

4.3.- SANEAMIENTO DEL GRAN VALPARAÍSO
TERMINACIÓN DEL COLECTOR VIÑA-VALPARAÍSO

RODRIGO CARO C.¹
CLINTON O. ROBINSON²
STEPHEN K. DAVIS³

RESUMEN

La construcción del colector de aguas servidas de 10 km para el saneamiento del Gran Valparaíso, se detuvo debido a las dificultades encontradas durante la aplicación del método de «pipe jacking». El análisis del proyecto realizado trajo consigo no sólo desafíos en cuanto al método de construcción, sino que reveló también un potencial problema de sedimentación dentro de la tubería. La solución recomendada es conceptualmente diferente al diseño original. El nuevo diseño elimina un sifón de 3 km, retomando el diseño original de escurrimiento a superficie libre; además el método de construcción de «pipe jacking» a construcción de túneles en roca. El nuevo diseño agrega la nueva alineación del túnel, que terminará ahora en el acantilado de Loma Ancha, sector Playa Ancha de Valparaíso. En este lugar se construye actualmente una estación de bombeo de 6 m³/s en una caverna de roca, además de instalaciones de tratamiento sobre una plataforma de terreno artificial en la orilla del océano. Finalmente, las aguas se descargarán al mar mediante un emisario submarino.

Ingeniero Jefe de Proyecto, CADE-IDEPE
Ingeniero Jefe de Proyecto Adjunto, Black & Veatch
Ingeniero de Proyecto, Black & Veatch

Fig. 2. Coeficiente Variación Horaria

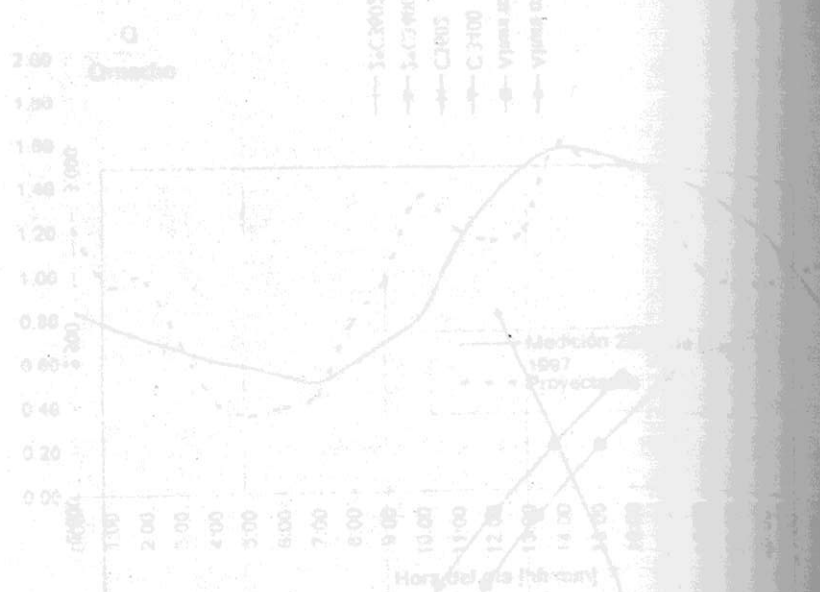
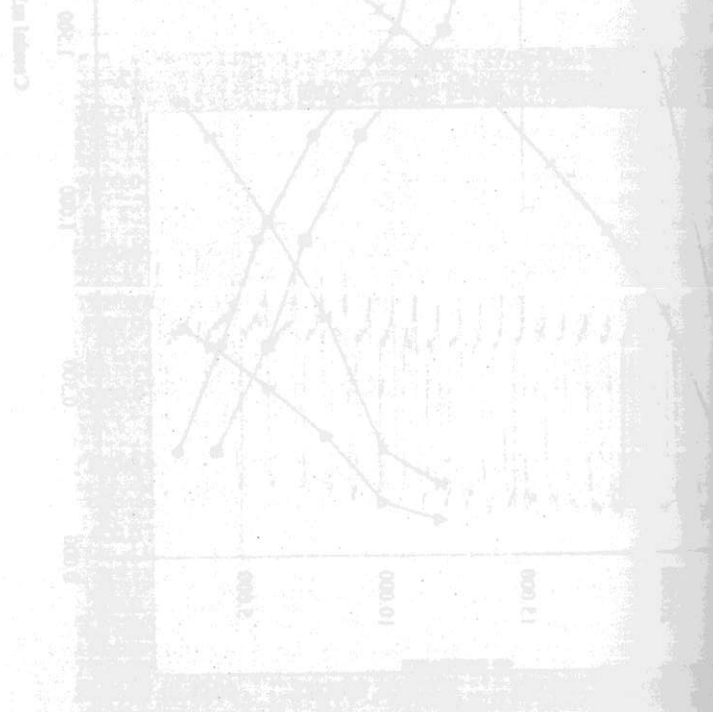


