

ISOS|2023

Simposio Internacional sobre Sistemas de Emisarios 2023

International Symposium on Outfall Systems 2023



International Association
for Hydro-Environment
Engineering and Research

Hosted by
Spain Water and IWHR, China



MODELACIÓN MATEMÁTICA HIDRÁULICA DEL SISTEMA RIACHUELO

BUENOS AIRES, ARGENTINA



Lo bueno
del agua
llega.



Ministerio de
Obras Públicas
Argentina

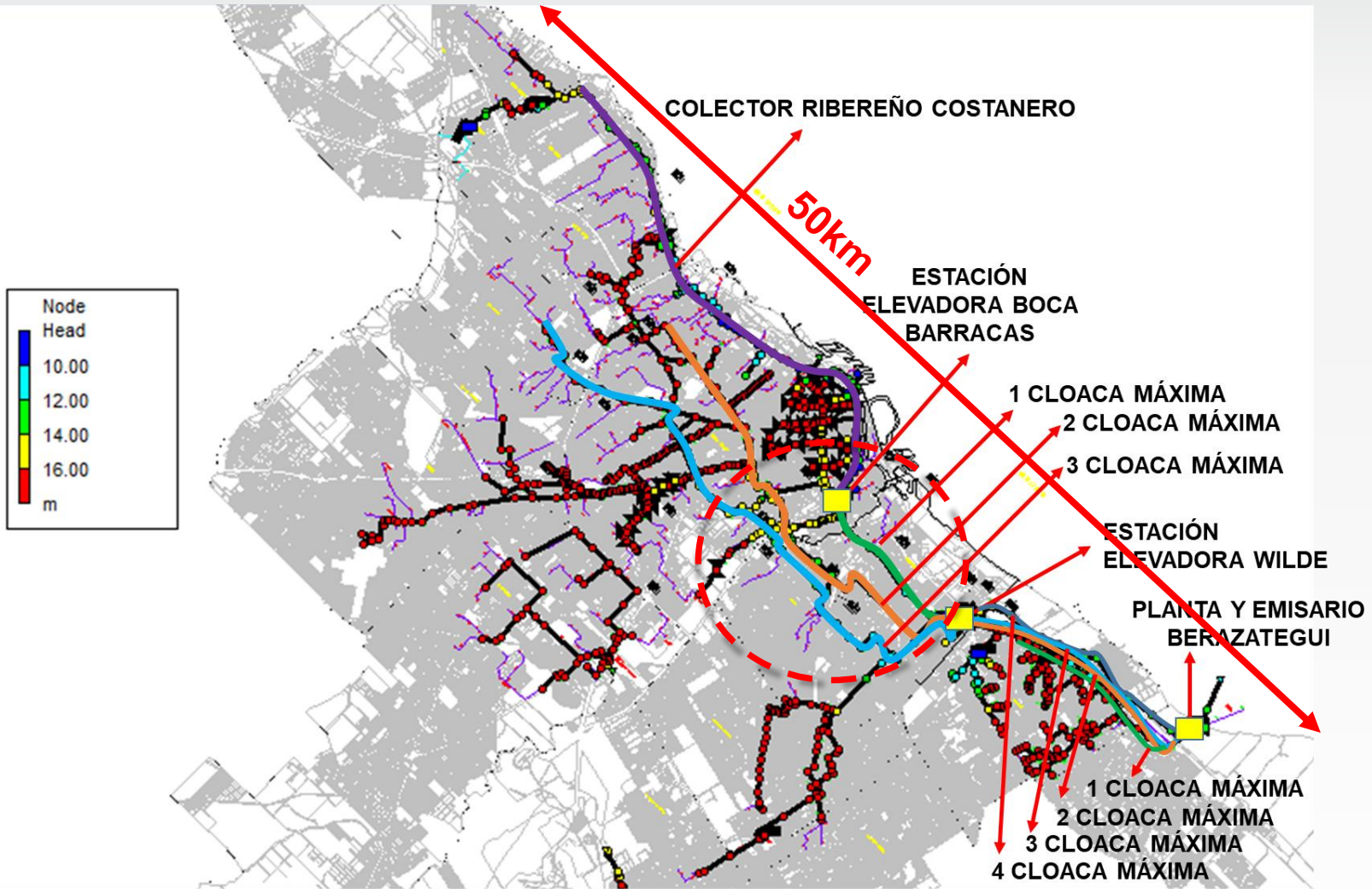
INDICE

- Sistema actual Cuenca Berazategui
- Obras principales Sistema Riachuelo
- Metodología del Estudio Hidráulico
- Ejemplos estudios de optimización del Sistema (3)
- Conclusiones

SISTEMA ACTUAL

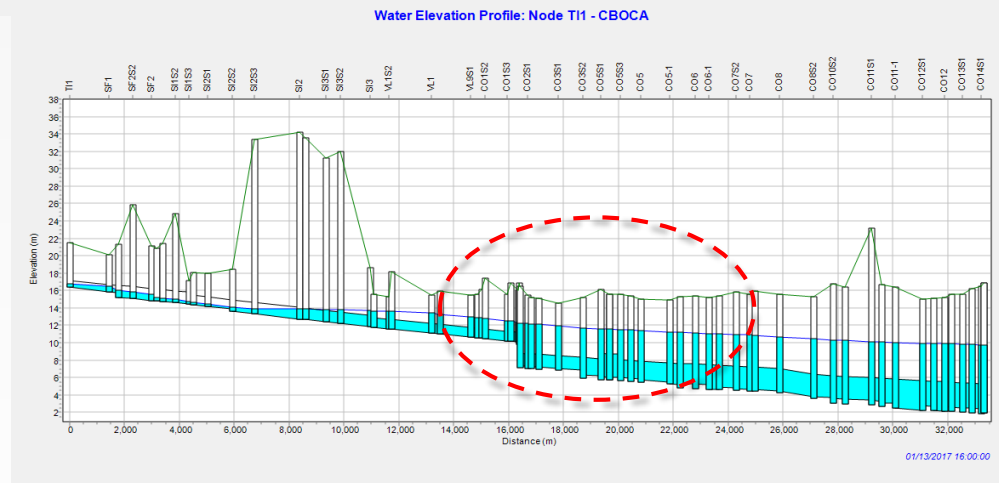
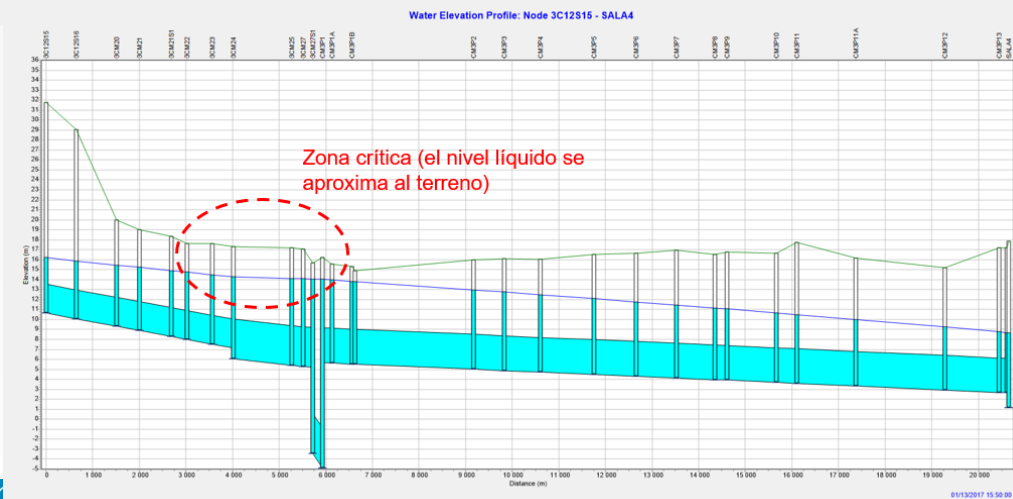
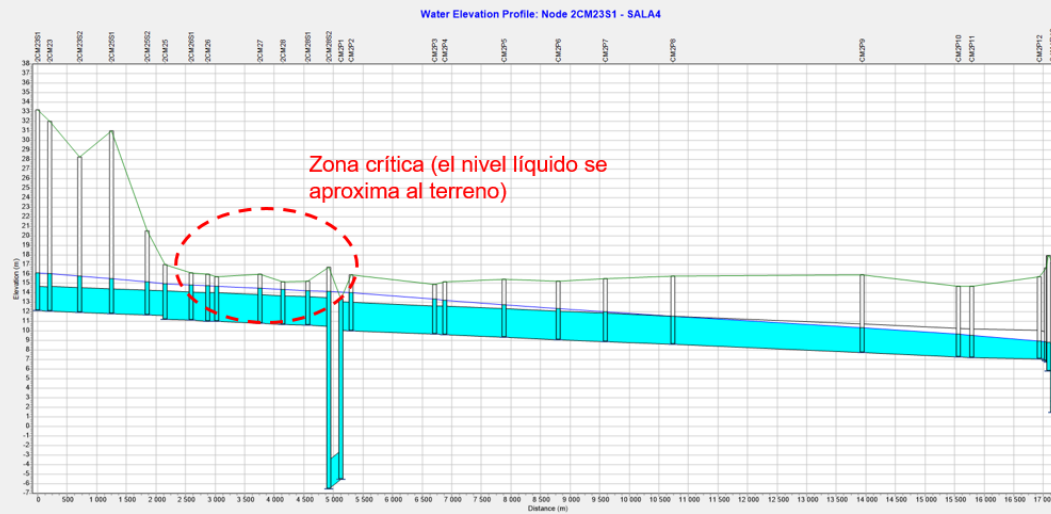
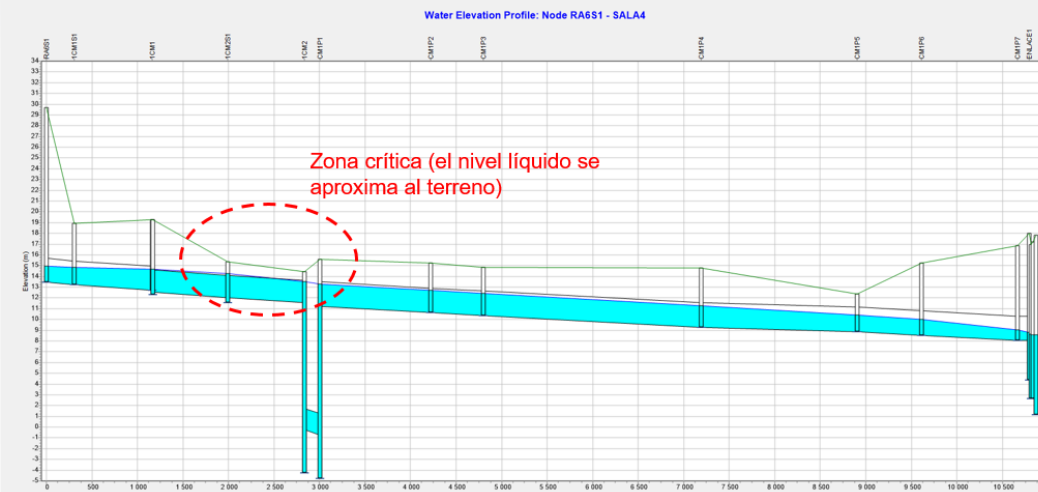


