay conciencia sobre la escasez del recurso ni sobre el costo que tiene guardarla en reservorios en la Sierra, traerla desde allí y luego tratarla y distribuirlo.

El tema se vuelve aún más sensible si consideramos que queda un sector de la población que no tiene acceso a las redes de saneamiento por su ubicación geográfica y disposición de nuestras fuentes, representando el 10% de la población, ubicada en su mayoría en zonas periurbanas de la Ciudad, abasteciéndose a través de camiones cisterna, pozos artesanales, etc., y no cuenta con un sostenible sistema de eliminación de excretas. Asimismo, se ha evaluado que dicha población por conseguir el elemento líquido gastan más por  $m^3$  que un cliente conectado a la red de SEDAPAL.

El Gobierno ha promulgado el desarrollo de 148 proyectos por S/. 9,000 mlls destinado para Lima para tener el 100% de cobertura, saneamiento y tratamiento de aguas residuales, siendo el compromiso de que todos los proyectos estén terminados o en construcción para julio 2016.

En consecuencia el objetivo del trabajo es identificar soluciones y acciones necesarias para el abastecimiento de agua potable así como la disposición de las descargas orgánicas en zonas periurbanas no incluida en nuestra cobertura de

servicio a fin de plantear alternativas previas a los tiempos que demora el ciclo de inversión pública. En tanto esta población no cuente con servicios de saneamiento adecuados, estarán expuestos a riesgos de Salud y contaminación del Medio Ambiente.

## Metodología empleada

Se empleó la metodología “Teoría de Restricciones” – TOC (Theory Of Constraints) –, que es una herramienta de gestión que nos permite identificar el más importante factor limitante o cuello de botella (es decir, la restricción) que se interpone en el camino de la consecución de un objetivo y luego sistemáticamente mejorar esa restricción hasta que ya no sea el factor limitante.

Tiene como principal mentor al Dr. Eliyahu Goldratt quien empezó con el desarrollo de esta nueva filosofía de gestión a principios de los años 80, desde ahí viene siendo utilizada en las organizaciones utilizando la lógica de causa y efecto para entender lo que sucede y así encontrar maneras de mejorar.

La metodología está estructurada de la siguiente manera:

- Árbol de Realidad Actual: Encontrar una dirección para eliminar el posible conflicto.
- La Nube: Construir y verificar una solución factible.
- Árbol de Realidad Futura: Determinar los objetivos intermedios para la implementación de la solución.
- Árbol de Pre-requisitos: Desarrollar un plan de acción detallado.
- Árbol de Transición: Implementación.

## Actividades o etapas desarrolladas

Aplicando la metodología TOC hallamos como cuello de botella que un gran número de la población de Lima y Callao no tienen acceso a un servicio de saneamiento, toda vez que no tiene redes cercanas por su ubicación geográfica y/o disposición de las fuentes. Asimismo, se detectó lo siguiente:

1. Existe dentro de la Empresa programa de abastecimiento de agua potable a través de camiones cisterna en zonas no administradas por la Empresa (PAZNA) que no viene cubriendo la expectativa;
2. Y dentro las alternativas de alcantarillado se pudo conocer de las diferentes opciones que están al alcance de la población (Tanque Séptico, Biodigestor y baño ecológico).

Con la información obtenida se concluyó en plantear el Sistema de Saneamiento Alterno de la siguiente manera:

1. Replantear el Programa de abastecimiento de agua potable a través de camiones cisterna a zonas no administradas por SEDAPAL (PAZNA) de la siguiente manera:

- Las unidades que presten el servicio cumplan primero con todas exigencias sanitarias, podrían ser unidades propias o convocar el servicio de transporte de agua para lo cual se adjudicará a quien cobre menos en llevar el agua potable.
- Contar con Sistema de Posicionamiento Global (GPS) para el monitoreo de las unidades.
- Los camiones cisterna abastecerán a las agrupaciones poblaciones que SEDAPAL les genere orden de servicio.
- La agrupación poblacional que deseé el servicio deberá solicitarlo a SEDAPAL y será evaluado como acceso a los servicios alterno de saneamiento.
- Instalación de reservorios de 20 a 50 m<sup>3</sup> en las agrupaciones poblaciones que deseen el servicio, estimado con una dotación de 100 lt/hab/día y de esta manera; compensamos las variaciones de los consumos que se producen durante el día y mantenemos una presión de servicio.



Fig. 1 Camión Cisterna

## 2. Alternativa de alcantarillado

### Criterios de selección:

El criterio de selección empleado se basó principalmente en aspectos sociales, económicos y medio ambientales; de acuerdo al análisis siguiente:

- Aspecto Social: Dotar a las familias de difícil acceso en áreas rurales y periféricas de la Capital con una alternativa de rápida implementación, brindándoles mejores condiciones de calidad de vida, contribuyendo a su salubridad.
- Aspecto Económico: Discernir entre las diferentes alternativas la más económica, facilitando su masificación e implementación, evaluando costos de instalación y mantenimiento de la solución.
- Aspecto Medio Ambiental: Elegir la mejor alternativa que genere el menor impacto al medio ambiente, con la finalidad de contribuir con una solución viable para las poblaciones de menos recursos, pero cuidando el medio ambiente (contaminación suelo, subsuelo y napa freática).

### Alternativas de alcantarillado en el mercado:

- Baños (Tanques sépticos): Campos de percolación y pozos de absorción en zonas sub-urbanas y rurales que no cuentan con rede públicas de desagüe, es una práctica que está generalizada en el país y es un sistema universalmente aceptado siempre y cuando estos medios de tratamiento se diseñen, construyan y funciones en condiciones que salvaguarden de la contaminación y polución ambiental del terreno utilizado.
- Biogestor: Es un sistema de tratamiento primario de aguas residuales domésticas, diseñado bajo la Norma IS.020 de Tanques Sépticos, el cual separa los sólidos para degradarlos y reducirlos, produciendo un lodo negro que es eliminado fácilmente; además que el agua residual tratada (sin sólidos) es eliminada para percolarse en el suelo.
- Baño ecológico: Cumple la función de eliminar las excretas; abonera, porque en un periodo de tiempo determinado es capaz de producir abono orgánico de las excretas y de la tierra seca o ceniza, en un proceso aeróbico anaeróbico; seca, porque al introducir tierra seca o ceniza a las excretas, el contenido, que en un principio es húmedo, se seca.

### Alternativa de alcantarillado seleccionada:

De las alternativas existentes en el mercado, se seleccionó el “Baño Ecológico”, debido a que se ajusta a los criterios planteados, además de haber tenido aceptación en las zonas rurales en los que se han implementado, según los testimonios de las familias usuarias y las verificaciones realizadas en los monitoreo de los WC-Eco.

