



**MUNICIPALIDAD DE RADA TILLY
SECRETARIA DE OBRAS PÚBLICAS**

**Rehabilitación,
Ampliación de la planta cloacal existente y
Construcción de la impulsión**

**MEMORIA DESCRIPTIVA
ANTEPROYECTO DE
DESCARGA AL MAR**

DOCUMENTO

P1057-MD-300-B-Descarga a mar.docx

INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO.....	3
Artículo 1. OBJETO.....	4
Artículo 2. Alcance del trabajo.....	4
Artículo 3. ANTECEDENTES DEL PROYECTO	4
Sección 3.01 Proyecto de ampliación planta año 2016	4
Sección 3.02 Descarga al mar	4
Artículo 4. ANTECEDENTES LEGALES DEL PROYECTO	6
Sección 4.01 Informe de Impacto Ambiental	6
Sección 4.02 Disposición 173/17	7
Artículo 5. EVALUACION Y REFORMULACION DE LA DESCARGA AL MAR.....	8
Sección 5.01 Objeto de la descarga al mar. Disposición final de efluentes tratados en planta	9
5.01.1 Situación actual.....	9
5.01.2 Solución planteada.....	9
Sección 5.02 Traza de la descarga al mar. Punto de descarga	10
Sección 5.03 Caudal de diseño.....	10
Artículo 6. Determinación del diámetro de la DESCARGA AL MAR.....	12
Sección 6.01 Tramo impulsión	12
Sección 6.02 Tramo a canal.....	14
Artículo 7. VERIFICACION descarga para evacuacion pluviales	15
Sección 7.01 Caudal de diseño.....	15
Sección 7.02 Recomendación.....	16
Artículo 8. DESCARGA AL MAR. TRAMO EMISARIO	18
Sección 8.01 Punto de descarga	18
Sección 8.02 Dimensionamiento del lastre.....	20
Sección 8.03 Distancias entre lastres	23

ANEXOS

ANEXO I:	Antecedentes emisario al mar Consultora Serman
ANEXO II:	Plano traza original de la descarga al mar
ANEXO III:	Disposición N° 173/17 del Ministerio de Ambiente y Control del Desarrollo Sustentable
ANEXO IV:	Plano nueva traza de la descarga al mar
ANEXO V:	Caudales de diseño

RESUMEN EJECUTIVO

La incorporación de una cañería de impulsión ("Descarga al mar") al proyecto de Ampliación de la Planta Depuradora de Rada Tilly, que permita evacuar los excedentes del sistema de riego de espacios públicos con efluente tratado con destino al mar, supuso condicionamientos técnicos por parte de la Disposición N° 173/17 emanada por el Ministerio de Ambiente y Control del Desarrollo Sustentable, de la Provincia de Chubut.

Se propuso entonces definir claramente la funcionalidad de dicha impulsión, y con ello el caudal de proyecto y su diámetro, su traza y punto de descarga, y demás condiciones de instalación.

Las condiciones de operación fijadas son:

- Operación normal de planta: vuelco al mar de los excedentes de efluente tratados y no ocupados en el sistema de riego de espacios públicos.
- Operación extraordinaria de planta: vuelco al mar del volumen en exceso de la laguna Kapenke, provocado por la descarga de efluente crudo a la laguna (situación de by pass completo de la planta), o descarga del total del efluente tratado (situación de by-pass completo del sistema de riego), o provocado desagües pluviales.

El diámetro de la impulsión pudo ser disminuido, en lugar de un DN500 seleccionado en el proyecto original se optó por un DN315, ya que en situación extraordinaria no se bombea directamente a la cañería sino a la laguna, y trae como beneficio el efecto de "laminación del hidrograma" que se produce en los grandes embalses.

La traza original fue cambiada para optar por un trazado más simple y además que permita más tramos trabajando a canal.

Por último se mantuvo el punto de descarga a aproximadamente 1000 metros de la costa, considerando que era suficientemente conservador para cuidar las condiciones de baño en la playa.

Artículo 1. OBJETO

La presente Memoria tiene como objeto describir los aspectos técnicos y legales, sobre los cuales se plantea la definición del Anteproyecto de Descarga al Mar que esta Consultora lleva adelante, parte del proyecto denominado "Rehabilitación, ampliación de la planta cloacal existente y construcción de la impulsión", elaborado por la Municipalidad de Rada Tilly.

Artículo 2. Alcance del trabajo

La mencionada "Descarga al Mar" fue desarrollada por la Consultora SERMAN en Marzo de 2015. Esta requiere ser verificada y adecuada a los requerimientos legales de orden ambiental establecidos por el Ministerio de Ambiente y Control del Desarrollo Sustentable, de la Provincia de Chubut, en particular en cuanto a su operatividad. Además el Ente Nacional de Obras Hídricas para el Saneamiento (ENOHSa), Ente que financiará la ejecución de las obras, requiere también determinar un monto de obra, para definir así el monto total de financiamiento.