Fig. 4 Caudal de salida Planta Elev. Viña del Mar



I.- INTRODUCCIÓN

El Gran Valparaíso es una comunidad de aproximadamente 2 millones de habitantes en la costa central de Chile, abarcando las ciudades de Villa Alemana, Quilpué, Viña del Mar y propia ciudad-puerto.

A partir de los años '80, la Empresa de Obras Sanitarias de Valparaíso (ESVAL) se comprometió con un programa de mejoramiento ambiental para el área del Gran Valparaíso que consiste en eliminar las descargas de aguas servidas sin tratamiento a los cauces de agua de la zona y a las playas locales. Un elemento clave del programa es el Colector Viña del Mar/Valparaíso que tiene 2,1 metros de diámetro y un largo de 9,4 kilómetros. El Colector funcionará como el principal tronco de drenaje en el sistema de colección del Gran Valparaíso.

El colector comienza con una capacidad máxima de $4,5 \text{ m}^3/\text{s}$ en la estación de bombeo de Viña del Mar e intercepta 11 colectores secundarios más pequeños a lo largo de su recorrido, lo que eleva su capacidad de diseño a $6,0 \text{ m}^3/\text{s}$ antes de llegar a la estación de bombeo Bustamante, la cual, en el proyecto original, se constituía en la estación impulsora al mar. La estación de bombeo Bustamante, con $6,0 \text{ m}^3/\text{s}$, impulsaría las aguas servidas a las instalaciones de tratamiento preliminar que se ubicarían en el mismo lugar; las aguas pasarían después por el Túnel Bustamante que las llevaría a la línea costera lejana donde se descargarían en la orilla del océano. (Ver Figura N°1)

El diseño original proponía que el colector operara con escurrimiento libre. Sin embargo, el primer contratista no pudo terminar los 3 km finales del trabajo mediante construcción a tajo abierto a través de las calles altamente congestionadas y estrechas del centro de Valparaíso. El segundo contratista propuso el método de «pipe jacking» como una manera de tener una fachada subterránea y reducir significativamente los impactos en el tránsito y los conflictos con empresas de servicios, que de otra manera serían inevitables en esos 3 km.

La solución de «pipe jacking» obligó a bajar la cota de radier del colector desde una elevación de aproximadamente 2 m sobre el nivel del mar a 8 m bajo el nivel del mar, donde se encontraban condiciones geotécnicas favorables. (Ver Figura N°2). Sin embargo, el descenso de la alineación implicaba también que los últimos 3 km del colector funcionarían como un sifón largo, de un solo conducto, en vez de un tubo de escurrimiento libre. Se reinició la construcción, pero el sistema de «pipe jacking» también mostró serias dificultades de construcción y sólo se terminó uno de los tres kilómetros.

En ese momento, ESVAL decidió que el proyecto requería una seria re-evaluación. No sólo se había comprobado que la construcción era muy problemática, sino que había una creciente preocupación en el sentido de que, si se completaba el sifón, tendría problemas de sedimentación. ESVAL invitó a propuesta a consultores con el fin de estudiar el colector detenido y recomendar una solución realizable. El Consorcio de Black & Veatch y CADE IDEPE fue seleccionado por ESVAL y se le pidió evaluar los métodos de construcción y la operación hidráulica del colector. La segunda fase del trabajo comprendería la implementación de la solución elegida. El propósito de este informe es doble: 1) Presentar y discutir las alternativas consideradas y 2) Presentar y discutir la solución elegida.

DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS

Se solicitó al Consorcio que evaluara el proyecto y que determinara si era factible terminar el colector como había sido diseñado. También se pidió al Consorcio que considerara alternativas viables las cuales se pudiera terminar el tramo de 3,2 km desde la cámara E6 hasta la estación de bombeo Bustamante. Se creyó necesario el análisis de dos áreas básicas: la primera era el método de construcción para terminar el colector; la segunda era el régimen hidráulico bajo el que funcionaría el colector. Considerando estos requerimientos, el Consorcio generó cuatro alternativas básicas.