CUENCA BERAZATEGUI - SITUACION SIN OBRAS SISTEMA RIACHUELO



Descarga emisario actual 2500m de la costa.
Longitud área de difusión = 100m

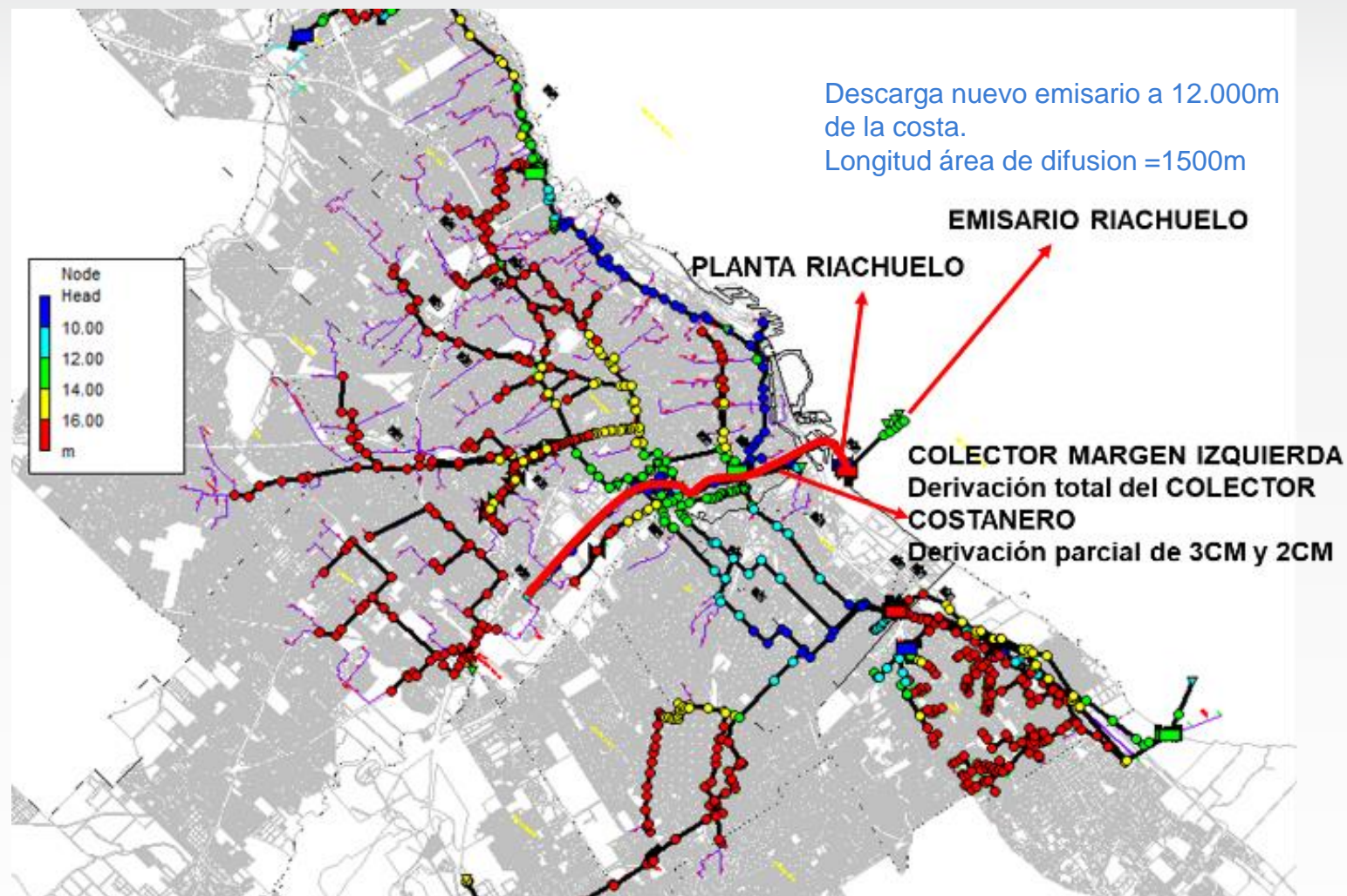
PIEZOMETRIA GRANDES CONDUCCIONES AL LÍMITE DE SU CAPACIDAD



SISTEMA RIACHUELO



OBRAS DEL SISTEMA RIACHUELO



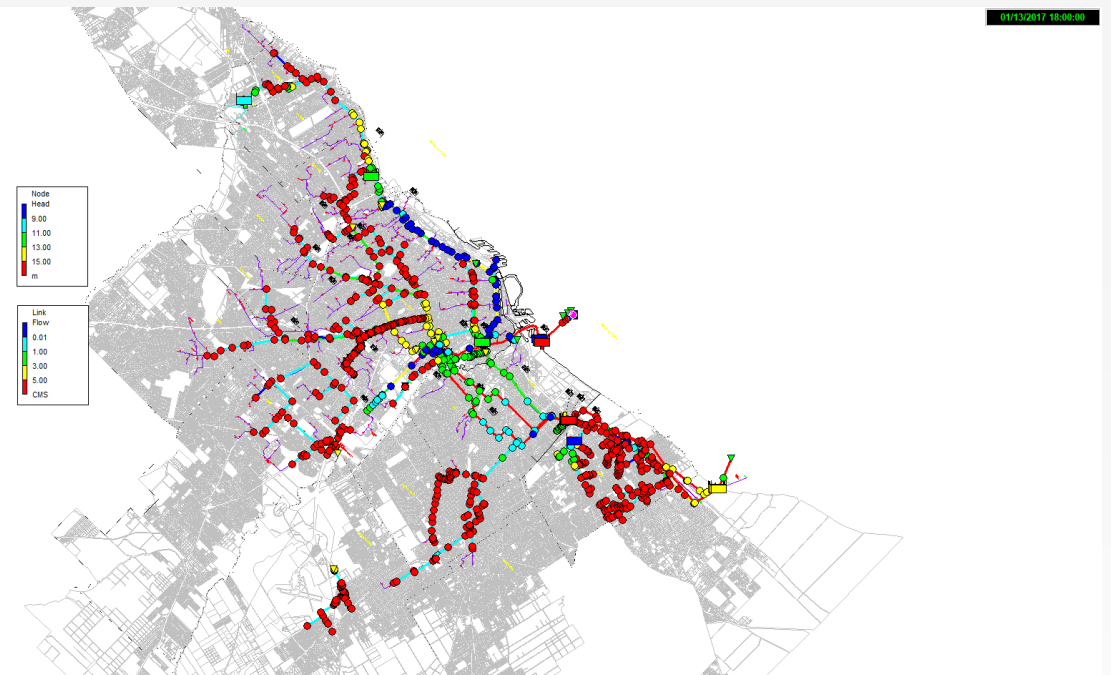
- Túnel colector principal de 16km de longitud cuyo recorrido es de oeste a este (3200-4500mm)
- 10 obras complementarias para captar caudales (trasvase de caudales del sistema actual, captación de caudales pluviales de tiempo seco y de pequeñas estaciones de bombeo) y conducirlos por el colector principal a una nueva planta de pretratamiento y posterior vuelco al Río de la Plata a través de un emisario subfluvial en túnel de 12 km de longitud con un tramo difusor de 1,5 km. DN 4300mm

ESTUDIO HIDRÁULICO DEL SISTEMA

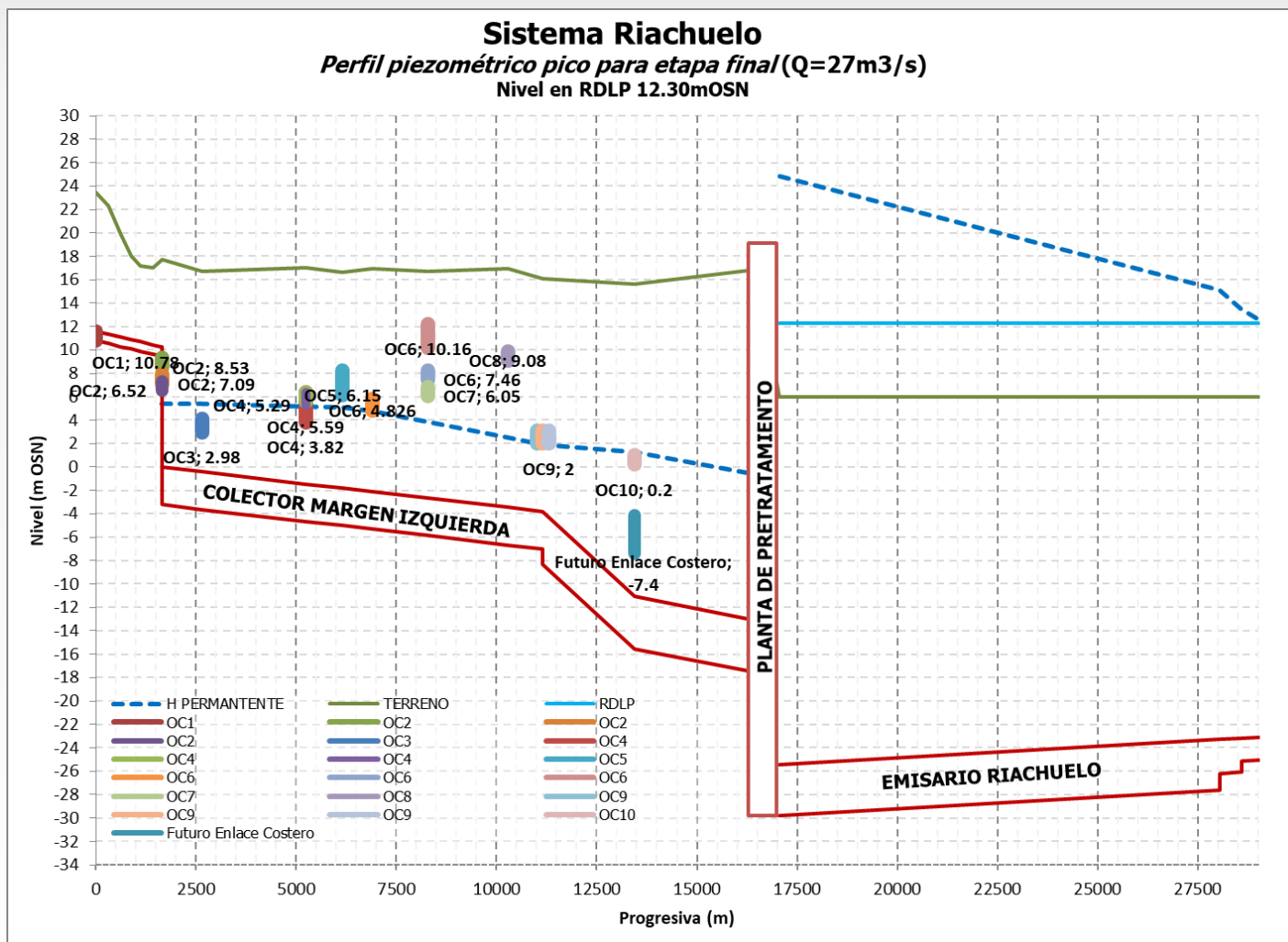


MODELO EN RÉGIMEN PERMANENTE

- La modelación se llevó a cabo mediante el modelo calibrado disponible en SWMM (EPA) para la situación actual, al cual se le adicionaron las obras proyectadas del Sistema Riachuelo y caudales correspondientes. El software SWMM (Storm Water Modelling Management, de la Environmental Protection Agency de EE.UU.) resuelve las ecuaciones de onda dinámica permitiendo representar flujos a superficie libre y a presión, curvas de remanso, flujo inverso entre otras características.