Atento a ello esta Consultora evaluará los antecedentes del proyecto, para así definir: caudal de diseño, diámetro de la conducción, traza, extensión, y presupuesto de obra.

Artículo 3. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

Sección 3.01 Proyecto de ampliación planta año 2016

La Municipalidad de Rada Tilly ha elaborado un proyecto de ampliación y mejoramiento de la actual planta de tratamiento existente denominado "Rehabilitación, ampliación de la planta cloacal existente y construcción de la impulsión". Dicho proyecto consiste en la duplicación de las instalaciones actuales, duplicación que estaba prevista en el proyecto original elaborado por el Ing. Carlos S. Carrique (h) en el año 1991, encargado por el Consejo Federal de Inversiones de la Provincia de Chubut.

El proyecto contempla:

- Obras de mejora de la planta existente;
- Ampliación de la planta: tanque de aireación, sedimentadores, espesador, estación de bombeo de excedentes;
- Renovación del equipamiento electromecánico de las estaciones de bombeo existentes en la ciudad;
- Nueva descarga de excedentes de efluente tratado al mar.

Sección 3.02 Descarga al mar

La nueva descarga o impulsión al mar fue definida por la Consultora SERMAN en Marzo de 2015. En Anexo I se adjuntan los documentos elaborados por SERMAN, a saber:

Nombre del documento	Código ID
Estudio Hidráulico del Emisario	CPC-IF-MC-001-Rev A
Modelización Hidrodinámica y Selección de Traza del Emisario	CPC-IF-MC-002-Rev A
Verificación de la Estabilidad del Emisario. Memoria Descriptiva y de Cálculo	CPC-IF-MC-003-Rev A

En ellos se definieron las siguientes características:

- Caudal de proyecto: 480 m³/hora
- Longitud total: 5077 metros
- Tramo en impulsión: 1340 metros
- Tramo en gravedad: 3737 metros
- Diámetro de la cañería: DN500
- Material de la cañería: PEAD Clase 6

También definió las características de los anclajes de la cañería en el mar y el sistema difusor:

6.5 Sistema Difusor

El diseño del emisario consistió fundamentalmente en determinar la localización de su área de descarga dentro del medio marino, la longitud de la zona de difusión del emisario y en diseñar el sistema difusor. Para ello se aplicaron metodologías descriptas a lo largo del informe, que incluyeron aspectos oceanográficos, ambientales, de dispersión de contaminantes, e hidráulicos.

El sistema difusor seleccionado asegura equirrepartición entre los difusores, se evita la sedimentación e intrusión salina y se minimiza las pérdidas de cargas. El mismo se presenta en la Figura 6-11.

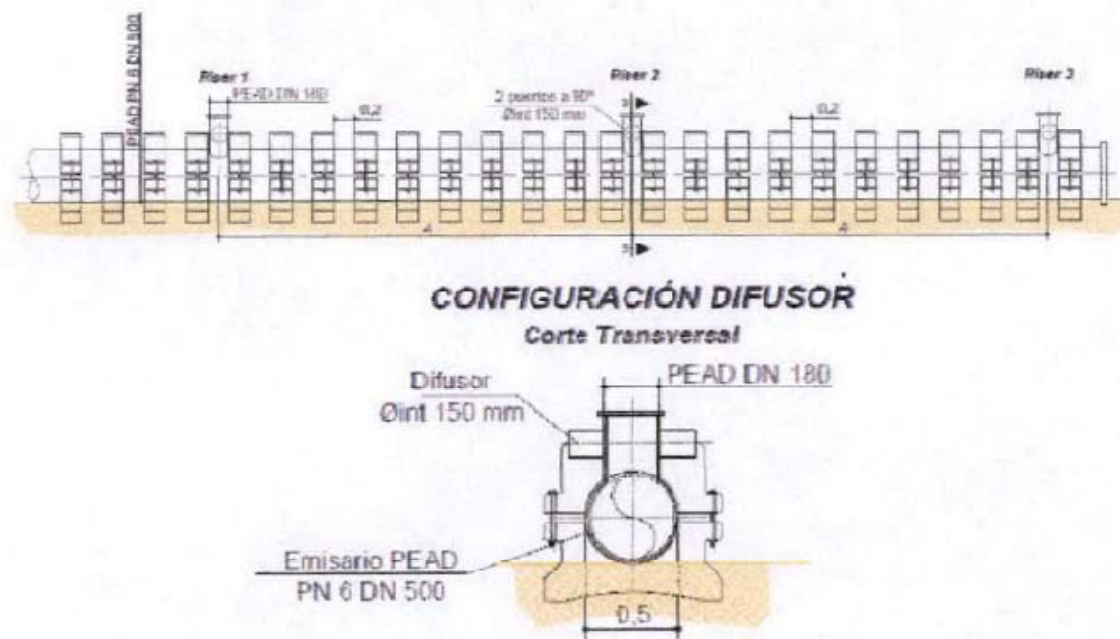


Figura 6-11: Sistema difusor.