En consecuencia, son ampliamente aceptadas por las familias rurales, principalmente por sus grandes ventajas frente a otros tipos de letrinas. Pueden ser fácilmente construidas por la propia familia, no generan olores, se construyen una sola vez, pueden formar parte de la propia vivienda, son cómodas porque cuentan con tazas sanitarias, no requieren agua, no contaminan el ambiente, producen compus periódicamente, el cual es utilizado como abono, no representan un peligro para los niños, y constituyen una solución técnica para las zonas inundables.

### Funcionamiento del “Baño Ecológico”

El funcionamiento del baño ecológico se basa en la deshidratación de las excretas de manera rápida, reduciéndolas hasta en un 25% del contenido de humedad, para lo cual se separan los orines de las excretas mediante una taza



Fig. 2 Esquema Baño Ecológico

sanitaria de diseño especial, que desvía los primeros a un pozo de drenaje y los segundos a una cámara impermeable donde se agrega tierra seca o ceniza.

Mediante la deshidratación se logra, de una manera efectiva, la destrucción de los agentes patógenos de las excretas, especialmente los huevecillos de lombrices, los cuales requieren humedad para sobrevivir.

La baño ecológico tiene doble cámara en la que se depositan las excretas sólidas separadas de la orina.

A éstas se les agrega tierra seca o ceniza, por lo que se debe contar con un recipiente o costal conteniendo este material secante dentro de la caseta y al costado del aparato sanitario o taza.

Asimismo, es necesario contar con un recipiente pequeño que permita echar el material secante al hoyo del aparato sanitario luego de su uso tales como: pala pequeña, lata, botella de plástico cortada

El baño ecológico consta de las siguientes partes:

- Dos cámaras inferiores, construidas de ladrillo, piedra o abobe, que deben ser Impermeabilizadas adecuadamente. Tiene una capacidad aproximada de 0.5 m<sup>3</sup> y cuenta con una compuerta cada cámara que permite evacuar el compus.
- Las pilas de compus deben tener al menos, 1 m de ancho por 1 m de alto y la longitud que sea posible.
- Asimismo se instala un tubo de ventilación de 2", generalmente de PVC, conectado a las cámaras.
- Un techo de las cámaras o losa de la baño, construido de concreto armado o fierro cemento, en el cual se ubicarán los orificios y conexiones para los aparatos sanitarios.
- Una taza sanitaria con separador de orines removible, de tal manera que permita el uso de las cámaras en forma alternada; y un urinario de pared tipo cadete. Ambos aparatos sanitarios pueden ser fabricados de concreto, arcilla u otro material aparente.
- La instalación de tuberías de 1 ½" o 2" de PVC SAL para evacuar los orines captados por los aparatos sanitarios. Estas tuberías deben instalarse colgadas de la losa de la baño ecológica, lo cual permitirá su adecuado mantenimiento.
- La caseta del baño, que puede construirse con ladrillo, adobe u otro material. Debe tener una puerta, una ventana con malla mosquitero y una cobertura de teja, calamina u otro material apropiado para la zona.
- Las gradas de acceso en caso de construirse en un terreno plano, o una rampa si el terreno es inclinado.
- El pozo de drenaje de 60 cm. x 60 cm. x 60 cm. Construido al costado de la baño, el cual permitirá drenar por el medio los orines recolectados por los aparatos sanitarios.

Para un adecuado uso del baño ecológico, es necesario tener en cuenta lo siguiente:

- Antes de usar, se debe colocar en la cámara una capa de tierra seca o ceniza de 1 cm. de espesor. Esto permitirá que las excretas no se peguen al piso de la cámara, facilitando la extracción y remoción del compus. Para la formación del compus dentro de las cámaras, se sella la tapa de la cámara en uso con una torta de barro o arcilla.
- Después del uso del baño ecológico, se deben esparcir las excretas en toda la cámara. Para ello, el usuario se ayudará con un palo en el agujero del aparato sanitario.
- Luego de cada uso, se debe echar tierra seca o ceniza. El papel utilizado para la higiene debe colocarse en un recipiente especial, para ser enterrado posteriormente en el pozo de basura orgánica de la familia.
- El tiempo de llenado de una cámara depende del número de miembros de la familia. Se recomienda realizar el cambio de uso a la otra cámara, cuando la primera esté ocupada en sus 2/3 partes o haya transcurrido un periodo aproximado de seis meses. Una vez que se decide realizar el cambio de uso de cámara, se debe retirar cuidadosamente el aparato sanitario o taza, esparcirse las excretas en toda la cámara y agregarse una capa de tierra preparada hasta el borde. Utilizando la tapa de concreto y torta de barro o arcilla, finalmente se sella el agujero.
- Una vez que se llena una cámara, debe mantenerse sellada por un período aproximado de seis meses, lapso en el cual se completará la formación del compus que podrá ser utilizado como abono.

- Al instalar el aparato sanitario o taza, en cada cambio de uso de cámara, se debe realizar la prueba de conducción del conducto, que consiste en verter un poco de agua a fin de verificar que no se presente fugas.

Teniendo en cuenta que los baños ecológicos son fácilmente construidos se promoverá que la misma población los construya bajo la supervisión de SEDAPAL.

## Resultados obtenidos

### 1. Inversión:

Los costos estimados para una conexión al sistema convencional son de US\$ 500 por conexión de agua y US\$ 1000 por conexión de alcantarillado (fuente: Agua Potable y Saneamiento en América Latina y el Caribe: metas realistas y soluciones sostenibles Propuestas para el 6to Foro Mundial del Agua, CAF –banco de desarrollo de América Latina). En tanto que para un sistema alterno como una solución de Servicios ecológicos o baños secos el costo aproximado es de S/ 1,200.00 y dotar del servicio de agua a través de una cisterna comunitaria el costo aproximado es de S/. 4.5 por familia/mes.

### 2. Ventajas:

#### Abastecimiento de agua:

- Disminución del agua no facturada (ANF).
- Erradicar las conexiones clandestinas y neutralizar la comercialización de venta de agua por los vecinos que están conectados a la red (uso fraudulento).
- Asegurar que el agua que SEDAPAL vende a través de surtidores a las empresas empadronadas que distribuyen agua a través de camiones cisterna, llegue a las zonas no administradas, evitando así la comercialización a industrias (para construcción), a viviendas para llenado de piscinas, etc.
- La prestación de las unidades cisternas particulares pueden coadyuvar en apoyar en incendios, siniestros, entre otros que se le presente a la Empresa.
- Sincrizar nuestro alcance como EPS; al empadronar a los beneficiarios de agua potable.