Alternativa No. 1. El diseño original del colector, considerando un largo sifón, fue incluido como una de las soluciones potenciales analizadas. ESVAL había realizado una gran inversión en su construcción y deseaba terminarlo si era posible. La alternativa fue analizada considerando «pipe jacking» y operación como sifón con escurrimiento en presión, faltando aproximadamente 2 km para completar su construcción.

Alternativa No. 2. Colector de escurrimiento libre, construido por el método de zanja abierta, lo que implicaba un trazado más superficial. Esta alternativa era similar al diseño original del colector, excepto en que los sifones cortos, necesarios para cruzar bajo los colectores de aguas lluvias, eran sifones de conductos múltiples en vez de sifones de un solo cuerpo. La alineación del conducto de escurrimiento libre comenzaría en E6 y terminaría en la planta Bustamante con una longitud total de 3,2 km. De este modo, se abandonaría el sifón profundo de 1,2 km ya terminado.

Alternativa No. 3. Contemplaba la modificación del trazado del colector en los últimos 2 km, lo que implicaba un alineamiento bajo los cerros de Valparaíso. En otras palabras, esta alternativa consistía en un túnel en roca en vez de «pipe jacking» por la Av. Errázuriz. La alineación del túnel en roca se iniciaría en B13, donde el sifón finaliza actualmente, y continuaría en una pendiente descendente hasta alcanzar la estación de bombeo Bustamante. La estación de bombeo se podría construir 8 m más abajo, con lo que se permitiría que el colector funcionara con escurrimiento

Alternativa No. 4. Consideraba escurrimiento en presión para lo cual se requería construir una estación de bombeo en B3. La entrada a la estación de bombeo estaría 6,6 m bajo el nivel del mar, permitiendo que la porción terminada del sifón sea operada con escurrimiento libre. Los tramos restantes serían terminados como un conducto de presión de 1,6 m diámetro que descargaría en la planta de tratamiento preliminar anexa a la planta Bustamante. El tramo de 0,5 km de B8 a B3 sería abandonado. La construcción utilizaría métodos de tajo abierto.

REVISIÓN DEL MÉTODO DE CONSTRUCCIÓN

Un equipo de especialistas nacionales e internacionales analizaron la información geotécnica disponible y realizaron estudios detallados en terreno con el fin de determinar las ventajas y desventajas de cada método de construcción potencial. Se creyó que los siguientes métodos podrían ser aplicables al proyecto del colector: 1) Hincado horizontal de tubos («Pipe jacking»), 2) Construcción a tajo abierto, 3) Túneles en roca dura.

«Pipe jacking»

Como lo indica la Figura N°2, la capa superior de terreno a lo largo de la alineación del colector es una capa de relleno. El material de relleno se compone predominantemente de arenas

limosas y gravas y tiene una gran cantidad de desechos de construcción como ladrillos, concreto, madera y bolones. El material de relleno se ha ido depositando a lo largo de la historia de Valparaíso y es heterogéneo. La alineación del «pipe jacking» se diseñó para evitar el relleno y aprovechar las condiciones favorables encontradas en la capa inferior de arena.

La capa de arena se compone de una arena densa, limosa, saturada, de tamaño mediano y fino, que los análisis calificaron como material adecuado para una máquina de microtúneles con una cara cerrada. Sin embargo, las operaciones del «pipe jacking» de este tipo no estuvieron libres de problemas. Mientras se instalaban los pozos para el «pipe jacking», el contratista descubrió una gran intrusión de roca. Sondeos subsiguientes definieron la extensión de la roca y también delinearon otro afloramiento de roca cerca del final de la alineación del sifón. La máquina de microtúneles también había chocado con un gran trozo de metal de origen desconocido a corta distancia del pozo B3, y tuvo que ser retirada. Finalmente, hubo problemas en la construcción de los pozos y en el hincado de las tablestacas a través de la capa de relleno debido a la presencia de bolones y escombros.

A pesar de las dificultades, el Consorcio concluyó que la utilización del método de microperforación con frente cerrado y presión balanceada, ya utilizado en el plan de Valparaíso, es factible. En cuanto a los problemas producidos por asentamientos de terreno y formación de oquedades alrededor de los pozos de hincado y en el hincado horizontal de los tubos, se concluyó que esto se debió a la remoción de obstáculos durante el hincado de tablestacas y a un deficiente control y monitoreo de los sistemas de agotamiento en los pozos y de los sistemas que conforman el proceso de microperforación.

3.2.- Zanja abierta

También se estimó factible la construcción en zanja para la alternativa del colector de escurrimiento libre. Las principales dificultades eran que causaría un gran desorden del tránsito y que las zanjas serían profundas y se extenderían muy por debajo de la napa subterránea. El fondo de las zanjas estaría a un promedio aproximado de 7 m bajo el nivel del suelo, para que el colector de escurrimiento libre pase bajo la mayoría de los colectores de aguas lluvias sin sifones.