La traza de toda la cañería de descarga con la que trabajó SERMAN se puede observar en el Anexo II.

Artículo 4. ANTECEDENTES LEGALES DEL PROYECTO

La Municipalidad de Rada Tilly elaboró un Informe de Impacto Ambiental con motivo del proyecto de ampliación de la planta, y él mismo fue revisado y aprobado por las autoridades de ambiente de la Provincia mediante una Disposición – la N° 173/17 – en la cual además se hicieron recomendaciones. A continuación se detallan dichos documentos.

Sección 4.01 Informe de Impacto Ambiental

El proyecto de ampliación y mejoramiento de la actual planta de tratamiento existente denominado "Rehabilitación, ampliación de la planta cloacal existente y construcción de la impulsión", supuso la elaboración y presentación por parte de la Municipalidad, de un Informe de Impacto Ambiental encargado a la Lic. Marina Soledad San Martín en Marzo de 2017. La actuación está identificada con el expediente N° 687/17 del Ministerio de Ambiente y Control del Desarrollo Sustentable, de la Provincia de Chubut, y el Informe fue aprobado por Disposición 173/17 del 04 de octubre de 2017. Ver Anexo III.

En dicho Informe se plantea en el punto "RESUMEN EJECUTIVO" (página 4) la construcción de la impulsión al mar. En el apartado III.A.2. *Naturaleza del proyecto/ Alcance / Punto c)* se menciona:

"El conducto de desagüe tomará el líquido desde el resultante de la etapa de clorado en la PTEC (agua excedente no utilizada para riego), mediante una cámara con vertedero, y con una cañería de gravedad se conducirá el líquido hasta la cámara de bombeo, donde se instalarán dos bombas centrífugas que impulsarán el agua hacia el mar mediante una cañería de PEAD de 500mm de diámetro."

Y en el apartado III.A.6. *Ubicación física del proyecto* se informa:

Instalaciones	Coordenadas Geográficas Sist. De Ref. WGS 1984	
	Latitud	Longitud
Planta de Tratamiento de Efluentes Cloacales	S 45° 55' 39.31"	O 67° 34' 51.81"
Inicio del Ducto de Impulsión	S 45° 55' 37.94"	O 67° 34' 48.86"
Fin del Ducto de Impulsión	S 45° 54' 54.48"	O 67° 32' 33.96"

Tabla 1 Coordenadas geográficas de la PTEC y del ducto de impulsión.

Y en el apartado VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES se menciona:

"La PTEC actualmente se encuentra operando y por tratarse de un servicio público no puede detener su actividad. A partir del análisis realizado en las instalaciones existentes, se determinó que existe una necesidad inmediata de deprimir la napa dado que el crecimiento de la laguna de estabilización ha dado lugar al ingreso de agua a la planta. Por ello es necesario llevar a la laguna a la cota de estabilización que es superada actualmente en 1,5 metros aproximadamente. Además el drenaje superficial del terreno permitirá la operar con normalidad en las instalaciones actuales de la PTEC, como así también la ejecución de las obras de rehabilitación y ampliación."

Para ello es que se proyecta en primera instancia la construcción de un ducto de impulsión que liberará parte del efluente tratado al mar, con los estándares de calidad permitidos y regulados por la provincia. Para lo cual es necesaria la inscripción en el registro provincial.

El predio tiene una superficie suficiente para realizar la ampliación de las instalaciones proyectadas. Dentro del municipio no existe un lugar alternativo para ubicar una instalación de estas características. Además, teniendo todo el sistema de la red cloacal, el sitio de descarga y operación dentro de la localidad, contando con espacio suficiente para su ampliación, es factible y necesario la puesta en marcha de las obras de rehabilitación y ampliación.

A partir del análisis realizado se establecen las siguientes recomendaciones:

.Gestionar el permiso de vertido requerido por el Decreto 1540/16.

.Analizar y considerar alternativas para el uso del agua tratada, dado los límites establecidos por el Decreto 1540/16 para el vertido efluentes a cuerpos de agua.

. Realizar una disposición final de los barros adecuada (lodos desactivados) este proceso debe estar enmarcado en la Resolución 97/2001 (Manejo Sustentable de Barros Generados en Plantas de Tratamiento de Efluentes Líquidos). Legislación para el tratamiento de barros: es la nacional.