#### Baños Ecológicos:

Basándonos en el informe de USAID-PERU, en el que dan cuentan de la experiencia de los baños ecológicos instalados en zonas rurales de Ayacucho, podemos señalar que estos baños son ampliamente aceptables por las familias rurales, principalmente por sus grandes ventajas frente a otros tipos de baños, siendo las siguientes:

- Elimina o, al menos, reduce considerablemente los agentes patógenos, minimizando la posibilidad de enfermedades diarreicas.
- Evita la contaminación del medio ambiente.
- Produce periódicamente compus o abono fertilizante.
- Su construcción no requiere mano de obra calificada; las propias familias, con asistencia técnica, son capaces de construirla.
- Su construcción es económica y se adapta a las condiciones de la vivienda rural, dado que puede realizarse con materiales propios de la zona.
- Su uso es adecuado para zonas inundables o con niveles freáticos altos.
- Puede ubicarse muy cerca o dentro de la vivienda, porque no emite olores, presenta un buen aspecto y es muy higiénica.
- Puede ubicarse muy cerca de pozos o fuentes de agua, porque sus cámaras no permiten el contacto de las excretas con el medio ambiente.
- Las excretas son inaccesibles para los animales; no permite la plaga de las moscas.
- No representa peligro para los niños de corta edad.

- No necesita agua para su uso sólo tierra seca o ceniza.

### **Conclusiones y recomendaciones**

Cabe señalar que es una oportunidad para desarrollar sistema comunal para dotar con agua potable y un servicio de eliminación de excreta a parte de los habitantes en nuevos desarrollos en pueblos jóvenes, a través de un sistema alterno de servicios accesibles a la población más pobres y promover soluciones aceptables a esta población compatibles con sus intereses y voluntad y capacidad de pago.

### **Referencias Bibliográficas**

Plan Maestro de SEDAPAL del 2012 al 2040.

USAID/PERÚ (2005), la experiencia de Ayacucho Diseño Construcción y Mantenimiento de Baños Ecológicas.

# DESARROLLO DE INFRAESTRUCTURA EN ESCENARIOS COMPLEJOS

## ***INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT IN COMPLEX ENVIRONMENTS***

**María Eva Koutsovitis**<sup>12 \*</sup>

**Matías Goyeneche**<sup>1</sup>

### **Abstract**

*The informal neighbourhood known as “Playón de Chacarita” has experienced a rapid population growth in the past 10 years and yet it lacks an official sewerage system, forcing the neighbours to build their own sewer networks, which discharge into home cesspools or even into the stormwater draining system. This situation implies a high sanitary risk, due to the constant overflowing of the cesspools –all of them located under or near the houses- and of the network, particularly during storm events.*

*Thus the neighbours’ need to build a safe sewer network, for which they requested professional assistance. However, the professionals’ participation did not consist in implementing a predefined technical solution but to define it with the participation of all the social actors involved.*

*So, between October and December 2013, the neighbours and the professionals built the sewer main for one sector of the neighbourhood, which inspired other sectors to join the project.*

**Key Words:** Citizen participation, Infrastructure, Sewerage system

---

<sup>1</sup> Departamento de Hidráulica, Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires.

<sup>2</sup> Instituto de Ingeniería Sanitaria de la Universidad de Buenos Aires.

\* Bolívar 1433, departamento 1, C1141AAE, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina, Tel.:+54(11)4362-6554. e-mail: mevakoutsovitis@yahoo.com.ar

## Resumen

El barrio “Playón de Chacarita” ha experimentado un gran crecimiento poblacional en los últimos 10 años y no cuenta con servicios oficiales de desagües cloacales, por lo que los propios vecinos han construido redes precarias, descargando en pozos sépticos o incluso en la red pluvial. Esta situación genera un immense riesgo sanitario, debido al constante desborde de los pozos, todos ellos emplazados dentro o en las inmediaciones de las viviendas, y de las propias cámaras de la red, particularmente durante los eventos de lluvia.

Frente a esta situación, es necesaria la construcción de una red cloacal segura, pero la participación de los técnicos y docentes de la Universidad no consistió en “llevar” una solución técnica prediseñada sino en diseñarla conjuntamente entre todos los actores sociales involucrados.

Entre los meses de octubre y diciembre de 2013 se logró construir el colector cloacal de un sector, trabajando los propios vecinos, y el avance logrado en ese sector generó que los demás sectores se sumaran al proyecto.

**Palabras clave:** Desagües Cloacales, Infraestructura, Participación Ciudadana

## Introducción

El barrio conocido como Playón de Chacarita se encuentra emplazado en terrenos lindantes con la estación Federico Lacroze del ferrocarril General Urquiza, en la ciudad de Buenos Aires, en lo que antiguamente fue un playón ferroviario de maniobras, con depósito y talleres, en un entorno completamente urbano, ocupando aproximadamente 3 hectáreas.

En los últimos 10 años ha experimentado un gran crecimiento poblacional y no existe a la fecha un censo poblacional oficial actualizado. El último fue realizado por el Instituto de Vivienda de la Ciudad de Buenos Aires a fines del 2009 y principios del 2010, indicando que la cantidad de viviendas superaba las 450 y el número de familias rondaba las 750. Según un relevamiento realizado por el Poder Judicial de la Nación en el 2011, el número de familias se había duplicado y había aumentado la cantidad de viviendas y de inquilinatos, estimándose que vivían en el barrio alrededor de 1.400 familias (5.000 personas aproximadamente).

El barrio se encuentra dividido en 9 sectores o manzanas. Las casas son en su mayoría de material pero pequeñas y precarias por dentro. Son pocas las que tienen más de dos ambientes y en muchas de ellas viven familias con más de siete miembros.



**Figura 1:** Ingreso al barrio (fuente: Germán García Adrasti, Clarín)

El barrio no cuenta con servicios de desagües cloacales ni de agua potable. Las casas se abastecen de agua utilizando tendidos precarios con mangueras que los mismos vecinos instalaron, con canillas comunitarias localizadas en

distintos lugares del asentamiento o con entregas periódicas de agua que realizan los camiones cisterna del Gobierno Municipal. Esto determina que el abastecimiento de agua potable no sea continuo ni confiable, situación que se agrava particularmente durante el verano.

Por otra parte, en lo que respecta a los desagües cloacales, en algunos sectores los propios vecinos han construido cámaras y han tendido tuberías, descargando la mayor parte en pozos sépticos o clandestinamente en la red pluvial municipal. Esta situación genera un inmenso riesgo sanitario para los habitantes, debido al constante desborde de los pozos ciegos y cámaras, todos ellos emplazados dentro o en las inmediaciones de las viviendas.