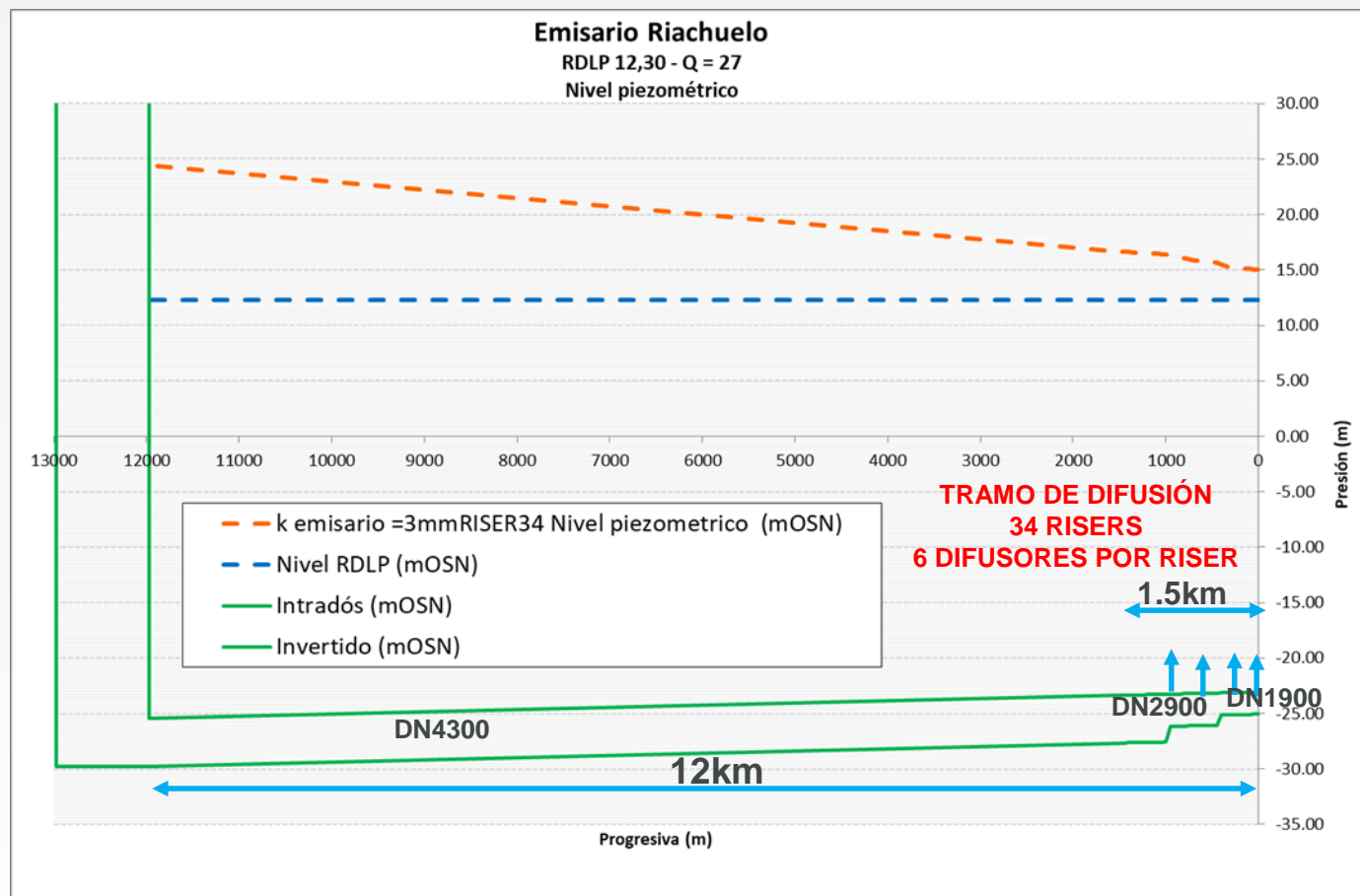


COLECTOR MARGEN IZQUIERDA Y DCBC



- Túnel colector principal de 16km de longitud cuyo recorrido es de oeste a este.
- Caudal pico de diseño 27m³/s.
- Diámetro variable entre 800mm, 3200mm y 4500mm.
- 10 Obras Complementarias de captación de caudales
- Planta de Pretratamiento
- Emisario en túnel, L=12.000m y 4300mm de diámetro

EMISARIO RIACHUELO: MODELO EN PLANILLA DE CÁLCULO



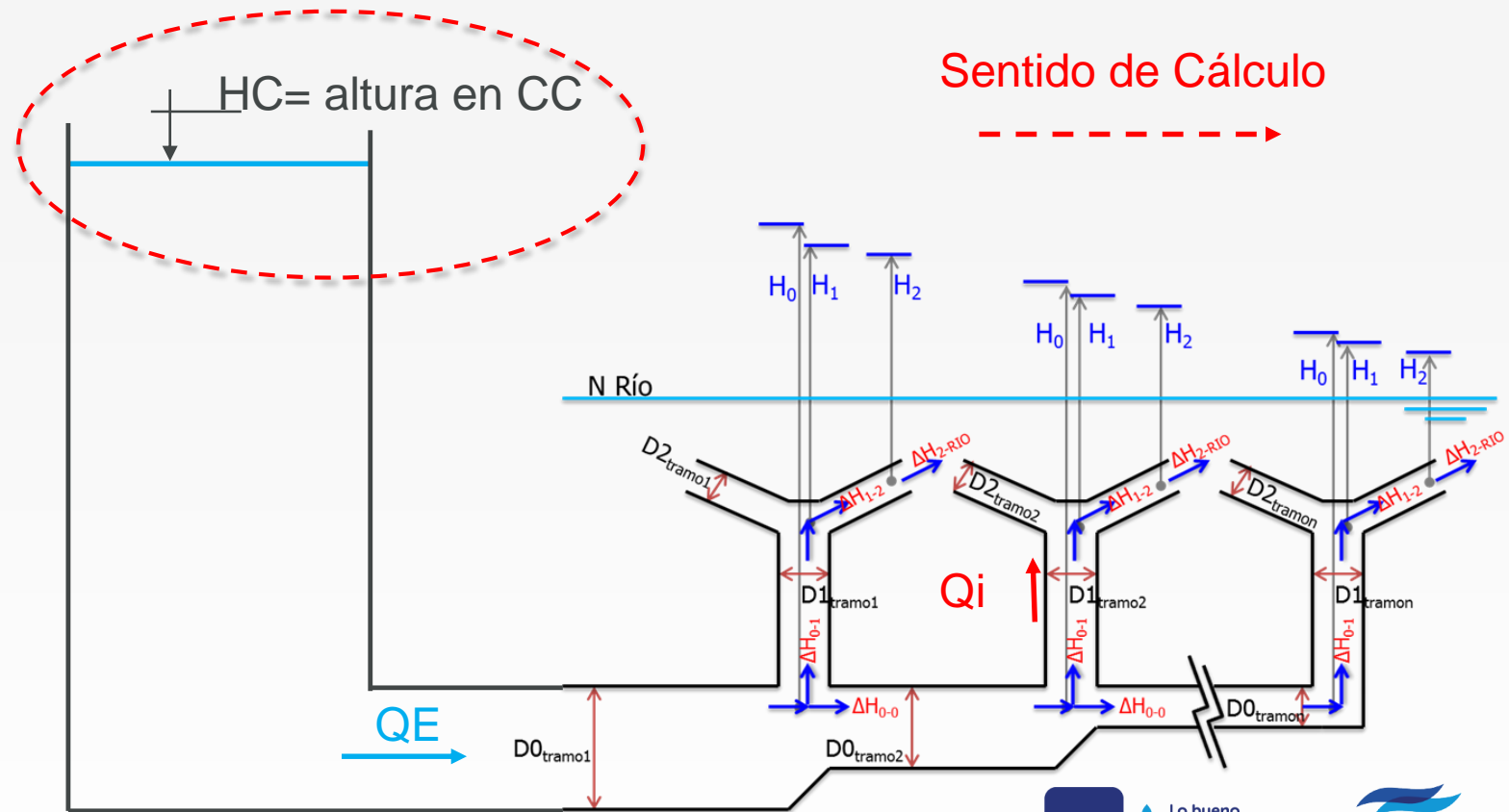
- Para el cálculo hidráulico del emisario para varias condiciones de borde, se utilizó un modelo propio desarrollado en planilla de cálculo que aplica Bernoulli determinando los caudales en cada difusor y la piezometría del sistema a través de un método de optimización de una función objetivo con restricciones.

EMISARIO RIACHUELO: MODELO EN PLANILLA DE CÁLCULO

METODO 1

Se itera con esta altura hasta lograr que $\sum Qi = QE$

Función objetivo=
 $\sum Qi - QE = 0$



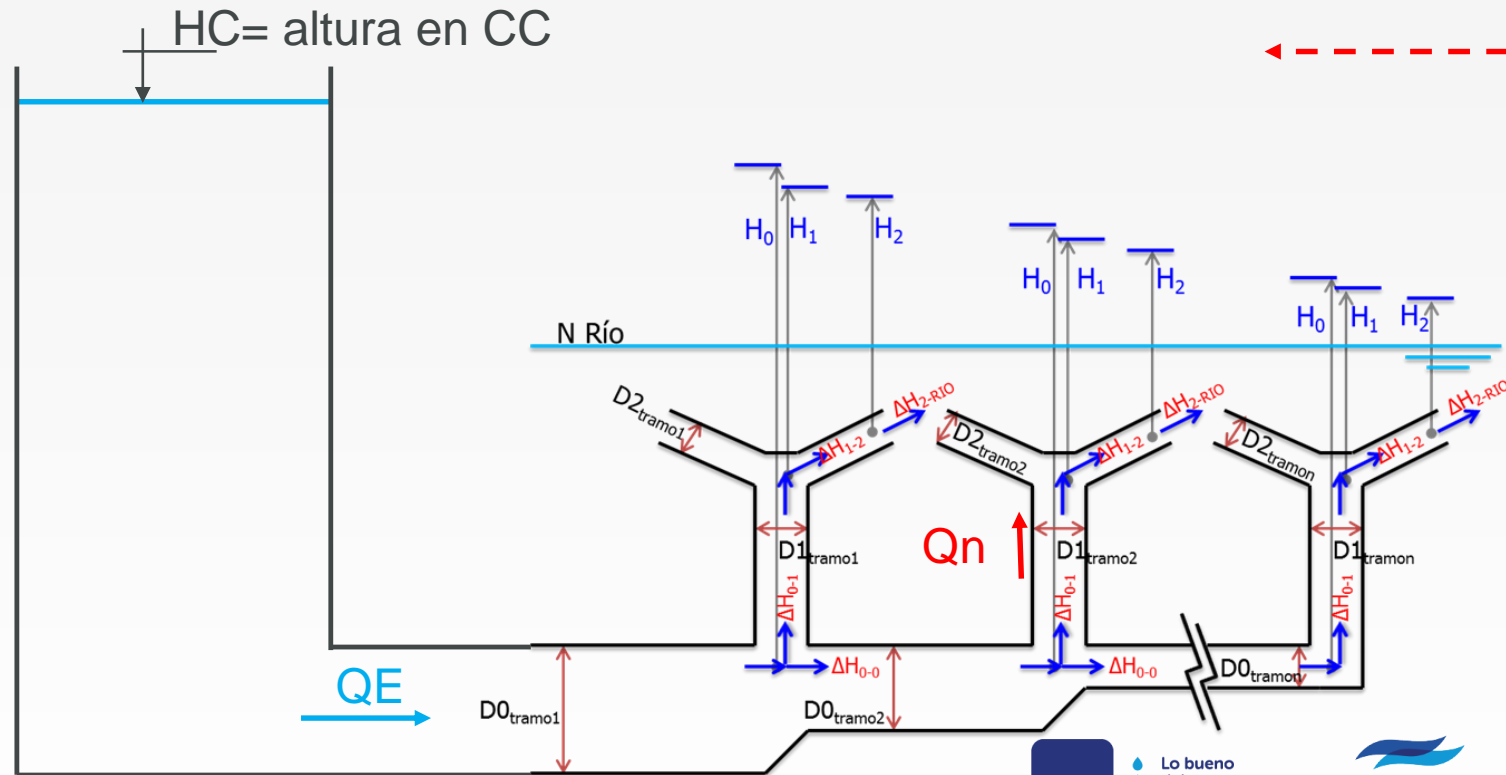
EMISARIO RIACHUELO: MODELO EN PLANILLA DE CÁLCULO