. Capacitar al personal de mantenimiento para que pueda desarrollarse efectivamente la labor de deshidratación de biosólidos y no generar punto de generación de vectores.

. Readecuar el sistema de riego en los espacios recreativos mediante el uso de riego por goteo subterráneo u otro similar. Dado que a partir del decreto 1540/16 de vuelcos, se prohíbe el riego por aspersión de espacios recreativos.

. Proyectar la construcción de un emisario a futuro, para la evacuación del efluente tratado por el ducto de impulsión, para que la zona de mezcla no afecte áreas recreativas y de biota sensible, sobre la costanera de la localidad.

. Elaborar un ensayo de recuperación de la laguna para conocer el comportamiento de su recuperación

. Conectar a la red cloacal aquellos lotes que se encuentran fuera de la red, para evitar el uso de camiones atmosféricos. De no ser posible, regularizar la gestión de descarga de este sistema en la planta, mediante registros y el adecuado control los manifiestos. Considerando las condiciones ambientales del proyecto, siempre que sean minimizados los potenciales perjuicios detectados durante las tareas de construcción, operación y abandono, junto a las medidas adoptadas en el diseño de la rehabilitación, adecuación y construcción del ducto de impulsión y asumiendo una adecuada implementación de las especificaciones ambientales propuestas en el Plan de Gestión Ambiental para mitigar y controlar los impactos ambientales, el presente proyecto es ambientalmente viable."

El Informe de Impacto Ambiental recomienda que la futura impulsión al mar lleve el excedente de los efluente tratado de la planta (el uso principal del efluente tratado es el riego de espacios verdes) al mar, porque su vuelco a la laguna eleva el nivel de la misma con el peligro de inundación de la propia planta.

Sección 4.02 Disposición 173/17

El Informe de Impacto Ambiental elaborado por el Municipio fue presentado al Ministerio de Ambiente y Control del Desarrollo Sustentable, de la Provincia de Chubut, (Expediente N° 687/17) siendo aprobado por Disposición 173/17 del 04 de octubre de 2017. Ver Anexo III.

En su Artículo 3 la Disposición indica en su apartado f) que:

f) La descarga al mar deberá ser la última opción dentro de las posibilidades de disposición del efluente tratado, una vez dado el caso de necesidad de vuelco al mar, previo a la descarga, se deberá realizar un muestreo y solicitar todos los permisos correspondientes, en este caso además el efluente deberá cumplir con los parámetros establecidos en el Decreto N° 1540/16 para vuelcos en costa marítima (Anexo II, Tabla I)

Contraponiéndose a lo recomendado por el Informe. En su apartado g) dice:

g) El punto de descarga al mar deberá estar mar adentro a la línea de baja marea histórica.

Y en su apartado l) agrega lo siguiente:

l) Utilizar ante una situación de emergencia y parada total en el tratamiento, la laguna como cuerpo receptor del efluente crudo, volcándolo sobre el sector lindero a la PTEC, discriminando entre las siguientes situaciones:

- 1) Parada total de la Planta con vuelco de efluente crudo a la laguna, manteniendo su nivel, bajo la cota de seguridad.
- 2) Parada total de la Planta con laguna superando cota de seguridad, procediendo al vuelco al mar previo paso por la laguna.

En el segundo caso, deberán al mismo tiempo bombearse líquidos de la laguna, tomados desde el extremo opuesto a la descarga y derivarlos hasta al conducto impulsión al mar previsto para el efluente tratado, se deja constancia que bajo ninguna circunstancia se permite la descarga de efluente crudo en el nuevo conducto de descarga al mar.

Esto supone que la Descarga al Mar incorporada en el proyecto debe:

- Considerar una distancia mínima que considere que su punto extremo esté adentro de la línea de baja marea histórica
- No puede volcar ni efluente tratado ni crudo por dicha conducción. En el caso de este último solo en forma indirecta, tomando desde la laguna.
- No se dice nada en forma expresa sobre el excedente de todos los días del sistema de riego.

Artículo 5. EVALUACION Y REFORMULACION DE LA DESCARGA AL MAR

De acuerdo con el objetivo encomendado a esta Consultora por el Municipio, se planteó la evaluación y de ser necesario la reformulación de la Descarga al Mar, de modo que considere lo ordenado en la Disposición 173/17.

Para ello se identifican los siguientes considerandos:

1. Objeto de la descarga al mar. Disposición final de efluentes tratados en planta.
2. Traza de la descarga al mar. Punto de descarga
3. Caudal de diseño.