3.3.- Túnel en roca

Finalmente, se consideró la construcción de túneles en roca. Se observó que un leve giro hacia el sur dejaría el colector bajo los cerros rocosos de Valparaíso y proporcionaría suficiente cobertura para hacer factible la construcción de túneles. Este método de construcción se consideró el menos riesgoso dada la experiencia nacional en la materia y que los sondeos de exploración mostraron que la roca era de buena calidad. Se creyó que este método tendría los impactos más bajos en el tránsito porque, aparte de los puntos de entrada y salida, todo el trabajo se realizaría bajo los cerros.

4.- OPERACIÓN HIDRÁULICA

A pesar de que fueron los problemas de construcción los que habían detenido el avance del colector, también la operación hidráulica ocupó la atención del Consorcio, teniendo como objetivo mantener una velocidad de escurrimiento adecuada, con el fin de evitar la sedimentación de la tubería de diámetro de 2,1 m. Por lo tanto, se realizó una evaluación detallada del transporte de sedimentos en el sifón. Por otra parte, todas las alternativas de escurrimiento libre estarían diseñadas

para mantener una velocidad de escurrimiento adecuada y, por lo tanto, no estarían sujetas a sedimentación.

11.- Metodología de Análisis

El análisis hidráulico del colector fue realizado utilizando el programa de modelamiento «XP-SWMM». El XP-SWMM es un modelo de ruteo tanto para escurrimiento libre como para escurrimiento en presión, que utiliza una descripción nodal de la red de alcantarillado y modela las condiciones hidráulicas dinámicas. El modelo fue utilizado para predecir la variación de caudales en los diferentes tramos del sifón, considerando el tiempo de almacenamiento de la tubería y los diferentes tipos de concentración de cada una de las áreas tributarias aportantes. El análisis se hizo para los caudales estimados para 1998 y 2020. Las velocidades obtenidas se compararon entonces con aquellos valores que permitieran evaluar el comportamiento probable del sifón.

12.- Discusión de los Resultados

Los valores de velocidad y tensión tangencial obtenidos para el sifón se muestran en el cuadro 1.

Cuadro 1. Parámetros hidráulicos del sifón

Condición	Nivel de Flujo (m ³ /s)	Velocidad (m/s)	Tensión tangencial (N/m ²)
Caudales (Año 2020)	max 5.38	1.55	4.5
	min 1.68	0.49	0.4
Caudales (Año 1998)	max 4.01	1.16	2.2
	min 1.07	0.31	0.2

Las normas de diseño que se usaron para comparación son las siguientes:

Los Angeles Department of Sanitation: Criterios para Sifones Grandes (Velocidad de diseño = 1.3 m/s, Velocidad mínima = 0.7 m/s)

Norma Chilena (NCH) 1106.C74: Criterios para alcantarillas con escurrimiento libre (Velocidad mínima = 0.6 m/s a flujo completo)

Alvarez: Criterios para alcantarillas de escurrimiento libre (Tensión tangencial mínima = 1.5 N/m², Tensión tangencial de diseño = 4.0 N/m²)

Lysne: Criterios para alcantarillas de escurrimiento libre: (Tensión tangencial de diseño = 1.0 - 4.0 N/m²)

Con respecto a la velocidad, se puede observar que el sifón de un cuerpo cumple con la velocidad de diseño recomendada de 1.3 m/s sólo para los caudales del año 2020. Con respecto a la Norma Chilena (NCH) 1106.C74, se puede ver que el sifón no cumplirá con el requerimiento de velocidad mínima de 0.6 m/s bajo cualquier condición de flujo.

En relación a la tensión tangencial, sólo los valores máximos para los caudales de 1998 y 2020 cumplen con los criterios dados, pero no los caudales mínimos. Adicionalmente, se debe considerar que estas normas fueron fijadas para conductos de escurrimiento libre. En el caso de un sifón, la tensión tangencial disminuye mucho más rápidamente para caudales pequeños de lo que

sucede en un canal abierto.

4.3.- Conclusiones respecto del Transporte de Sedimentos

El análisis demostró que el sifón no cumplía con las normas de diseño recomendadas y se estimó que probablemente experimentaría significativos problemas de sedimentación en los primeros años. Este problema sería incluso peor si los caudales resultaran menos que los esperados.