METODO 2

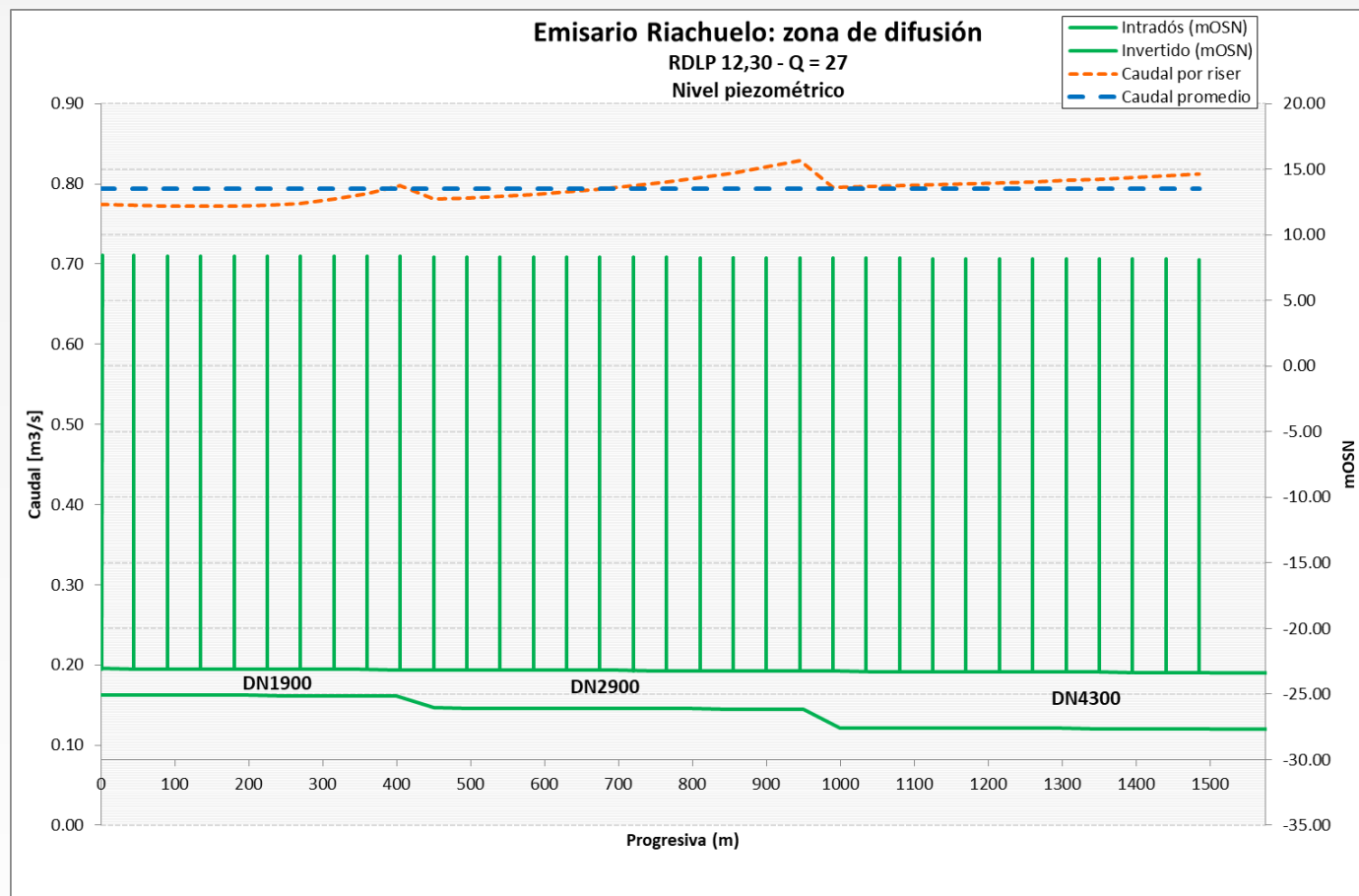
Las alturas piezométricas H_0 (base del riser) son únicas, por lo tanto se debe iterar con Q_n hasta que H_0 por camino 1 y por camino 2 tengan el mismo valor. Además la sumatoria de los Q_n debe ser igual al caudal total del emisario.

Función objetivo=
Suma de las
diferencias entre
piezometricas en
cada nudo (H_0 ,
unión de riser con
emisario)
calculadas por dos
caminos= 0

Sentido de Cálculo

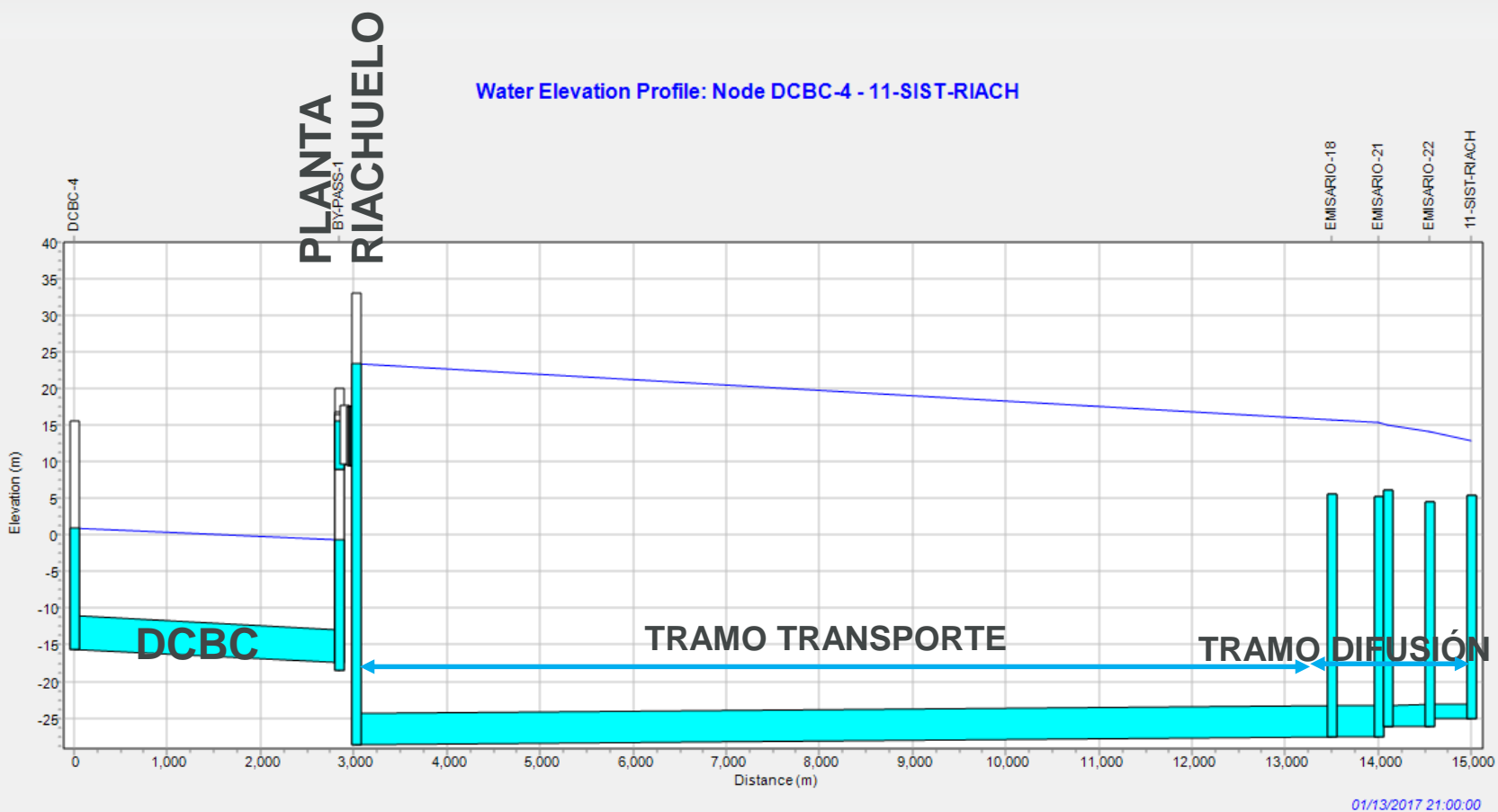


EMISARIO RIACHUELO: ZONA DE DIFUSIÓN



- La equi-repartición de caudales por riser dio una diferencia máxima de caudales menor al 10%
- La reducción de sección se realizó para disminuir la probabilidad de sedimentaciones

EMISARIO RIACHUELO: MODELO SWMM

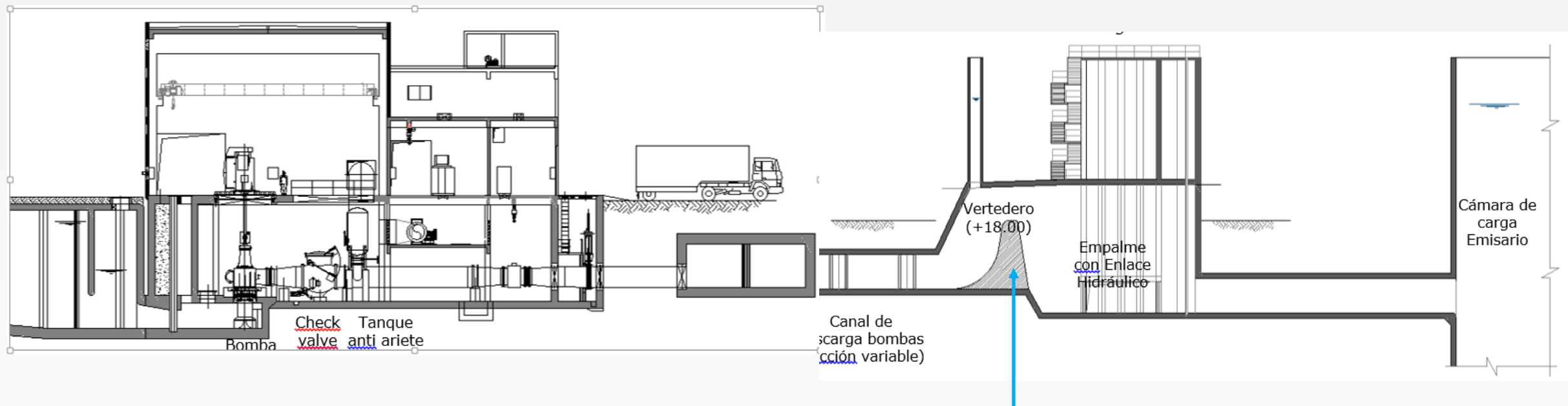


- Para simplificar el modelo SWMM, el tramo de difusión se modeló imponiendo pérdidas localizadas que resulten en el mismo nivel en cámara de carga que la planilla de Excel.

EJEMPLOS DE OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA

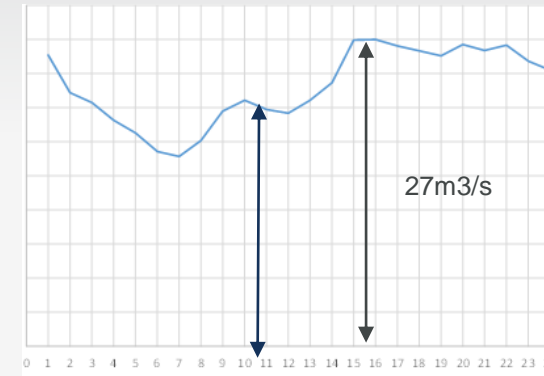
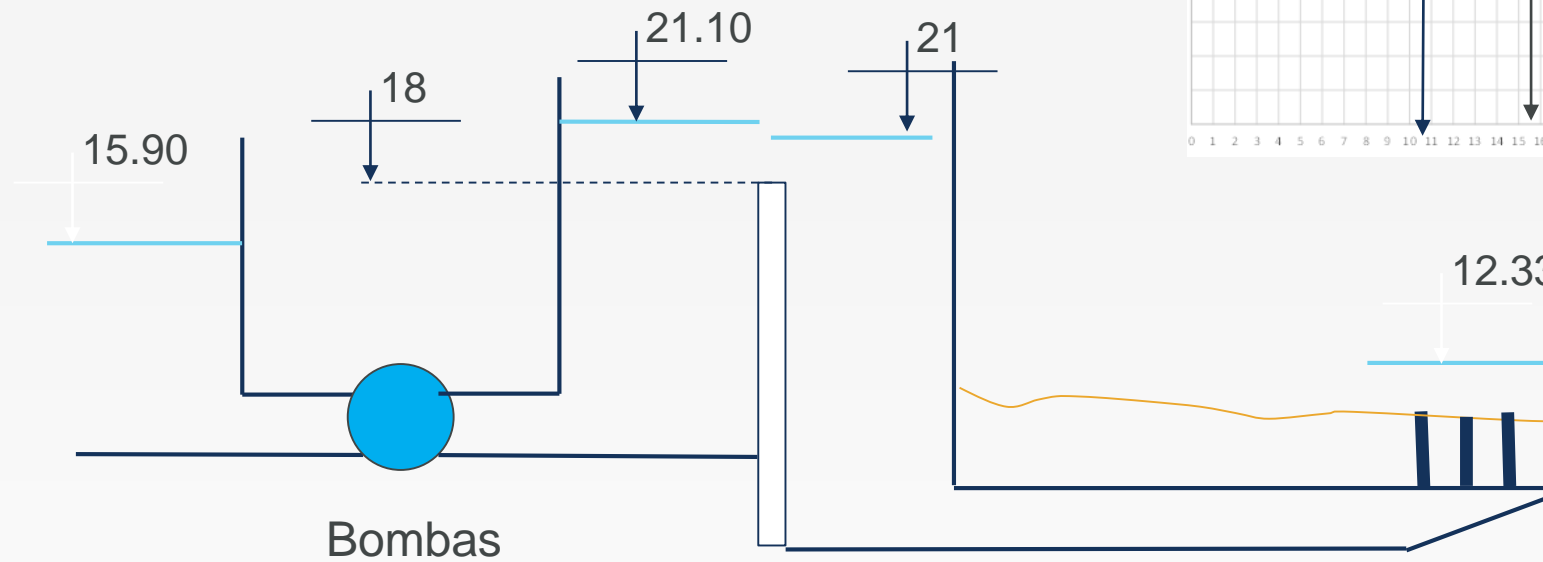