### **Hipótesis y objetivos del trabajo**

Ante la necesidad de los habitantes del barrio de contar con desagües cloacales, la participación de los técnicos y docentes de la Facultad de Ingeniería no consistió en “llevar” o “bajar” una solución técnica prediseñada sino en diseñarla conjuntamente, mediante la participación activa de los distintos actores sociales involucrados.

Para ello, se realizaron reuniones periódicas con todos los actores participantes, en las cuales se fueron definiendo los puntos clave del proyecto y adaptando las soluciones técnicas convencionales al contexto del barrio y sus habitantes.

### **Metodología y actividades desarrolladas**

Los docentes y técnicos de la Facultad de Ingeniería participan desde mayo de 2013 de reuniones con vecinos de distintos sectores del barrio que se organizaron para trabajar en la red interna de desagües cloacales, con el objetivo de mejorar lo existente y expandir la red hacia nuevos sectores, eliminando las descargas a pozos sépticos domiciliarios.

Se trabajó con los Sectores 2, 5, 6 (“Canchita”) y 9 (“Galpón”) desarrollando las siguientes tareas:

#### **1. Relevamiento de la situación existente:**

Se evaluaron los diferentes tramos ya construidos y su funcionamiento.

Los Sectores 5 y 6 descargan sus efluentes a un colector cloacal que se extiende por el pasillo de ingreso a los mencionados sectores hasta volcar a la red cloacal Municipal de la calle Teodoro García. Su funcionamiento es defectuoso y colapsa con frecuencia, debido fundamentalmente a la falta de pendiente y la escasa profundidad de las cámaras.

El Sector 9 cuenta con un colector cloacal que vuelca a un pozo séptico también colapsado y que debe ser vaciado diariamente.

El sector 2 no cuenta con colector cloacal, sino que cada vivienda (o grupo de viviendas) cuenta con un pozo séptico o descarga directamente a la red cloacal municipal de la calle Fraga de manera clandestina.

#### **2. Proyecto preliminar:**

Para mejorar el funcionamiento del sistema de recolección de líquido cloacal existente se elaboró junto a los vecinos un proyecto. Se definió un colector cloacal principal para el Sector 2, cuyo vuelco está previsto a la red cloacal municipal en la esquina de Fraga y Palpa. A este colector principal se conectarán la red del Sector 6. De esta manera los efluentes del Sector 6 se desvinculan del colector del Sector 5, mejorando en consecuencia su funcionamiento.

Está previsto que la red existente del Sector 9, que actualmente vuelca a un pozo ciego, se conecte también al nuevo colector del Sector 2.

Se realizó un relevamiento de la población actualmente servida y una estimación de la población futura a servir. También se realizaron gestiones ante la prestadora del servicio municipal de agua potable y saneamiento (AySA) para permitir los vuelcos a diferentes bocas de registro de la red cloacal municipal que administra.

El colector se diseñó con el criterio de realizar las descargas domiciliarias directamente a las cámaras, dada la complejidad de construir las descargas al caño colector como suele ser la práctica habitual. Para ello se ubicaron cámaras cada 6 a 8 metros de colector, permitiendo además utilizar un único caño comercial de 6 metros de

longitud o 2 caños de 4 metros, evitando o reduciendo de esta manera las uniones entre caños y garantizando la pendiente necesaria durante la colocación de los caños.

### **3. Relevamiento topográfico**

Para desarrollar el proyecto se contó con el apoyo del equipo de topógrafos de la Comisión Nacional de Tierras, quienes realizaron el relevamiento planialtimétrico en los sectores del barrio involucrados en la obra de desagües.

### **4. Construcción de la red**

La primera etapa de ejecución corresponde al colector principal del Sector 2. Para ello se realizaron una serie de reuniones donde docentes de la Universidad, técnicos, miembros de organizaciones sociales y políticas y los vecinos discutieron el proyecto. Se definieron los detalles técnicos (diámetro de los caños, pendientes de los tramos, tamaño y cantidad de las cámaras, conexión de los domicilios a la red, etc.) y se realizó un cómputo y presupuesto preliminar de las obras de cada sector.

Los vecinos se organizaron en distintas comisiones, dividiendo de esta manera las tareas de recaudar fondos, comprar los materiales, alquilar los equipos y ejecutar las obras.

Los técnicos y docentes de la Universidad participaron y dieron apoyo técnico durante toda la etapa de construcción.

## **Resultados**

Entre los meses de octubre y diciembre de 2013 se logró construir el colector cloacal del Sector 2 (tendido de aproximadamente 60 metros de cañerías en zanja y construcción de 8 cámaras de inspección y vuelco), trabajando los propios vecinos mayormente durante los fines de semana.

El avance logrado en este sector generó que los demás sectores se incorporaran al proyecto, y desde fines de diciembre hasta marzo se sumaron a las obras los Sectores 3, 6 y 9, quienes participaron junto con el Sector 2 de la construcción del tramo final hasta la descarga en la boca de la red municipal, común a todos los sectores, de aproximadamente 50 metros de longitud, y en la actualidad se encuentran construyendo los colectores internos de sus sectores.

El desnivel disponible entre el punto más alejado y el punto de descarga habilitado en la red cloacal permitió colocar los caños con pendientes entre 1 y 2 veces mayores a las mínimas estipuladas por los criterios de diseño de redes cloacales, lo cual significará una mayor velocidad de escorrimiento del líquido cloacal y disminuirá en gran medida las obstrucciones.

Las dificultades más frecuentes durante la construcción fueron la carpeta de hormigón de hasta 20 cm de espesor presente en gran parte del barrio, así como la gran cantidad de interferencias de servicios existentes pero fuera de funcionamiento encontrados durante las excavaciones de las zanjas y pozos.



**Figura 2:** Imágenes de las distintas etapas del proyecto

### Conclusiones

El trabajo conjunto de docentes de la Universidad, técnicos, habitantes del barrio y organizaciones sociales y políticas, permitió organizar a los vecinos para la construcción de una obra de infraestructura en un escenario complejo, fomentar los niveles de participación ciudadana, contribuir a la construcción de capital social y delinear el camino hacia una democracia más participativa.

### Referencias bibliográficas

Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento (2001), Guías para la Presentación de Proyectos de Agua Potable, Buenos Aires, Argentina.

María Cristina Reigadas, (2011), “Confianza y deliberación: las condiciones éticas de la participación democrática”, Cidadania, Políticas Públicas e Redes Sociais, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal, pp. 29-38.