5.- ALTERNATIVA SELECCIONADA

Basado en el análisis anterior, el Consorcio recomendó a ESVAL la Alternativa No. 3, que considera un trazado de túnel en roca para el tramo final, entre la Plaza Anibal Pinto hasta la estación de bombeo Bustamante. Las razones principales fueron:

- La construcción de túneles en roca era el método de construcción menos riesgoso.
- La hidráulica del flujo de canal abierto aseguraría una operación sin sedimentación.
- El costo real sería uno de los más bajos respecto de las otras alternativas.

ESVAL aceptó la alternativa de construcción de túnel en roca por las razones indicadas, pero decidió modificar la forma en que se implementaría. ESVAL destacó que cuando el colector se desviara hacia el sur dentro de la roca, la alineación podría ser dirigida no hacia la estación de bombeo Bustamante sino que directamente hacia Loma Larga. ESVAL estableció que, puesto que tanto el túnel Bustamante como la estación de bombeo Bustamante habrían necesitado grandes modificaciones y dado que las instalaciones de tratamiento preliminar no habían sido construidas todavía, había una oportunidad de transferir estas instalaciones de bombeo y tratamiento fuera del área del centro de Valparaíso, altamente congestionado.

ESVAL decidió un trazado recto desde la plaza Anibal Pinto hasta Loma Larga, donde se realizaría todo el desarrollo futuro de las instalaciones de tratamiento y descarga. La estación de bombeo Bustamante y el túnel seguirían en servicio para las aguas servidas colectadas en el área cercana y en Playa Ancha.

6.- DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN

6.1.- Características generales

Las aguas servidas colectadas en el área del Gran Valparaíso serán transportadas, por medio del túnel Esmeralda, a la zona de Loma Larga (sector 1 de Playa Ancha), donde se realizará el bombeo, el tratamiento y la descarga hacia el mar a través de un emisario submarino.

Las instalaciones de Loma Larga serán construidas en dos fases, la primera para comenzar a operar en septiembre 1998, y la segunda, a partir del año 2005. Los objetivos a cumplir en la primera fase son los siguientes:

- Instalar el sistema de bombeo definitivo para elevar las aguas servidas desde el pozo ubicado en Loma Larga hasta la elevación suficiente para el tratamiento y la descarga.
- Construir las instalaciones de tratamiento preliminar que permita retirar las partículas gruesas

de arenas y sólidos finos, como paso previo a la descarga al emisario o, en el futuro, a la planta de tratamiento primario.

Para asegurar las aguas servidas mar adentro por medio de un emisario submarino y asegurar una relación de 100:1 con agua de mar por medio del difusor.

Por su parte, la fase II prevista para el año 2005, consistirá en agregar una planta de tratamiento primario.

El lugar elegido para las instalaciones de bombeo y tratamiento, Loma Larga, es el mismo lugar que actualmente descarga en orilla el túnel Bustamante. Se trata de un acantilado de 120 m de altura, formándose al pie una playa de mínimas dimensiones. Por este motivo, la estación de bombeo será ubicada en una caverna dentro del cerro, mientras que para las instalaciones de tratamiento se construirá una plataforma a la cota +7. El acceso a la plataforma y la caverna será mediante un funicular, que consiste en un carro de carga y carro contrapeso, jalados por un huinche y motor eléctrico. La inclinación de los rieles de deslizamiento del carro es 45°. La conexión entre la plataforma y la caverna se logra mediante un túnel de servicio de sección herradura de 8 x 8 m.

Los caudales de diseño y las características de las aguas servidas se presentan en las tablas 2 y 3.

Estación de bombeo

La estación de bombeo ha sido diseñada para bombas de tipo sumergibles, similares a las que se operan en la planta elevadora Viña del Mar. Está construida dentro de una caverna y consiste en una cámara de transición, canales de rejas gruesas, sala de rejas, pozo húmedo, sala de bombas, sala eléctrica y el túnel de servicio.

Se proyectaron cuatro canales de rejas gruesas, las que han sido diseñadas para pasar el caudal máximo del año 2020 con tres rejas funcionando. La cuarta reja gruesa puede permanecer en reserva como unidad auxiliar. La separación entre barotes es de 25 mm. Aguas arriba de cada reja gruesa se instalará una compuerta (tipo sluice-gate) que permite evitar el flujo por el canal respectivo. Las compuertas gruesas serán del tipo «climber» de limpiado frontal, con una pendiente mínima de 85°. Se instalará a la profundidad de 15 m a la cual están instaladas. La sala de rejas, ubicada a la cota +5,5, tendrá el extremo superior de las rejas gruesas, los controles, la correa transportadora y los mecanismos de operación de las compuertas.