1) OPTIMIZACIÓN OBRAS Y EQUIPOS EN LA DESCARGA DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO DE SALIDA DE PLANTA (BOMBEO AL EMISARIO)



En el Proyecto inicial se instaló un vertedero a cota 18mOSN para evitar que las bombas se vayan de punto para caudales bajos y niveles bajos del Río de la Plata

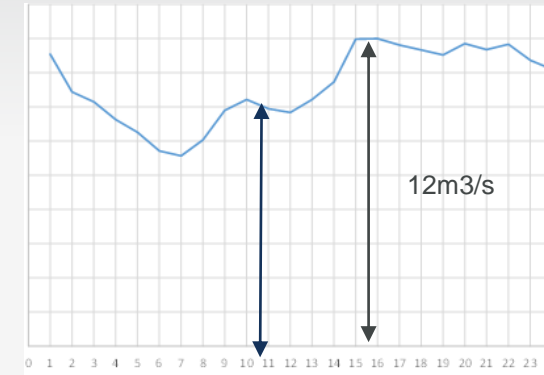
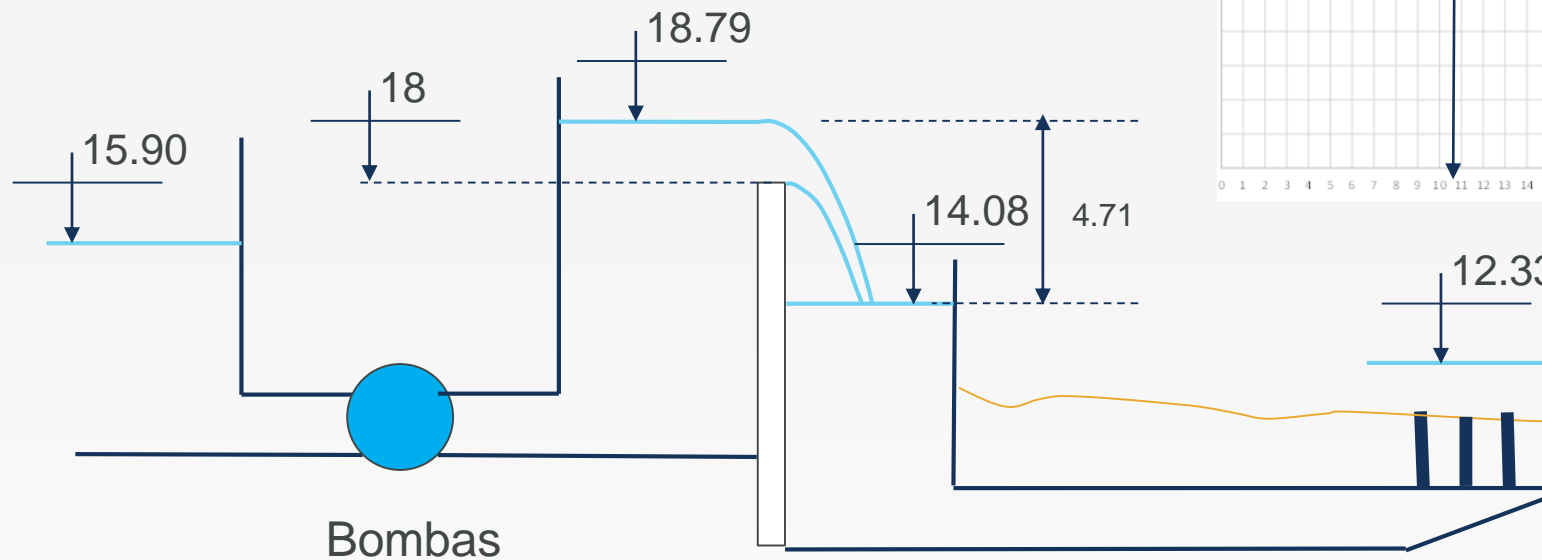
QP= 27m³/s
Ej. 50% de T



Para los caudales finales de diseño el vertedero tendría un efecto muy bajo en el escurrimiento

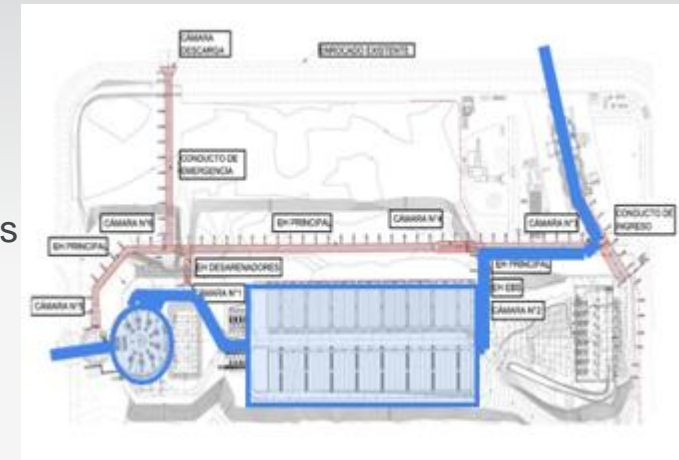
ESQUEMA DE OPERACIÓN DURANTE LA PUESTA EN MARCHA Y PRIMEROS TIEMPOS DE OPERACIÓN

QP= 12m³/s
Ej. 50% de T



Pero para caudales bajos (etapa inicial), estaría asociado a pérdidas de energía y generación de silfhidrico

SOLUCIÓN: REDUCCIÓN DE LA ALTURA DE VERTEDERO Y VALVULAS DE CONTROL DE BOMBEO



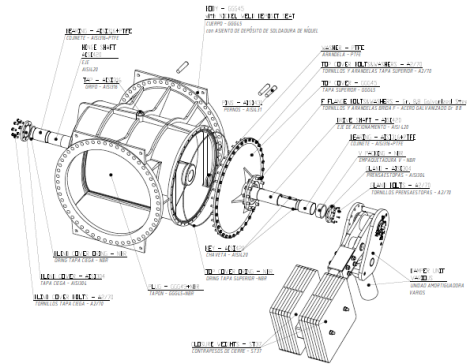
Este Sistema permite operar por gravedad en las etapa inicial de las obras, ahorrando energía



Eccentric plug valves

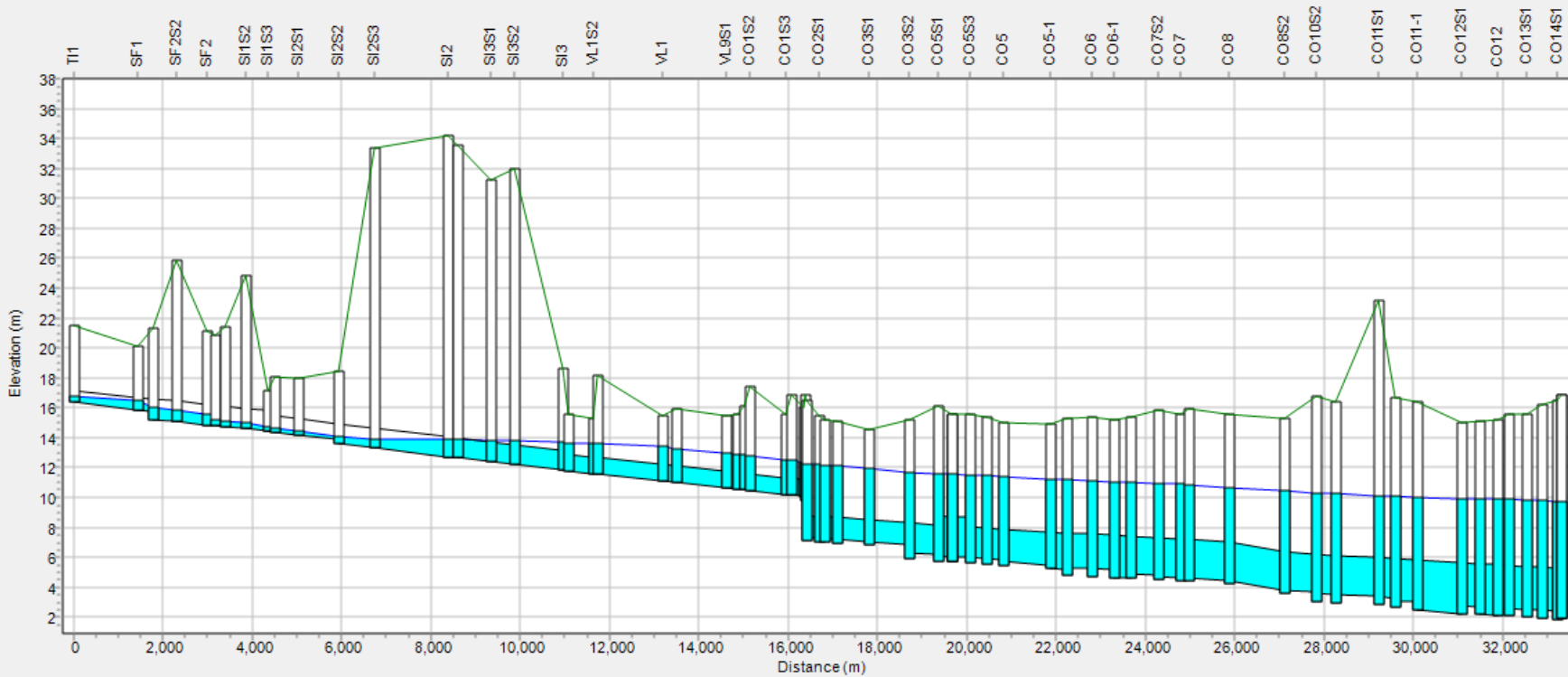


El diseño original fue modificado instalando válvulas de control de bombeo automáticas para mantener carga suficiente aguas abajo de las bombas. Estas válvulas reemplazan las válvulas de retención y al vertedero (solo se dejó un vertedero 5m más bajo que el original para evitar el vaciado luego de un transitorio).