Sección 5.01 Objeto de la descarga al mar. Disposición final de efluentes tratados en planta

5.01.1 Situación actual

En la actualidad la operación de la planta de tratamiento supone lidiar con los siguientes temas:

- Manejo del efluente tratado

El destino que se da a los efluentes tratados es el riego de espacios públicos. Pero no todo el efluente tratado tiene ese destino, ya que la infraestructura actual no permite absorber el cien por ciento del mismo sino que siempre hay un excedente, el cual es volcado a la laguna.

Esta práctica de vuelco a la laguna es inevitable por no contar hoy con una superficie de riego de espacios públicos que tome todo el volumen generado. De todas formas si esta superficie existiera a futuro, siempre será necesario contar con reservorio artificial o natural, que actúe de pulmón del sistema, ya que la curva de uso del agua de riego no coincide con la curva de salida de los efluentes tratados (tanto por estacionalidad como en horarios).

Dicho esto y atento a las características propias de laguna Kápenke de fondo impermeabilizado y vaciado por evaporación, este continuo vuelco de excedentes ocasiona la elevación del nivel líquido reduciendo la capacidad de embalse de agua de lluvia y aumentando los riesgos de inundación de la planta de tratamiento.

- Parada total de emergencia de la planta

Toda planta de tratamiento de efluentes cloacales debe contar con una cañería de by – pass, que permita desviar el efluente crudo a una disposición controlada. La planta existente en Rada Tilly no la posee y será incluida en el proyecto de ampliación. Dicha cañería by – pass evacuará los efluentes crudos hacia la laguna (la Disposición 173/17 autoriza dicha operación)

- Control del nivel líquido de la laguna Kápenke

Todo vuelco de agua a la laguna genera un aumento del nivel líquido en la misma. Esto supone que el vuelco de excedentes del sistema de riego y/o vuelco del efluente crudo a la laguna un riesgo de inundación de la planta de tratamiento actual, sino se toman medidas para limitar el tirante en la laguna.

A esto se suma que los pluviales del área tienen como destino final la laguna Kápenke, y por ello cada tormenta supone una elevación del nivel de la laguna.

Para controlar dicho nivel también se considerará el uso del emisario como conducción a través de la cual se evacuará el volumen de agua de origen pluvial recolectado por la laguna. Esto se hará mediante un vertedero de demasías y bombeo.

5.01.2 Solución planteada

Se han planteado dos alternativas y para cada una de ellas se analiza la operación en situación ordinaria o normal de la planta, y la operación extraordinaria por parada total de la planta o del sistema de riego a espacios públicos.

Alternativa 1:

Operación ordinaria: los excedentes diarios siempre son volcados directamente por la descarga al mar (esto está ahora estaría desaconsejado por la Disposición 173/17)*.

Operación extraordinaria: el crudo o el 100% del excedente se vuelcan a la laguna y luego por desborde controlado de la laguna, se bombea al mar (siempre el bombeo a la descarga al mar se produce por desborde de un vertedero cuya cresta limita la altura máxima en la laguna).

Alternativa 2:

Operación ordinaria: los excedentes diarios van a la laguna y de esta son bombeados al mar por la descarga (sobre esta operación no dice nada la Disposición)

Operación extraordinaria: el crudo o el 100% del excedente se vuelcan a la laguna y luego por desborde controlado de la laguna, se bombea al mar (siempre el bombeo a la descarga al mar se produce por desborde de un vertedero cuya cresta limita la altura máxima en la laguna)

Esta Consultora considera recomendable la Alternativa 1, apoyado en lo siguiente:

- El bombeo del excedente diario por descarga al mar sin pasar por la laguna, permite disminuir riesgos al Operador de la Planta asociados a vuelcos extraños a la laguna producidos por terceros y sin control Municipal ni Ambiental.
- Tomando las prescripciones de la Disposición 173/17 se plantea el uso de la laguna Kápenke a modo de "tanque de ecualización".
- Se plantea también la construcción de una estación de bombeo que tomando agua de la laguna y evacuando por una impulsión hacia el mar, permita el control del nivel líquido en la laguna.
- El agua bombeada desde la laguna será según el caso: excedente de agua tratada, efluente crudo cloacal o agua pluvial, pero siempre mezclada y por lo tanto diluida con el agua propia de la laguna.

^(*) El Municipio considera que la Disposición 173/17 se refiere como descarga extraordinaria al excedente del sistema de riego y "ordinaria" al uso en riego de espacios públicos.

Sección 5.02 Traza de la descarga al mar. Punto de descarga

La traza original de la descarga al mar planteada por SERMAN presenta un tramo muy importante sobre ladera – tramos entre punto 12 y la playa - que supone una importante dificultad técnica de construcción, elevado costo, y riesgos a futuro sobre las viviendas ubicadas en cota inferior a la traza por deslizamiento de tierra o lodo en caso de lluvia. Ver plano en Anexo II.