María Eva Koutsovitis, Hernán Ons (2013), El saber técnico y su contexto, Ministerio de Educación, Buenos Aires, Argentina

Jorge Sarquis (2013), Hacia una arquitectura más humana, Revista Ñ, Buenos Aires, Argentina, pp. 6-7.

# EVALUACIÓN DE LA RECTIFICACIÓN DEL RÍO CHIQUITO DE MORELIA EN MODELO FÍSICO PARA UN PROYECTO SUSTENTABLE.

*CORRECTION ASSESSMENT OF RIVER CHIQUITO MORELIA IN PHYSICAL MODEL FOR  
SUSTAINABLE PROJECT.*

*Constantino Domínguez Sánchez<sup>1</sup>*

*Sonia Tatiana Sánchez Quispe<sup>1</sup>*

*Omar Lucas Urbina<sup>2</sup>*

*Juan Antonio Torres Martínez<sup>3\*</sup>*

## **Abstract**

*The Morelia Chiquito River is the second largest city in it as well as overland flow of wastewater subbasin, which joins the Rio Grande transported being the first city to be a problem in rainy season for their overflowing causing flooding in low lying areas. The growth of the city led to the most important rectification Chiquito River in the year of 1937, changing its trajectory and its cross section for a flow of 125 m<sup>3</sup> / s. The physical model allows to evaluate the hydraulic capacity of the Chiquito River considering the correction of the cross section along the river, flood mitigation is paramount. This rectification allowed to start a sustainable project for the city which includes spaces for leisure and recreation considering cycle paths, cycle trails, outdoor gyms, recreational games, in the physical model have taken the necessary tests to ensure hydraulic capacity the river proper; promote sustainable water use and care and the environment, creating a more conscious society of its natural resources; having a city with better interest benefiting the state and city economically, environmentally with the rescue of green areas and water resources.*

**KeyWords:** Environmental impact, flooding, hydraulic capacity, modeling, rectification, spaces for leisure and recreation.

---

<sup>1</sup>Profesor-Investigador. Departamento de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

<sup>2</sup> Ayudante de Técnico Académico. Departamento de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

<sup>3\*</sup> Ayudante de Técnico Académico. Departamento de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Santiago Tapia #403 Col. Centro C.P. 58000.

[Jatm\\_90@hotmail.com](mailto:Jatm_90@hotmail.com)

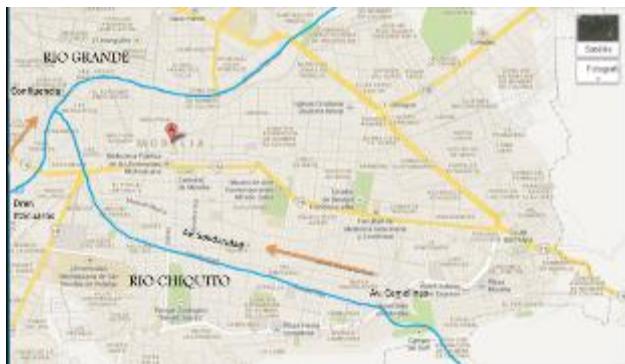
## Resumen

El río Chiquito de Morelia es el segundo más importante de la ciudad ya que en él además del flujo superficial de la subcuenca se transportan las aguas negras, el cual confluye al río Grande siendo este el primero de la ciudad siendo una problemática en temporada de lluvias por sus desbordamientos ocasionando inundaciones en las zonas bajas. El crecimiento de la urbe dio lugar a la rectificación más importante del río Chiquito en el año de 1937, modificando su trayectoria y su sección transversal para un gasto de  $125 \text{ m}^3/\text{s}$ . El modelo físico permite evaluar la capacidad hidráulica del río Chiquito considerando la rectificación de la sección transversal a lo largo del río, mitigar las inundaciones es primordial. Esta rectificación permitirá iniciar un proyecto sustentable para la ciudad el cual contempla espacios de esparcimiento y recreación considerando ciclo-vías, ciclo-pistas, gimnasios al aire libre, juegos recreativos, en el modelo físico se han llevado las pruebas necesarias para garantizar una capacidad hidráulica del río adecuada; fomentar el uso sostenible y cuidado del agua, así como del medio ambiente, generando una sociedad más consciente de sus recursos naturales; teniendo una ciudad con mejores atractivos turísticos, beneficiando al estado y la ciudad económicamente, ambiental con el rescate de áreas verdes y el recursos hídricos.

**Palabras clave:** capacidad hidráulica, espacios de esparcimiento y recreación, impacto ambiental, inundaciones, modelación, rectificación.

## Introducción

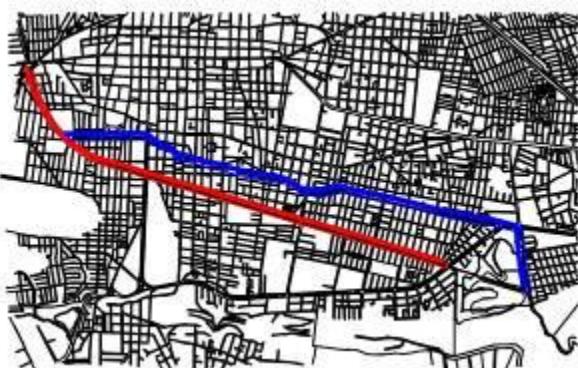
El municipio de Morelia se ubica en la región hidrográfica número 12, conocida como Lerma-Santiago, particularmente en el Distrito de Riego Morelia-Querétaro. Forma parte de la cuenca del lago de Cuitzeo. Sus principales ríos son el Grande y el Chiquito. Estos dos ríos llegaron a rodear la ciudad hasta mediados del siglo XX. (Figura 1).



**Figura 1.** Río Chiquito y Grande de Morelia.

Actualmente, provee aproximadamente el 30% del agua que abastece al municipio. Sepúlveda (2011) El río chiquito se origina en la cañada de Jesús del Monte en la región serrana al sureste de Morelia, Michoacán y tiene una longitud de 25 Km., es el principal afluente del Grande y se origina en los montes de la Lobera y la Lechuguilla.. (Lucatero, 2006)

La rectificación de lugar del río se ha venido repitiendo continuamente debido al crecimiento de la urbe, uno de los claros ejemplos que pueden observarse son los de la Av. Lázaro Cárdenas y el Boulevard García de León, de los cuales en su momento formaron parte del cauce del río. Hasta que la necesidades fueron otras y con ello, la red de drenajes fue insuficiente en su mejora de abastecimiento comenzaron a descargar las aguas negras en el Río Chiquito, que en la actualidad se ubica en la Av. Solidaridad donde (Figura 2), se encuentra azolvado y con gran cantidad de maleza, lo que origina una disminución en su capacidad hidráulica. (Nieto, 1991)