El diseño del pozo húmedo permitirá una distribución uniforme del flujo hacia los 8 espacios destinados para las unidades de bombeo. El pozo húmedo estará dividido en dos secciones por medio de un muro de aislación para permitir la revisión y el mantenimiento de una mitad sin poner en servicio toda la estación de bombeo. Se contará con una compuerta, normalmente abierta, que permitirá la conexión de ambos sectores del pozo húmedo. Para la puesta en marcha en 1998, se hará la ocupación de las 4 bombas instaladas en la planta Bustamante (las cuales serán reemplazadas) y la compra de dos bombas nuevas de velocidad variable. En funcionamiento normal, las dos unidades de velocidad variable operarán con las unidades de bombeo de velocidad constante para igualar la capacidad de bombeo con el caudal afluente, que es variable en un amplio rango durante el día.

La sala de bombeo estará ubicada inmediatamente sobre el pozo húmedo. Estará provista de escotillas de acceso para retirar las bombas. Existen dos manifolds a los cuales se conectan las 4 bombas de cada mitad del pozo húmedo. Para retirar las unidades de bombeo, se ha previsto un puente grúa de 6 ton.

6.3.- Tratamiento preliminar

Para la Fase I se han previsto instalaciones de tratamiento preliminar, materializando el tratamiento primario a partir del año 2005. En la Tabla N° 3 se resumen los objetivos perseguidos con las 2 fases de tratamiento.

Las instalaciones de tratamiento preliminar, que operarán a partir de 1998, consistirán en desarenadores y rejillas finas, los cuales se ubicarán en la plataforma a la salida de la caverna de las bombas. El objetivo de los desarenadores es retirar la arena y otras partículas inorgánicas densas con el fin de: a) evitar obstrucción y acumulación de sedimentos en los estanques y tuberías de la planta de tratamiento primario; b) evitar abrasión innecesaria del equipo de la planta de tratamiento; c) evitar acumulación y obstrucción del emisario y del difusor. Por su parte, el propósito de las rejillas finas es retirar la basura y todos los sólidos de diámetro mayor que 3 mm antes de la descarga por el emisario submarino.

Dadas las restricciones de espacio, se seleccionaron dos desarenadores del tipo vórtice, de capacidad 3 m³/s cada uno. Habrá dos canales de entrada que distribuirán el caudal afluente en forma pareja. Las partículas, retiradas de las tolvas, serán bombeadas a través de un separador de ciclón a un tornillo lavador. La arena lavada y sin agua se descargará directamente dentro de los contenedores.

Aguas abajo de los desarenadores se instalarán tres unidades de rejillas finas tipo tambor, con una capacidad de 2,3 m³/s cada una. Esto implica que, hasta el año 2005, sería suficiente la operación de sólo 2 unidades. El flujo de entrada a cada rejilla tambor es a través de dos canales, regulados por sendas compuertas. Una de las características de las rejillas tambor es que las aberturas son circulares (de 3 mm), a diferencia de las rejillas tipo step-screen que se caracterizan por aberturas tipo ranura. Cada rejilla tiene un canal único de salida, los que confluyen a una cámara que alimenta el emisario.

6.4.- Emisario y difusor

El emisario constará de dos partes: un primer tramo de 100 m de longitud, constituido por una cañería de acero de 2,1 m de diámetro y un segundo tramo, que contempla dos tuberías de polietileno de alta densidad (PEAD) de diámetro 54" y longitud 400 m. Al término de cada rama de PEAD, se instalará un difusor con toberas de dos salidas, ubicadas a una distancia de 5 m. Es importante consignar que la longitud del emisario y difusores estuvo condicionada por la fuerte pendiente del fondo marino en esta zona, que implicará que el extremo final de los difusores se ubiquen a una profundidad aproximada de 60 m.