Atento a ello esta Consultora recomendó la consideración de una variante a la misma, acordándose con el Municipio una traza por calle Mosconi (calle pública abierta al tránsito) en lugar de la ladera, con pendiente a favor del terreno reduciendo los tramos en carga y disminuyendo así los riesgos de desborde en vía pública. Ver plano con la nueva traza en Anexo IV.

Sección 5.03 Caudal de diseño.

El nuevo planteo para la descarga mar, supone un cambio muy importante respecto a un parámetro de diseño: el caudal de diseño.

En Anexo V se detalla la determinación del caudal de diseño de la planta y los caudales esperados de efluente tratados excedentes.

TABLA 1. Caudales de diseño planta de tratamiento

PARAMETROS DISEÑO PROPUESTA IASA												
Año	Dotación	Coef de vuelco	Coef de pico diario	Coef de pico horario	Coef de min diario	Habitantes	Caudal diario max	Caudal horario max	Caudal diario medio	Caudal diario medio	Caudal diario min	Caudal horario min
	l/hab/día											
2016	350	0,80	1,40	1,70	0,70	11080	4343	308	3102	129,3	2171,7	90,49
2018	350	0,80	1,40	1,70	0,70	11706	4589	325	3278	136,6	2294,4	95,60
2028	350	0,80	1,30	1,50	0,70	15173	5523	345	4248	177,0	2973,9	123,91
Población de saturación												
	350	0,80	1,30	1,50	0,70	20640	7513	470	5779	240,8	4045,4	168,56

En la propuesta original se planteó que la descarga al mar evacuaría hacia el mar tanto el excedente diario del sistema de riego, como el cien por ciento del crudo o del tratado, ambas en situaciones de emergencia.

Ahora de acuerdo a lo indicado por la Disposición 173/17 esta situación no está recomendada, y todo los caudales en situación de emergencia deben pasar por la laguna.

En el Cuadro siguiente se observan los caudales esperados para una situación de saturación de la Rada Tilly (una condición de máxima ocupación del espacio físico en la jurisdicción de Rada Tilly – ver Anexo V). Se muestran los caudales afluentes a planta a lo largo de un año y los caudales destinados a riego considerando los porcentajes actuales de uso en riego del efluente tratado. Es de esperar que a futuro dichos porcentajes vayan acercándose al 100 por ciento. Se consideró una situación de saturación, pensando que por la envergadura de la obra, debe tener una vida útil superior a los 20 años.

TABLA 2 -Caudales esperados de tratamiento, riego y excedentes de riego

MES	Coeficiente de pico mensual	Caudal diario medio mensual CLOACAL	Porcentaje a riego medio	Caudal diario medio mensual RIEGO	Caudal diario medio mensual EXCEDENTE
SATURACION		m3/hora	%	m3/hora	m3/hora
ENERO	1,40	337,12	78%	262,95	74,17
FEBRERO	1,22	293,78	75%	220,33	73,44
MARZO	1,18	284,14	72%	204,58	79,56
ABRIL	1,00	240,80	65%	156,52	84,28
MAYO	0,80	192,64	62%	119,44	73,20
JUNIO	0,70	168,56	60%	101,14	67,42
JULIO	0,70	168,56	57%	96,08	72,48
AGOSTO	0,80	192,64	60%	115,58	77,06
SEPTIEMBRE	0,90	216,72	70%	151,70	65,02
OCTUBRE	1,00	240,80	72%	173,38	67,42
NOVIEMBRE	1,10	264,88	75%	198,66	66,22
DICIEMBRE	1,30	313,04	78%	244,17	68,87
Promedio bombeo excedente por hora					72,43

Esta práctica – de volcar los caudales de situaciones extraordinarios a laguna - trae como consecuencia un beneficio hidráulico: la laguna actúa como “un gran embalse” produciendo lo que se llama un retardo hidráulico o tránsito de hidrogramas. Es decir la laguna actúa como un “gran pulmón” que absorbe los picos de caudal atenuado los mismos y consecuentemente retrasando su salida. En la figura se muestra el fenómeno descrito:

Tránsito de Hidrogramas

Conceptos básicos

Si en el depósito de la figura 1 (izq.) se produce un aumento brusco del caudal de entrada, ese aumento se reflejará en la salida atenuado (caudal máximo menor) y retardado (caudal máximo retrasado en el tiempo) (figura 1-dcha.).