**Figura 2.** Rectificación del Río Chiquito en 1937 a la Av. Solidaridad

Por motivos de las intensas precipitaciones ocurridas en la temporada de lluvias y en los últimos años, la capacidad hidráulica del río Grande y Chiquito en esa temporada se ha visto rebasada, (Figura 3), ocasionando que la corriente sufriera desbordamientos de su cauce. En el mes de septiembre de 2003, en el río Grande se generó una avenida extraordinaria que ocasionó el desbordamiento en la zona urbana de la ciudad de Morelia, afectando varias colonias de la ciudad entre las cuales estaban tres puentes, Carlos Salazar, Prados Verdes, Felicitas del río, etc. (Garnica, 2007)



**Figura 3.** Dirección del flujo y sus escorrentías Subterráneos así como zona de inundación.

#### Problemática

Uno de los problemas es la falta de áreas de esparcimiento y recreación en la ciudad de Morelia, ya que ellas son sin duda importantes para la vida del ser humano, sin afectar al medio ambiente, al contribuir con éste mismo se podrá tener un crecimiento armónico a futuro, una adecuada actuación en la rectificación del río se podrá sustentar con la modelación física del río chiquito de Morelia, así la implementación de la propuesta de rectificación contribuye a mitigar las inundaciones en la ciudad de Morelia aumentando la capacidad hidráulica del río. La actuación del problema será resuelto con la propuesta de rectificación de la sección transversal, en la cual se generan espacios para la colocación de una trotapista en sus dos direcciones así como de una ciclovía, y en ciertas zonas previamente elegidas por su espacio la colocación de gimnasios y juegos de recreación.

#### Modelación física

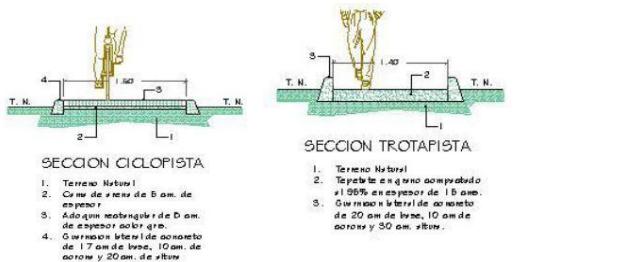
Mediante la experimentación en modelos físicos se recurre a una analogía que reproduce en versión diminuta o muy raramente aumentada la imagen del prototipo en estudio. Sobre ese modelo se podrán tomar mediciones de los parámetros de interés y se analizará el comportamiento de variantes o alternativas de diseños que podrán ser aplicadas al prototipo, Además se generan nuevos conocimientos y metodologías para su diseño. (Lopardo, 2000)

La aplicación de un criterio de similitud es lo que nos permite obtener resultados que puedan ser extrapolados al prototipo. Si no se cumple el criterio de similitud adecuada, el modelo no participara de las cualidades del prototipo cuya reproducción nos interesa. En este caso el modelo no solo sería inútil, sino, además, engañoso.

Los modelos, para que reúnan la calidad que les permite transferir las observaciones, resultados y conclusiones a su prototipo deben ser mecánicamente similares. Para cumplir con este requisito deben satisfacerse, desde el punto de vista hidráulico, con tres condiciones de similitud: Similitud geométrica, Similitud cinemática, Similitud dinámica, dichas formulas se encuentran en la (Tabla 2). La compresión del significado de estas tres similitudes se facilita notablemente si se suponen dos esquemas de flujo, uno de los cuales corresponden al modelo del otro.

#### Recreación y esparcimiento

La recreación es una dimensión de la vida a la que cada vez más se le reconoce su importancia, sobre todo en un mundo donde también necesitamos cada vez más espacios para la vivencia de significados asociados con nuestra realización física, mental, emocional y espiritual. La recreación es uno de esos espacios, dentro de lo que se pretende implementar son: ciclo vía, pistas de caminata, (Figura 4), gimnasios al aire libre, entre otros. (Luegue, 2011)



**Figura 4.** Representación de las dimensiones de la ciclo pista y trotapista.

#### Rectificación y saneamiento de ríos

Recuperar los escrurimientos, salvar ríos y tener fuentes futuras de agua potable es fundamental. Esto mismo debe llevarse en colaboración con la sociedad moreliana para tener ríos limpios los cuales proveen de salud, bienestar, áreas de esparcimiento y promueve el deporte, da plusvalía, y se transforma la calidad de vida de las personas. Con este aporte y demás investigaciones y acciones en conjunto podremos heredar a las siguientes generaciones un país con ríos limpios, cuencas en equilibrio, asentamientos seguros frente a inundaciones catastróficas y cobertura universal de los servicios de agua. (Agua, 2012)

#### Objetivo General

Evaluando mediante pruebas experimentales la sección transversal en modelación física que satisfaga los caudales de estiaje y de avenidas máximas del río Chiquito de Morelia, rectificando dicho río desde la Av. Camelinas hasta la confluencia con el río Grande de Morelia, considerando espacios de esparcimiento y recreación.

#### **Metodología**

Primeramente se realizó un estudio hidrológico de la subcuenca del río Chiquito, abarca una superficie de casi 6,500 hectáreas y se encuentra al suroriente de la ciudad de Morelia, en el municipio del mismo nombre. Es considerada como uno de los sitios de más alta biodiversidad en el municipio y uno prioritario para su conservación; se conoce el origen, cuantificación forma y distribución de los escrurimientos sobre la superficie de la cuenca que permitirán determinar las características hidráulicas para el análisis. (Tabla 1)

**Tabla 1.** Periodos de retorno por medio de la Formula racional 2013.

Tr	Qp (m <sup>3</sup> /s)	lts/s
2	<b>55.11</b>	<b>0.706</b>
5	<b>74.60</b>	<b>0.956</b>
10	<b>85.93</b>	<b>1.101</b>
20	<b>95.95</b>	<b>1.229</b>
50	<b>107.99</b>	<b>1.383</b>
100	<b>116.49</b>	<b>1.492</b>
200	<b>124.62</b>	<b>1.596</b>
500	<b>134.95</b>	<b>1.729</b>

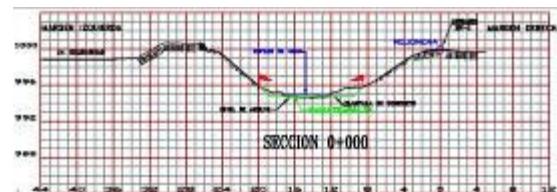


**Figura 5.** Río Chiquito desde Av. Camelinas hasta la confluencia con el río Grande.

En segundo lugar se obtuvieron y determinaron las características físicas del río; donde actualmente la sección transversal es trapezoidal siendo irregular en algunos tramos y presentando erosión de los taludes, confluye con el Río Grande teniendo mayor depósito de sedimentos en esta zona, el dragado de las márgenes deberían realizarse a lo largo de todo el río para así ir minimizando riesgos a las inundaciones por cambios de régimen de flujo. El tramo de estudio se muestra en la figura 1, teniendo una longitud de 6.15 km, desde la entrada a la ciudad, Av. Camelinas hasta la confluencia con el río Grande en Av. Puente Río Colorado. En él se pueden clasificar en tres sub-tramos uno de Av. Camelinas a la Av. Ventura Puente, dos de Av. Ventura puente a la Calzada Juárez y tres de Calzada Juárez a la confluencia. (Figura 5).