2) OC9: VINCULACIÓN COSTANERO CON SISTEMA RIACHUELO

Water Elevation Profile: Node TI1 - CBOCA

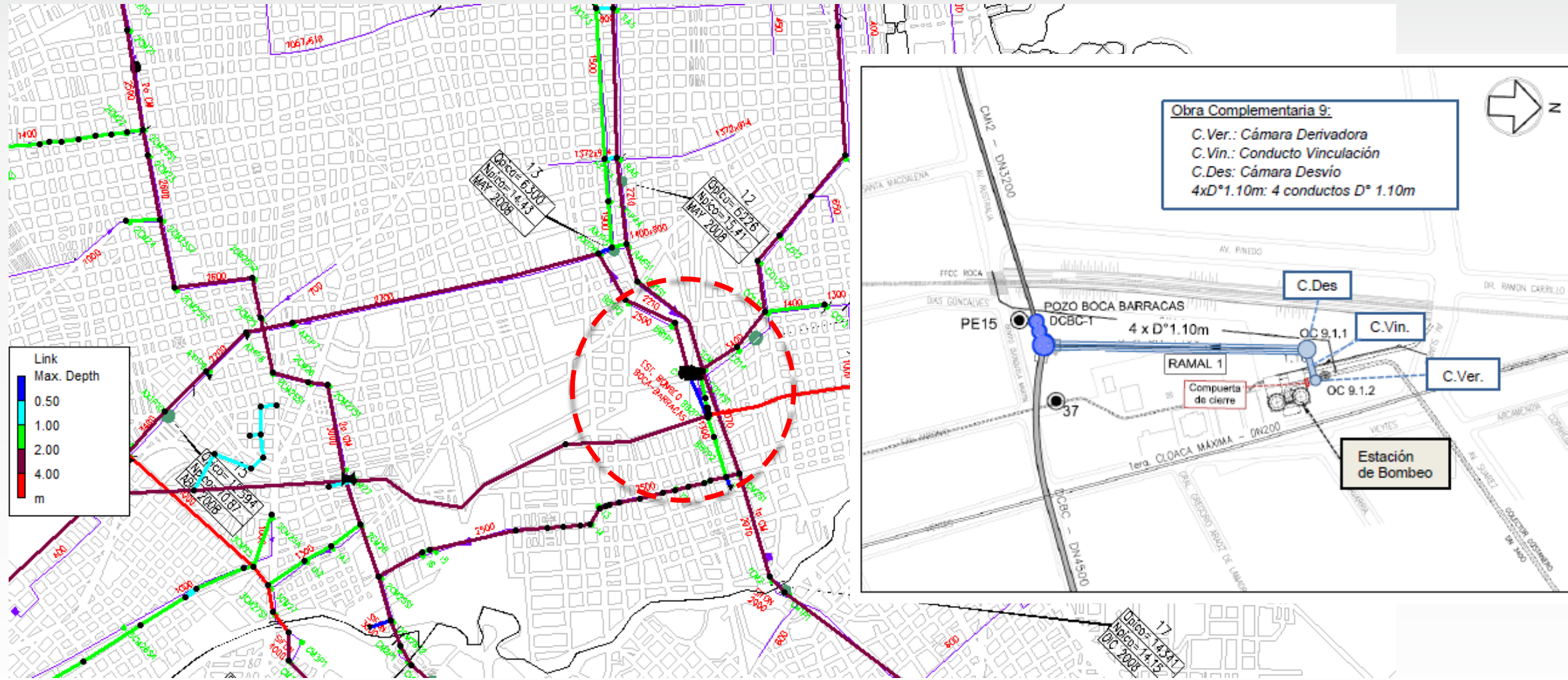


01/13/2017 16:00:00

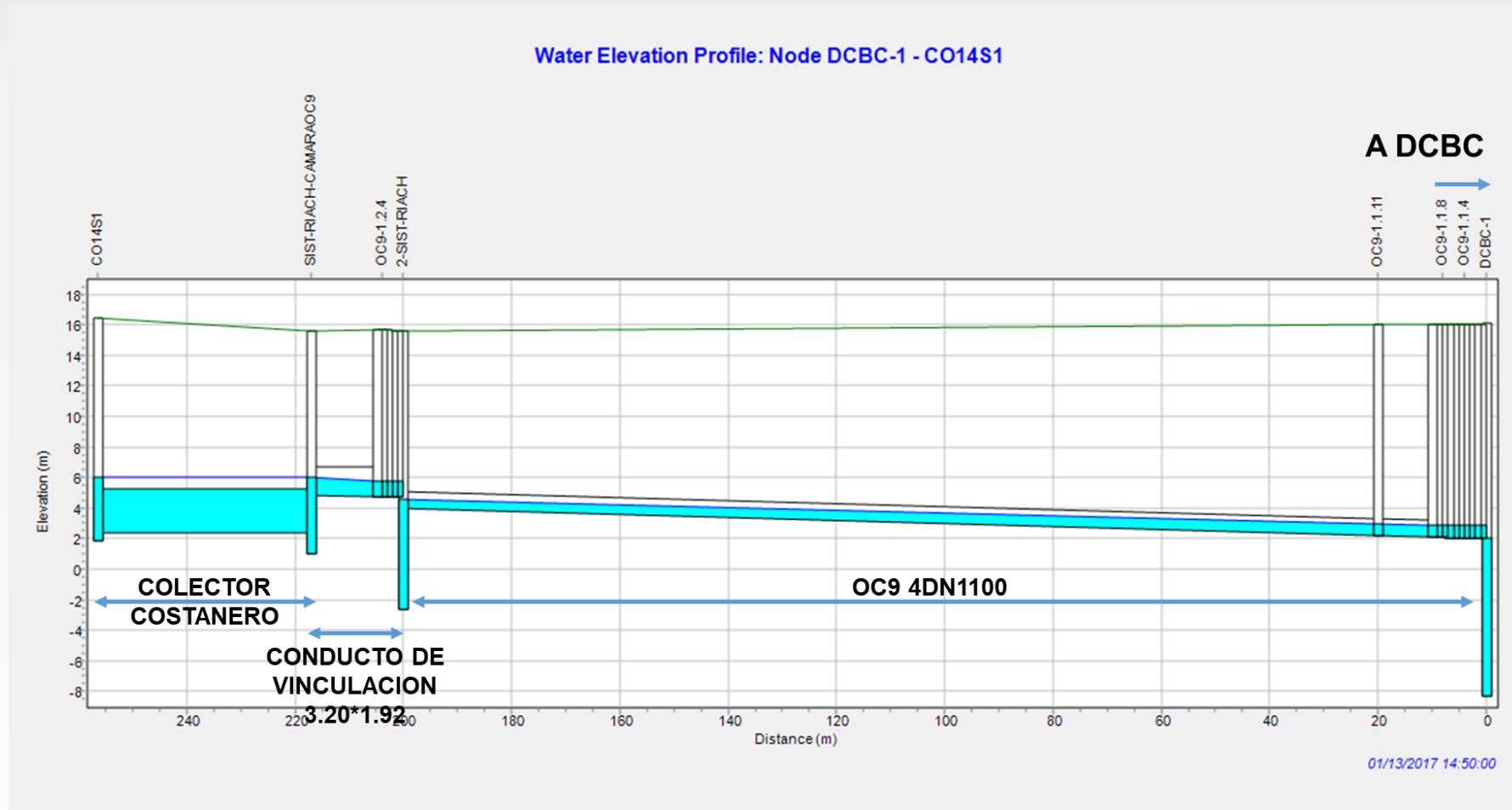
El colector Costanero es un conducto de más de 80 años de antigüedad que tiene una longitud del orden de 30km. Su condición de borde aguas abajo es la estación de B de Boca Barracas con falta de capacidad

Una condición de diseño del pliego es que debía funcionar en carga para evitar el ataque de sulfhídrico a la estructura antigua

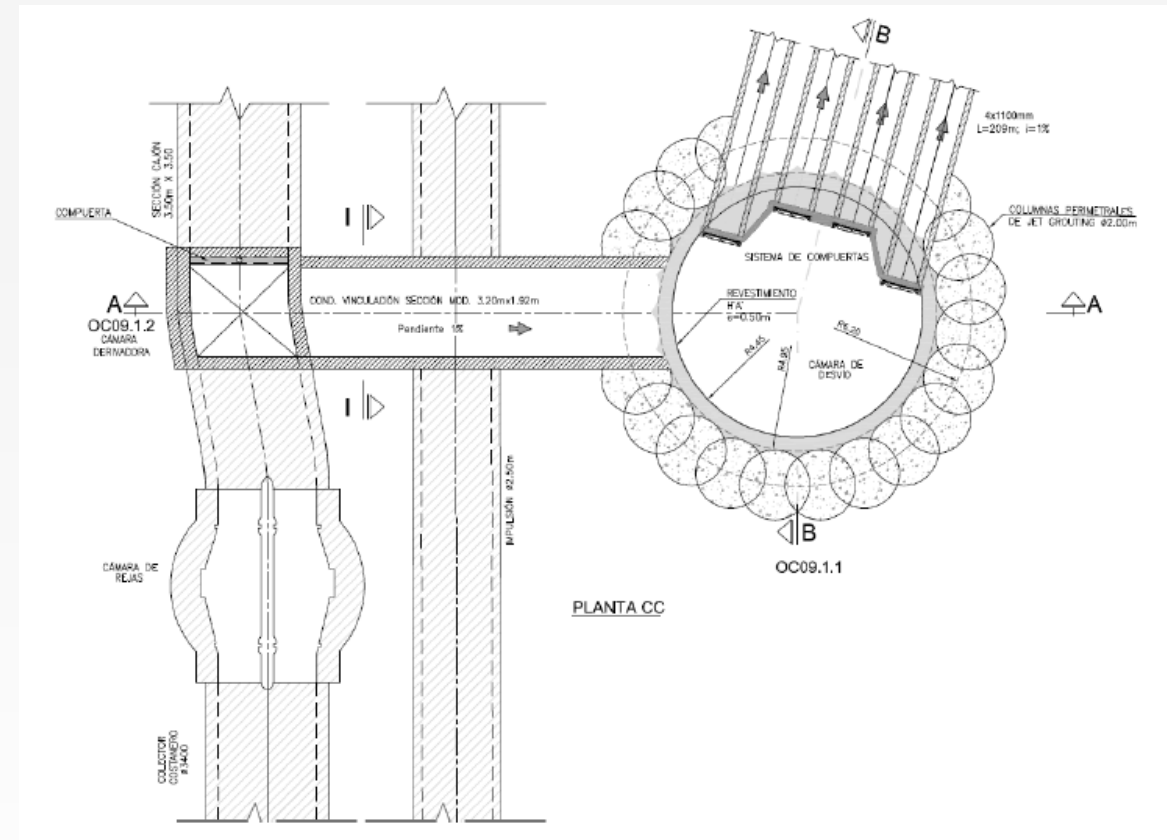
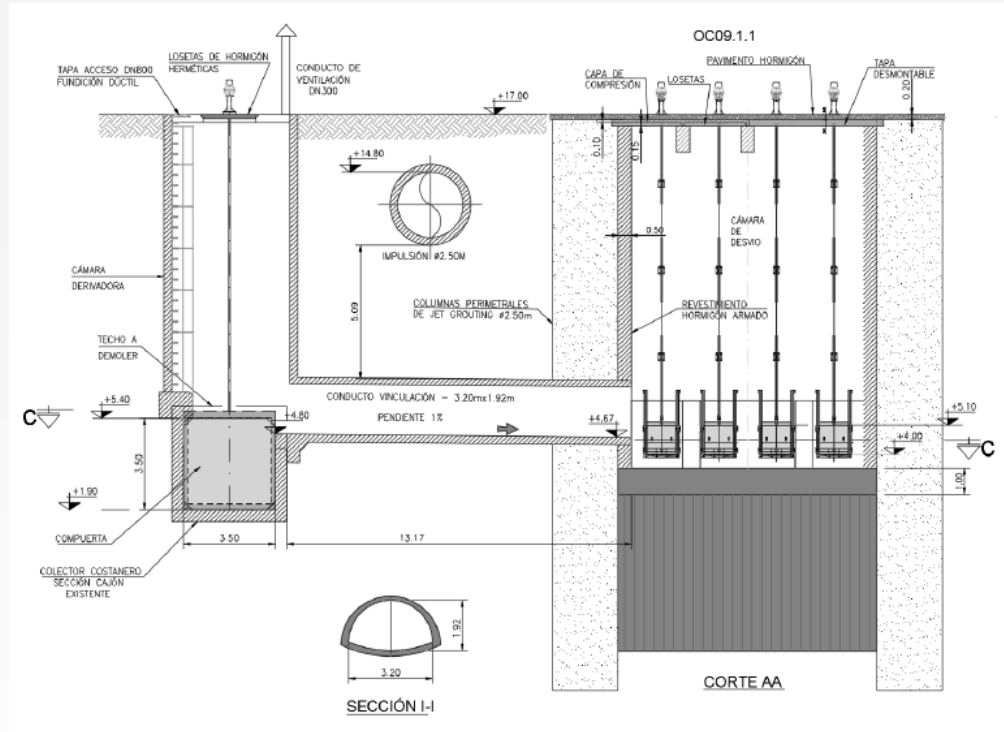
OBRA DE VINCULACION