7.- CONCLUSIONES

La interrupción de los trabajos de construcción del colector en el plan de Valparaíso obligaron a la empresa sanitaria ESVAL a una completa revisión del proyecto realizado. Las principales

conclusiones de dicho análisis son las siguientes:

el método de hincado horizontal de tubos con frente cerrado («pipe jacking»), utilizando máquinas perforadoras compensadoras de la presión del terreno, es factible cuando las condiciones geotécnicas son bien conocidas y cuando existe un eficiente control y monitoreo de los sistemas de agotamiento en los pozos y de los sistemas que conforman el proceso de microtuneleo.

la solución que se estaba materializando, consistente en un sifón invertido de longitud 3 km y de un solo conducto (D=2,1 m), tenía una insuficiente capacidad de autolimpieza para un amplio rango de caudales, con velocidades y tensiones tangenciales por debajo de las recomendadas en la literatura técnica.

la nueva solución recomendada es conceptualmente diferente al diseño original, ya que considera un túnel profundo que atraviesa los cerros de Valparaíso entre la Plaza Aníbal Pinto y Loma Larga. Dentro del túnel se instalará el colector con escurrimiento a superficie libre.

las instalaciones de Loma Larga comprenden el sistema de bombeo, el tratamiento y la descarga al mar por medio de un emisario submarino. Hasta el año 2005 funcionarán las instalaciones de tratamiento preliminar y, a partir de esa fecha, las de tratamiento primario.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a las autoridades de ESVAL S.A. por autorizar la publicación de este artículo que es parte de un proyecto encargado por dicha empresa al Consorcio IDEPE/BLACK&VEATCH

REFERENCIAS

- «Norma que Regula las Descargas de Residuos Líquidos a Cuerpos de Agua de la República de Chile» («Norma de Descarga»), Borrador 1996.
- «The Influence of Cohesion on Sediment Behaviour», (La influencia de la cohesión en el comportamiento del sedimento) C Narruri y E.M. Alvarez. Wat. Sci. Tech. Vol. 25. No. 8. pp. 151-164, 1992

Tabla N° 1. Estación de bombeo e hidráulica del tratamiento preliminar

Parámetro	Flujo de diseño (m ³ /s)		
	1998	2005	2020
Mínimo por hora	1.10	1.25	1.60
Promedio anual	2.50	2.90	3.80
Máximo mensual (Verano)	2.80	3.25	4.25
Máximo por hora	4.00	4.60	6.00

Tabla N° 2. Características de las aguas servidas

Parámetros mg/l*	Promedio Anual	Máximo mensual (verano)
Sólidos suspendidos totales (SST)	180	190
Demanda Bioq. de oxígeno, 5 días (DBO5)	190	220
Demanda química de oxígeno (DQO)	390	440
Nitrógeno moniacal (NH ₃ -N)	25	25
Nitrógeno total (N)	32	32
Fósforo total (P)	9	11
Temperatura, grados C	18	21
pH, unidades pH	6,5 - 7,5	6,8 - 8,0
Grasas y Aceites	40	60
Coliformes fecales NMP/100 ml	2,1 E + 07	3,5E + 07
Coliformes totales NMP/100ml	3,2E + 07	4,9E + 07

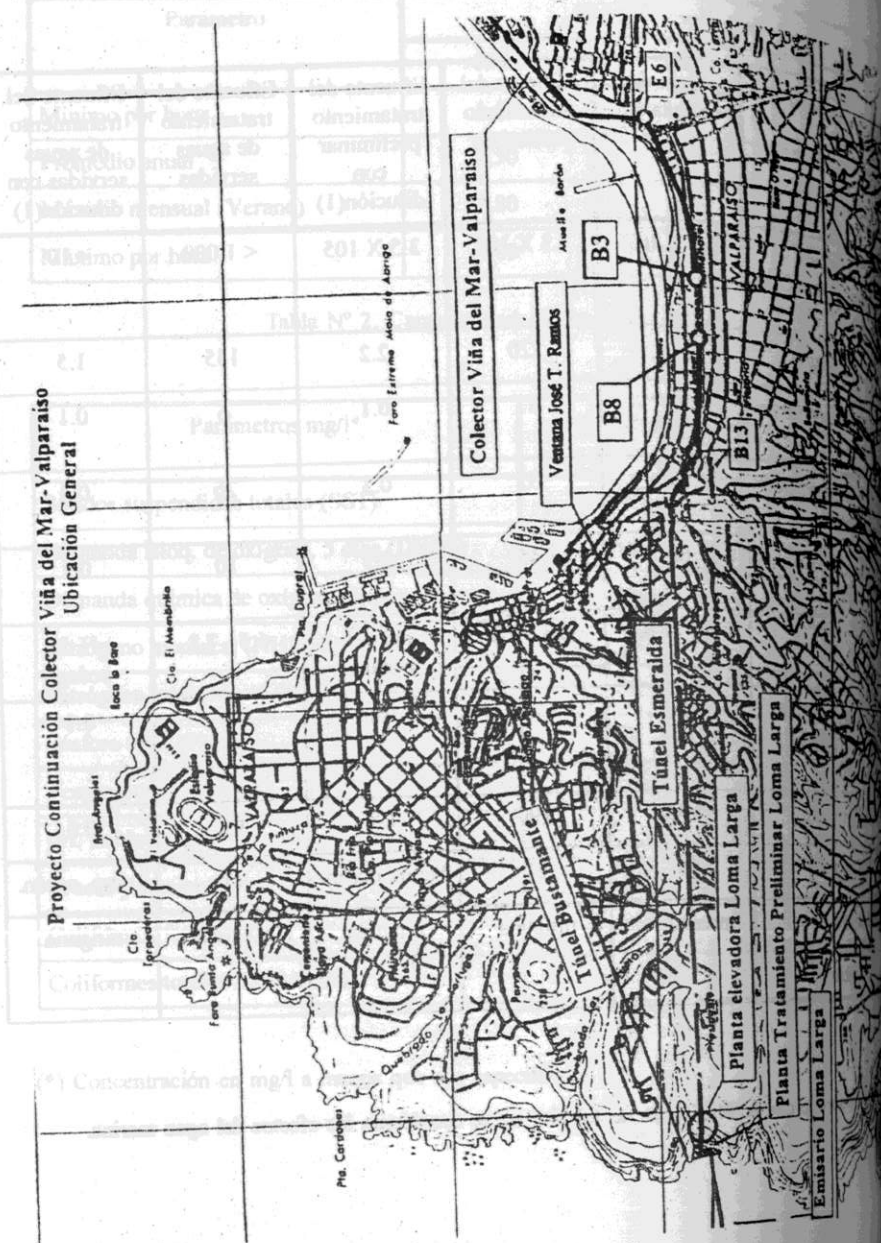
(*) Concentración en mg/l a menos que sea especificado