**Figura 6.** Sección transversal del río Chiquito del primer tramo.

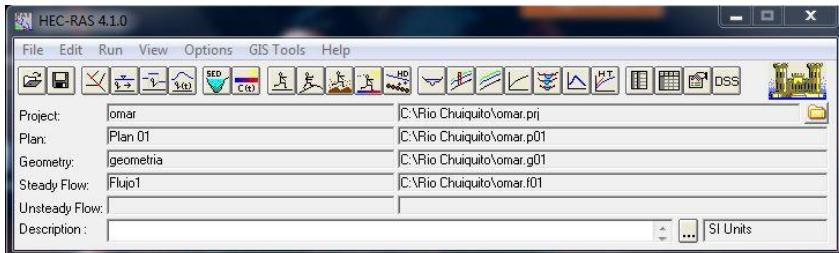


**Figura 7.** Sección Original un tramo del Río Chiquito.

El primer tramo que abarca de Av. Camelinas hasta Ventura Puente, sus sección transversal es de forma trapezoidal irregular (Figura 7), tiene una profundidad de aproximadamente cuatro metros hasta el fondo del cauce, éste tiene un ancho de tres metros con un tirante de 15 centímetros en temporada de estiaje el cual incrementa hasta cuarenta centímetros en temporada de lluvias; los taludes tiene gran vegetación como pasto y árboles en abundancia (Figura 6), en el lecho del cauce tiene rocas lo cual obstruye el flujo; los hombros de en sus dos lados son semejantes teniendo un ancho de aproximadamente siete metros. El segundo y tercer tramo se encuentra casi con las mismas condiciones centrales aumentando gradualmente el tirante del cauce con ciertos sedimentos en su fondo, y en algunas márgenes de éste desaparecen.

En tercer punto se hará el ingreso de datos haciendo uso del programa HEC-RAS (Figura 8), un programa desarrollado por el centro de Ingeniería Hidrológica (Hydrologic Engineering center) del cuerpo de ingenieros de la armada de los EE.UU. (Us Army Corps of Engineers) que por sus siglas en inglés recibe su nombre HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System), este analiza por medio de la

elaboración de modelos el comportamiento hidráulico, análisis de flujo permanente unidimensional gradualmente variado en lámina libre de agua para distintos gastos circulantes sobre un sistema fluvial, trabajando con un método iterativo.



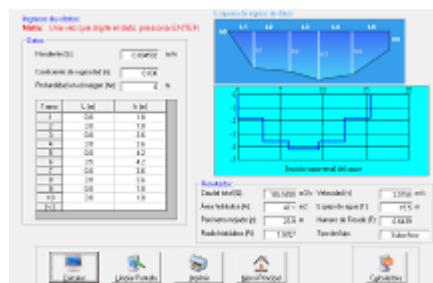
**Figura 8.** Vaciado de datos al programa para iniciar la modelación.

Para este análisis con el programa se requiere la elaboración adecuada de un modelo para llevar a cabo las simulaciones, realizándose en dos instancias, el primero apegado a la realidad conteniendo las estructuras que se encuentran a lo largo del Río Chiquito y el segundo es un comparativo teórico, donde se simula las características de las secciones del río Chiquito las cuales no han sido alteradas con la colocación de las estructuras. Las informaciones requeridas serán: Topográficas al eje del cauce, secciones transversales, estructuras, puentes, alcantarillas, estudio hidrológico. Estos datos fueron obtenidos de un levantamiento que fuera hecho anteriormente y únicamente me fueran proporcionados para llevar a cabo el análisis. (Carreño 2005)

Una vez calibrado el modelo matemático en He-Ras como cuarto punto se procederá a la rectificación del río siendo ésta muy compleja debido a que cada cauce se comporta hidráulicamente diferente, es necesario conducir adecuadamente los gastos y con ello aprovechar sus márgenes, aumentar la capacidad hidráulica del río es fundamental en esta actuación. Una alternativa de rectificación para la sección transversal está compuesta de canales rectangulares u escalonada (figura 9), con el fin de generar los espacios de esparcimiento, el primer canal en el fondo se contempla para transportar los gastos de estiaje, los primeros hombros del fondo hacia arriba serán para ubicar la ciclo vía, los siguientes hombros serán para la trota pista también en sus dos sentidos, y contempla un tercer par de hombros donde se colocarán espaciados gimnasios al aire libre y juegos de recreación, esta sección está diseñada para que en temporada de lluvias al aumentar el flujo en el río éste suba la necesaria y solo afecte la ciclo vía recomendando usar solamente el segundo escalón por seguridad la cual alberga la trota pista, dichos hombros contemplan un barandal para que ninguna persona corra riesgo de caer al río, y para un caso extremo de lluvia se impedirá el ingreso a dichos espacios con el fin de evitar pérdidas humanas y dejar que la sección cumpla con su cometido que es conducir un flujo extraordinario.



**Figura 9.** Perspectiva de la rectificación del río Chiquito de Morelia.



**Figura 10.** Rectificación de la sección transversal.

En quinta instancia determinar los principios en que se fundamenta la modelación física incluyen las teorías de similitud hidráulica, el análisis dimensional y las leyes de semejanza. De acuerdo con estos principios y teniendo en cuenta la disponibilidad de espacio se seleccionaron las escalas del modelo de 1:175 y de 1:58 con una distorsión de 3, (Tabla 2). Con esta escala y la forma de la sección transversal existentes se determinó que la propuesta de rectificación sea con las características geométricas mostradas en la Figura 10.

Como sexto proceso será la construcción del modelo y realizar las pruebas correspondientes visualizando su comportamiento en tiempo real siendo construido en el laboratorio de hidráulica “Ing. David Hernández Huéramo” de la Universidad Michoacana de san Nicolás de Hidalgo, para lo cual se tuvo que adecuar una superficie de 300 m<sup>2</sup>, como se muestra en la Figura 11. El tramo de río con la sección transversal rectificada lo constituyen un total de 61 elementos prefabricados como los mostrados en la Figura 12.