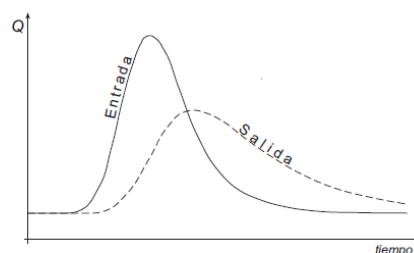
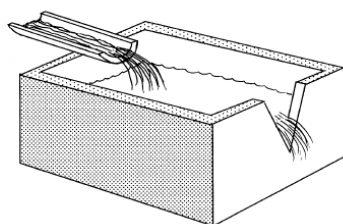


Fig. 1.- Efecto de retardo y atenuación en un hidrograma entre la entrada y la salida

En consecuencia la estación de bombeo de efluentes a la descarga y la propia descarga NO DEBEN calcularse para el caudal de pico horario del día de mayor aporte sino para un valor muy inferior. Este valor se determinó en 0.096 m³/s equivalente a 345.60 m³/hora. Ver el documento P1057-MC-200-A-EHyH Laguna Rada Tilly Artículo 6

Artículo 6. Determinación del diámetro de la DESCARGA AL MAR

Previo al dimensionamiento propiamente de la estación de bombeo debemos determinar el diámetro a utilizar en la impulsión o descarga al mar.

De acuerdo con la traza seleccionada (Ver Anexo VI) la descarga al mar tiene un tramo en impulsión y un segundo tramo a gravedad. Dentro de este último hay tramos con escurrimiento a canal y otros a sección llena.

Sección 6.01 Tramo impulsión

Para determinar el diámetro de la cañería necesario en la impulsión entre la estación de bombeo y la localización del punto más elevado, no solo consideramos un criterio hidráulico sino también económico. Utilizaremos el Método del Costo Anualizado – recomendado por el ENOHSA -, que considera la inversión directa, las pérdidas de carga y su relación directa con el costo de energía.

El punto más elevado y fin del tramo de impulsión se ubica en la boca de registro BR1, que coincide con el cruce de las calles 32 y Golfo San José, con una cota de terreno +56,73

El caudal de proyecto está dado por el caudal erogado por el vertedero de demasía en condiciones extraordinarias de la planta, es decir: 345.60 m³/hora. Ver el documento P1057-MC-200-A-EHyH Laguna Rada Tilly Artículo 6. Este valor se corresponde tanto con el vuelco de crudo o tratado, cien por ciento, a la laguna.

METODO DEL COSTO ANUALIZADO				UNA IMPULSION - CAUDAL TOTAL			
Longitud			1400 m				
Nivel mínimo en cámara húmeda			0,00 m				
Cota intradós en la BR de llegada			0,00 m				
Altura geometrica de elevación			0,00 m	* no es necesario incorporar la altura en el cálculo			
Rendimiento de la bomba			0,60				
Coef. "C" de la cañería			150				
Costo de la energía promedio			3,3200 \$/KwH				
Tasa de interés			0,5782	Tasa efectiva Activa Cartera Gral Diversa BNA			

DIAMETRO NOMINAL	DIAMETRO INTERNO	MATERIAL		COSTOS UNITARIOS ANUALIZADOS							TOTAL
		TIPO	CWH	CAÑERÍA			ENERGÍA				
				Cuc	E	Cuca	Qb	J	Td	Cbaun	
DN	mm			\$/m	\$/m	\$/m*año	m 3/s	m	h/d	\$/m*año	\$/m*año
250	220,4	PEAD	150	2068,58	1377,13	1992,53	0,0960	28,957	24,00	871,01	2863,54
315	277,6	PEAD	150	3293,24	1273,23	2640,62	0,0960	9,413	24,00	283,15	2923,77
355	312,8	PEAD	150	4187,76	2136,03	3656,81	0,0960	5,263	24,00	158,31	3815,13
400	352,6	PEAD	150	5300,05	2410,00	4458,44	0,0960	2,937	24,00	88,35	4546,78
500	440,6	PEAD	150	8302,29	2987,00	6528,18	0,0960	0,992	24,00	29,85	6558,03
630	555,2	PEAD	150	13172,97	3643,11	9724,12	0,0960	0,322	24,00	9,68	9733,80