Tabla N°3. Niveles de Tratamiento Anticipado

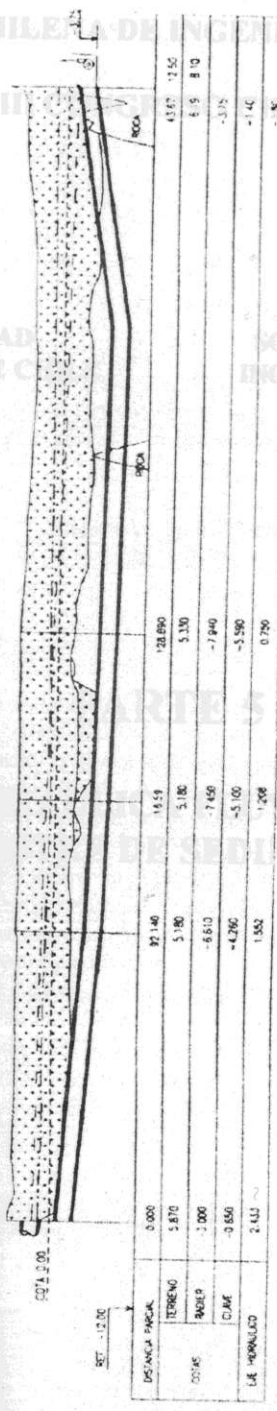
Parámetro	Flujo de entrada sin tratar	Efluente del tratamiento preliminar	Efluente del tratamiento preliminar con dilución(1)	Efluente del tratamiento de aguas servidas	Efluente del tratamiento de aguas servidas con dilución(1)
Coliformes fecales mpn/100	3.5 X 10 ⁷	3.5 X 10 ⁷	3.5 X 10 ⁵	< 1,000	< 10
DBO (mg/l)	220	220	2.2	145	1.5
Sólidos Total (mg/l)	11	11	0.1	6	0.1
Oxígeno Total (mg/l)	32	32	0.3	26	0.3
Grasas y Aceites (mg/l)	60	45	0.5	10	0.1
pH	6.5 - 7.8	6.5 - 7.8	pH del océano	6.5 - 7.8	pH del océano
Sólidos activos de superficie (mg/l)	5	5	0.1	5	0.1
SST (mg/l)	190	190	1.9	60	0.6
Temp (oC)	21	21	Temp. oceán.	21	Temp. oceán.
Grasas, aceites y partículas en suspensión	presentes	ninguna	ninguna	ninguna	ninguna

(*) Se supone que la dilución es de 1:100 y no se consideran los efectos del agua marina.

Proyecto Continuación Colector Viña del Mar-Valparaíso
Ubicación General



E6 B3 B8 B13



SOCIEDAD CHILENA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA

SÍMBOLOS:
 --- NIVEL REAL
 --- NIVEL GEOMÉTRICO
 [] ACERVA NATURAL
 [] RELLENO