Los elementos siguientes se fabricaron con la ayuda de una cimbra de madera así como para la forma central, con una mezcla de cemento arena, las piezas miden un largo de 50 centímetros, realizando cinco piezas por día hasta completar las requeridas, éstas se desmoldan pasando 24 horas y se ponen a fraguar, se le realizan pruebas de rectificación de medidas del centro así como el coeficiente de rugosidad.



**Figura 11.** Adecuación del espacio para la construcción del modelo físico.



**Figura 12.** Fabricación de las piezas para el modelo.

**Tabla 2.** Escalas de similitud o semejanza.

Características	Ley de Froude	Escalas	Características	Ley de Froude	Escalas
Longitud horizontal	$X_e$	175.09	Manning	$\left(\frac{1}{X_e}\right)^{1/2} * \left(\frac{1}{Y_e}\right)^{2/3}$	0.88
Longitud vertical	$Y_e$	58.36	Masa	$\rho_e X_e^2 Y_e$	1,789,127.3
Área	$X_e Y_e$	10,218.50	Fuerza	$\gamma_e X_e Y_e^2$	596,375.78
Volumen	$X_e^2 Y_e$	313,253,132.59	Presión	$\gamma_e Y_e$	58.36
Tiempo	$\frac{1}{(g_e Y_e)^{1/2}}$	22.92	Energía y Trabajo	$\gamma_e X_e^2 Y_e$	1,789,127.3
Velocidad	$(g_e Y_e)^{1/2}$	7.64	Potencia	$\gamma_e X_e (g_e Y_e^5)^{1/2}$	4,556,028.7
Aceleración	$\frac{g_e Y_e}{X_e}$	0.33	Pendiente	$\frac{X_e}{Y_e}$	0.33
Gasto	$X_e (g_e Y_e^3)^{1/2}$	78,064.49			

Una vez realizadas las pruebas en el modelo físico se contempló una propuesta técnica y económica, para ejecutar dicha rectificación en el río, por medio de gaviones, dicha sección será escalonada donde se colocarán las áreas de esparcimiento y recreación para la ciudadanía Moreliana, por lo que se ocupa realizar un corte perfilado, ciertos

terraplenes, colocación de gaviones, así como acabados finales de jardinería, ciclo vía, y trotapista. Se tiene un costo total de inversión del proyecto por \$ 53 047 519.89 (cincuenta y tres millones cuarenta y siete mil quinientos diecinueve pesos 89/100 MN pesos), considerando los precios con un 16% de IVA. Con este proyecto se generara 10 empleos directos de planta, y 150 empleos indirectos en el tiempo que dure la obra, toda la zona del río chiquito de Morelia aumentara la plusvalía por el hecho de estar cerca de una zona verde donde se genera convivencia social, la contaminación del río disminuirá en gran medida por la rectificación y el mantenimiento mismo; al finalizar este proyecto se beneficiará a 546,959 habitantes de la ciudad de Morelia. Se contribuye al entorno visual, aumentando el turismo en el municipio generando recorridos turísticos a esta zona.

## Resultados

La capacidad máxima que puede conducir el río Chiquito sin desbordar es de 43.79 m<sup>3</sup>/s considerando que no tuviera ninguna estructura. Esta a su vez disminuye a 34.84 m<sup>3</sup>/s tomando en cuenta todos los puentes que ya tiene construidos. Dada la rectificación propuesta podemos obtener una capacidad hidráulica de 150 m<sup>3</sup>/s casi el doble del gasto máximo registrado en la historia, con lo cual contribuye a minimizar las inundaciones en Morelia. Las pruebas en el modelo físico corresponden a los caudales registrados en la temporada de estiaje y en la temporada de lluvia, siendo de 0.36 m<sup>3</sup>/s y de 75.54 m<sup>3</sup>/s. teniendo tirantes de 0.34 y 2.9 metros respectivamente, para estas condiciones se colocaría restricciones para el uso de dichos espacios.

Para períodos de retorno de: 2 se tiene 0.84m de tirante, para 5 se tiene 1.84m, para 10 se tiene 2.66m, para 20 se tiene 3.04m, para 50 se tiene 3.45m, para 100 se tiene 3.45m, para 200 se tiene 3.52m y para 500 se tiene 3.76m.

## Conclusiones

Sin duda alguna el rescate de cuerpos superficiales es primordial para el medio ambiente, la vida y entorno social, es por ello que esta primera actuación al río Chiquito de Morelia será fuente de inspiración para continuar con los demás trabajos para complementar este proyecto sustentable. Dado los resultados obtenidos de las pruebas realizadas se muestra que la propuesta de rectificación es factible para llevarla a cabo con la cual se logró el aumento de la capacidad hidráulica, se minimizan las inundaciones en la confluencia generando alternativas de control de inundaciones en dicha zona. El retomar la teoría para la construcción de modelos físicos es un arte el cual induce a la concientización de sustentar las actuaciones en ríos, obras hidráulicas, etc. Con un buen modelo que arroje los mejores resultados, siendo económico factible y con una vida útil prometedora, promoviendo normas de diseño en cuanto a rectificación en México.

## Referencias Bibliográficas

- Agua, C. N. (2012). Programa Hídrico Regional Visión 2030 X Golfo Centro. Coyoacán, México, D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Carreño A., E.: "Modelación Hidráulica del Río Chiquito de Morelia". Morelia, Mich., 2006. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. (UMSNH).
- Garnica, R. G. (2007). Evaluación socioeconómica del saneamiento de aguas residuales de Morelia, Mich. Morelia : OOAPAS.
- Lopardo, R. A. (2000). Algunos aportes de los modelos físicos en la optimización hidráulica de grandes presas Argentinas. Argentina: Instituto Nacional del Agua.
- Lucatero, A. D. (2006). Proyecto de regeneración del río Chiquito de Morelia, Mich. Morelia: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. (UMSNH).
- Luegue, J. L. (2011). El rescate de ríos en el DF mejora la vida de la población. Comunicado de prensa No. 182-11. México DF. Comisión Nacional del Agua.(CONAGUA).
- Nieto, C. J. (1991). El Acueducto, núm. 450, 3 Aniversario de la Fundación de Morelia. Morelia: Revista Morelia.
- Sepúlveda, H. U. (2011). Diagnóstico ambiental (hidrológico-socioeconómico) como base para la planeación en una cuenca periurbana. El caso del río Chiquito, Morelia Michoacán. México: Universidad Autónoma de México. (UNAM).