PERFIL DE LOS CONDUCTOS DE DERIVACION

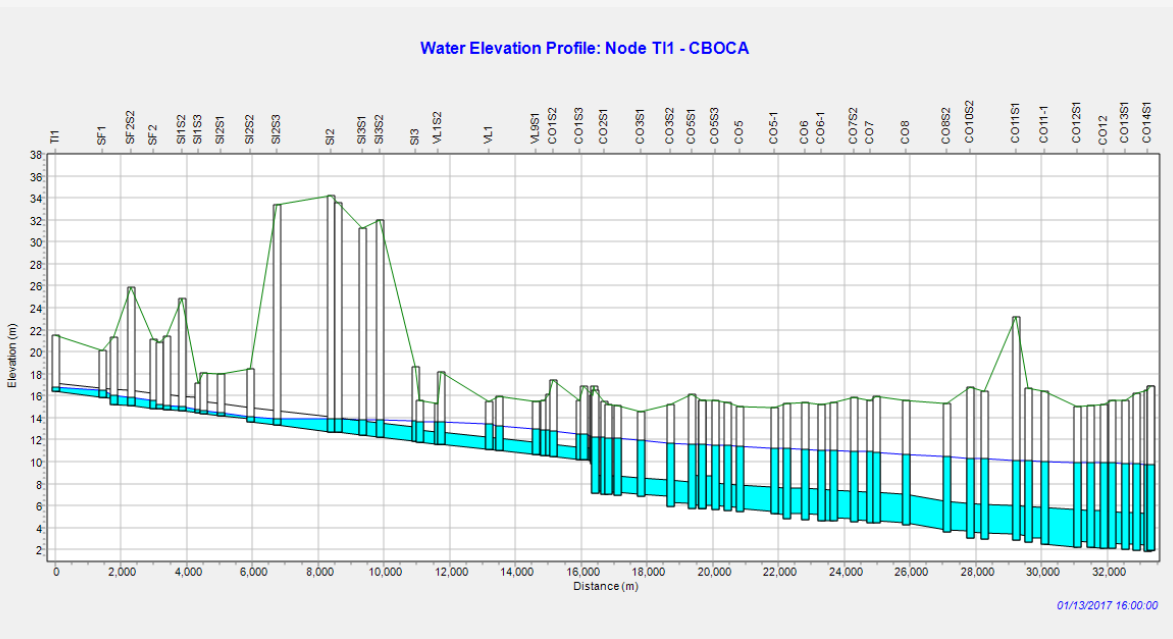


DETALLE OBRAS DE VINCULACION

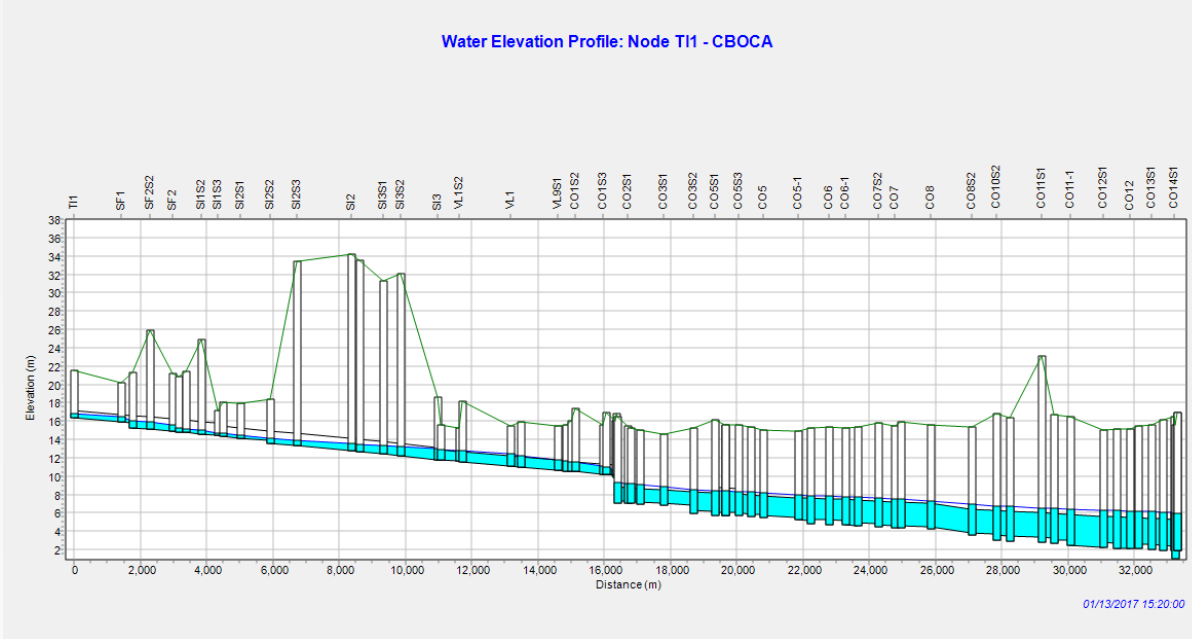


MEJORA EN LA PIEZOMETRÍA DEL COSTANERO

Mejora Piezometria



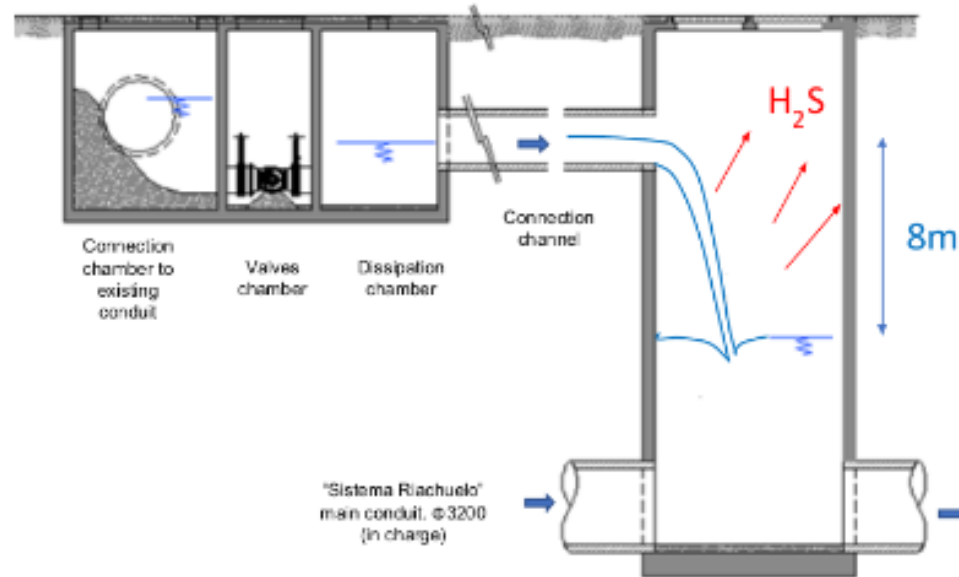
Actual



Con obras Sistema Riachuelo

DESCARGA LIBRE

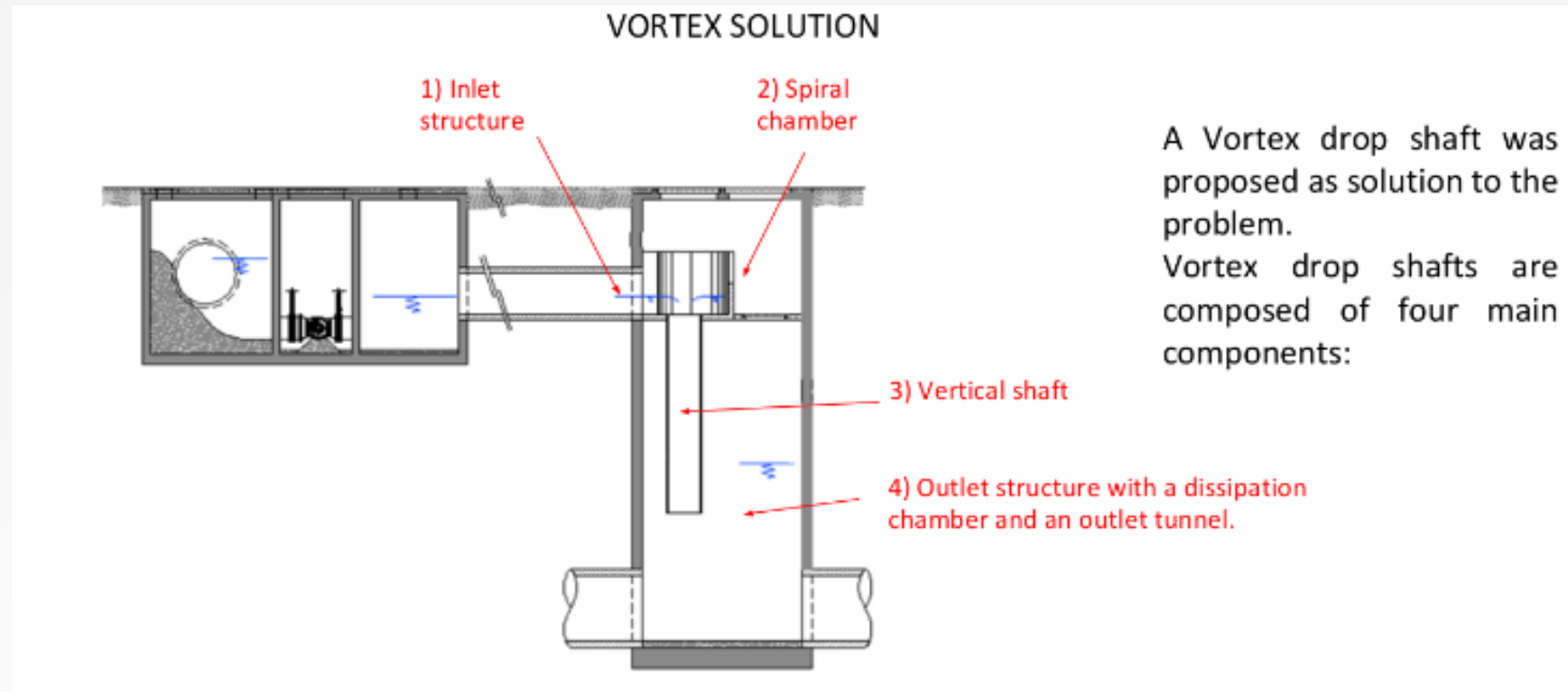
WASTEWATER HYDRAULIC DROP PROBLEM



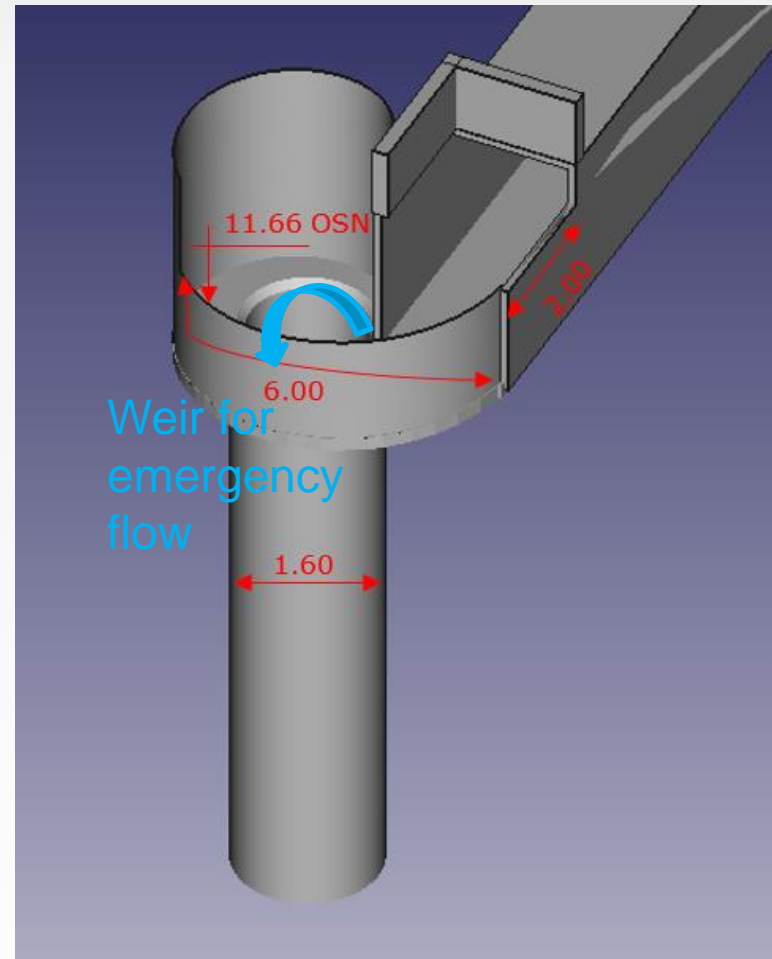
Typical sewer drops create turbulent flow that releases Hydrogen sulfide (H_2S) gas.

This emission from drop structures can lead to rapid, extensive damage of surrounding concrete, and is a main source of odor problems.

CONCEPTO DEL VORTEX



DISEÑO DEL VORTEX

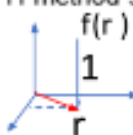


DISPOSITIVOS DE CAIDA EN OBRAS DE DERIVACION

MODELO SPH

SPH APPROXIMATION

The concept of integral representation of a function $f(r)$ used in the SPH method starts from the following identity (Monaghan, 1992):

$$f(r) = \int f(r') \delta(r - r') dr' \quad \text{Identity}$$


Where f is a function of the three dimensional position vector r , and $\delta(r-r')$ is the Dirac delta function given by:

$$\delta(r-r') = 1 \text{ if } r=r' \text{ and } 0 \text{ if } r \neq r'.$$

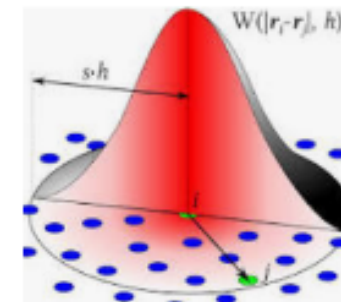
If the Delta function $\delta(r-r')$ is replaced by a smoothing function $W(r-r', h)$, the integral representation of $f(r)$ is given by:

$$f(r) = \int f(r') W(r-r', h) dr' \quad \text{Delta Dirac function replaced by a smoothing function. Integral approximation}$$

Where W is called smoothing Kernel function and h is the smoothing length defining the influence area of the smoothing function W .

For numerical work (Monaghan, 1992), the integral interpolant is approximated by a summation interpolant:

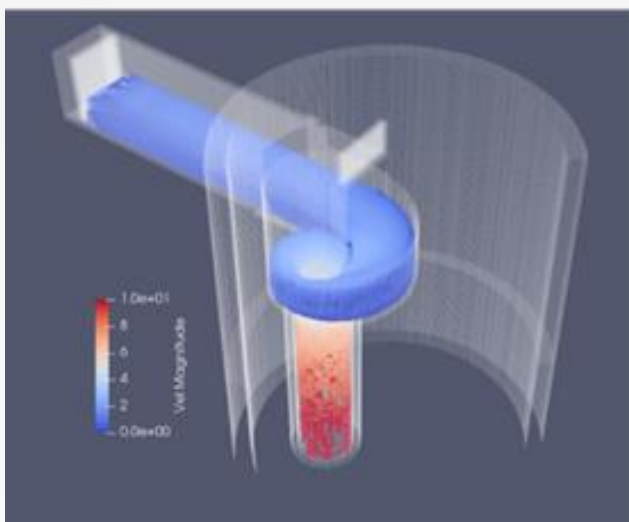
$$f(r) = \sum_b m_b \frac{\rho_b}{\rho} W(r-r_b, h) \quad \text{Summation approximation}$$



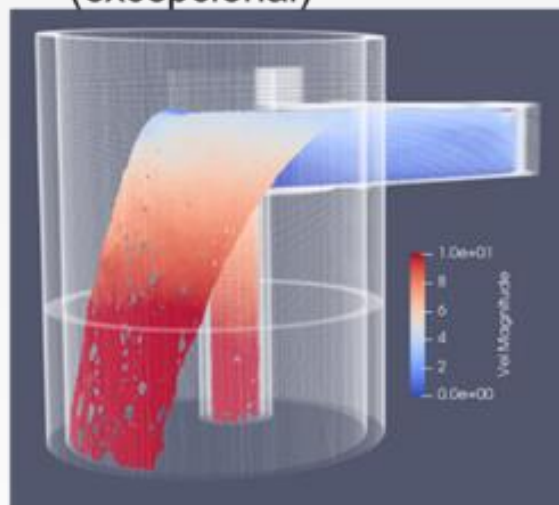
➔ MODELOS LAGRANGIANOS SIN MALLA

DISPOSITIVOS DE CAÍDA TIPO VORTEX: MODELACIÓN SPH

Derivación operación Normal

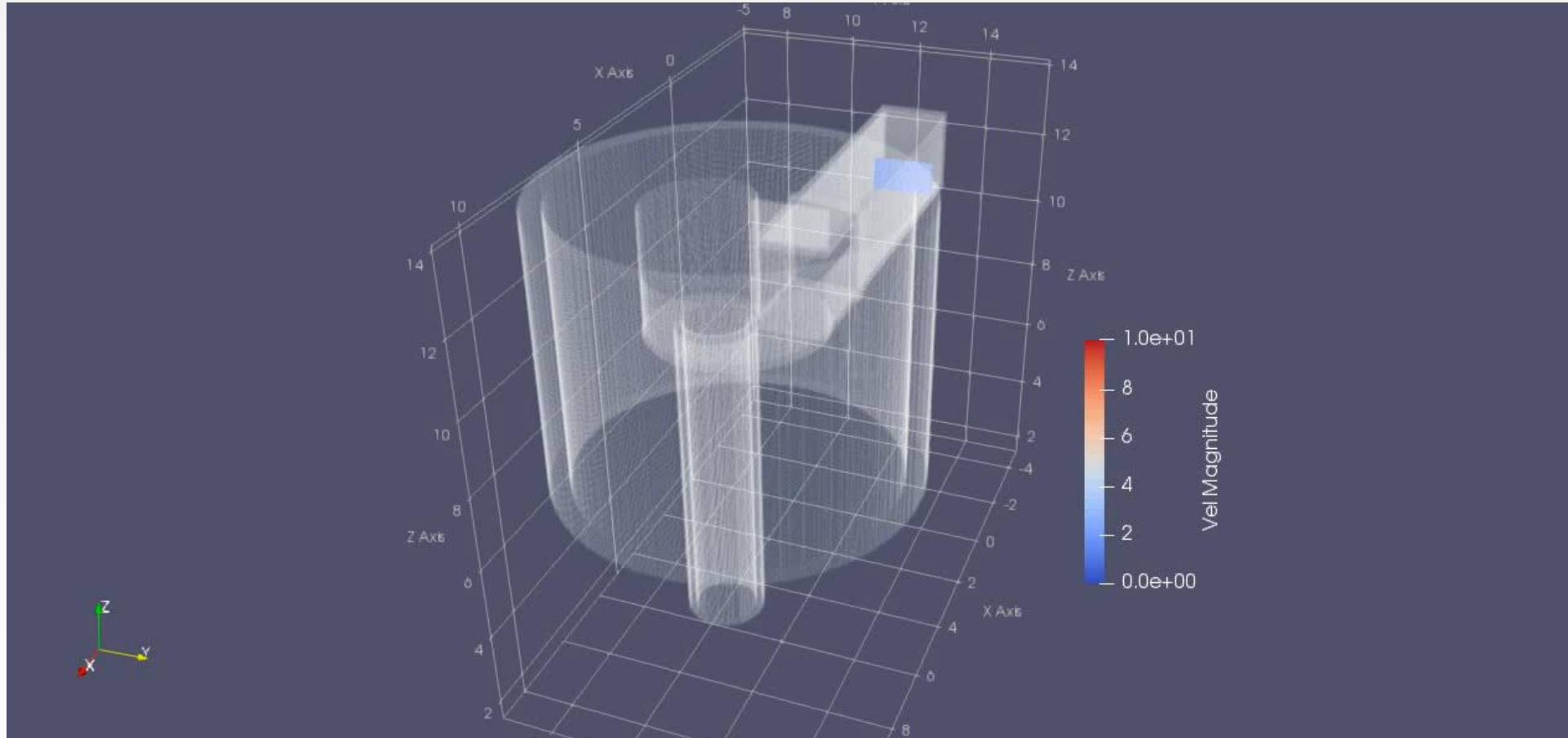


Derivación operación Emergencia (excepcional)

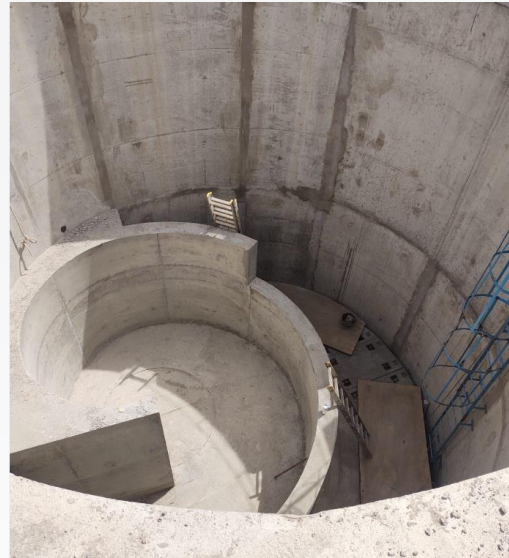


- Se utilizó modelación SPH para el estudio de caídas tipo Vortex en la vinculación entre el sistema existente y el nuevo sistema estas simulaciones fueron validadas mediante modelos CFD durante el diseño detallado.

DISPOSITIVOS DE CAÍDA TIPO VORTEX: MODELACIÓN SPH



ETAPA CONSTRUCTIVA DE LOS VORTEX



CONCLUSIONES

- El sistema cloacal en su estado actual está al límite de su capacidad.
- Se diseñó un nuevo sistema, acoplado al anterior con múltiples objetivos: mejorar calidad de medios receptores, dar capacidad al sistema para tomar expansiones, captar pluviales contaminados de tiempo seco y dar flexibilidad al sistema frente a eventos de emergencia o mantenimiento.
- Dando soporte a la realización del Proyecto Detallado y Constructivo de las obras, se realizaron numerosos estudios utilizando modelos matemáticas para verificar y/o optimizar el sistema desde el punto de vista hidráulico.
- Los resultados obtenidos muestran que el sistema cloacal de AySA, luego de la puesta en marcha del Sistema Riachuelo, tendrá un importante aumento de capacidad hidráulica a nivel troncal. Esta capacidad hidráulica será cubierta por nuevas expansiones que se incorporaran gradualmente en el tiempo a lo largo de los años.



ISOS|2023

Simposio Internacional sobre Sistemas de Emisarios 2023

International Symposium on Outfall Systems 2023