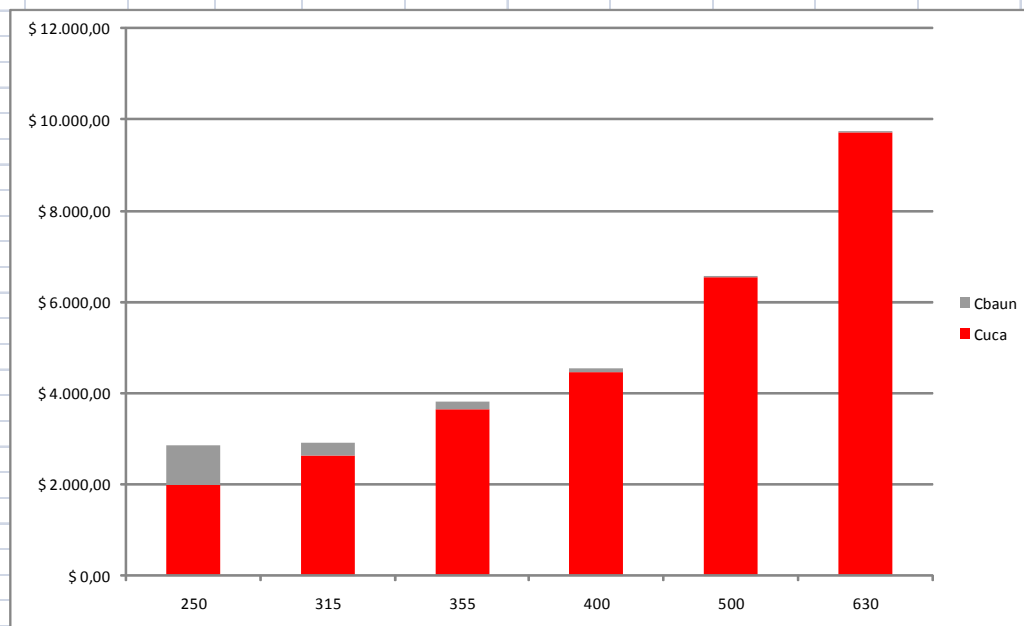
Cuc: costo de la cañería por metro, incluye flete sin iva

E: costo de instalación de cañería por metro incluye excavación, rellenos, tendido y prueba hidráulica

J: pérdidas de carga por frotamiento sin considerar pérdidas localizadas

Td: horas diarias de bombeo promedio

Qb: caudal medio a bombear en el período de diseño



Del análisis económico surge el diámetro DN250 como el más ventajoso, pero en atención a que la diferencia es mínima se recomienda adoptar el DN315.

Sección 6.02 Tramo a canal

Para determinar el diámetro de la cañería necesario en el tramo de operación a canal, se evaluará fundamentalmente la "carga hidráulica" necesaria para evacuar el caudal esperado de proyecto, en el tramo sumergido en el mar.

Al igual que en el tramo de impulsión el caudal de proyecto está dado por el caudal erogado por el vertedero de demasía en condiciones extraordinarias de la planta, es decir: 345.60 m³/hora. Ver el documento P1057-MC-200-A-EHyH Laguna Rada Tilly Artículo 6. Este valor se corresponde tanto con el vuelco de crudo o tratado, cien por ciento, a la laguna.

El Cuadro 2 muestra que una pendiente del 8 por mil permite evacuar el caudal de diseño manteniendo las condiciones de escurrimiento a pelo libre con un tirante 0.94. Cualquier pendiente inferior supone una conducción a sección llena.

CUADRO 2. DETERMINACION DIAMETRO EMISARIO SECTOR IMPULSION

IMPULSION AL MAR			
DN315 PEAD - CONDUCCION A CANAL			
Set units: <input type="button" value="m"/> <input type="button" value="mm"/> <input type="button" value="pies"/> <input type="button" value="pulgadas"/>		Resultados:	
Diámetro de la tubería, d ₀	0.291	m	Caudal, q
Rugosidad según Manning, n ?	0.011		0.1014
Pendiente hidráulica (o quizás ? de la tubería), S ₀	0.008	vert./horiz	m ³ /s
% llenado de la tubería (llena=100% o fracción 1)	0.94	fracción	Velocidad, v
			1.5625
			Presión (en M.C.As) por velocidad de flujo, h _v
			0.1245
			Área del flujo
			0.0649
			Perímetro mojado
			0.7702
			Radio hidráulico
			0.0842
			Ancho de lámina libre, T
			0.1382
			Número de Froude, F
			0.73
			Tensión tangencial (fuerza de tracción), tau
			21.4587

El Cuadro 3 muestra que la cañería, en situación de emergencia, estará operando bajo carga desde la playa hasta la boca de acceso a ubicar en el cruce de calles Av. Automóvil Club Argentino y Fragata La Argentina.

CUADRO 3. VERIFICACION DIAMETRO EMISARIO SECTOR CANAL SECCION LLENA - EXTRAORDINARIO

IMPULSION AL MAR			
TRAMO EN CARGA - SITUACION EXTRAORDINARIA			
Set units: <input type="button" value="m"/> <input type="button" value="mm"/> <input type="button" value="pies"/> <input type="button" value="pulgadas"/>		Resultados:	
Caudal, q	0.096	m ³ /s	Velocidad, v
Diámetro de la tubería, d ₀	0.292	m	1.4336
Largo de la tubería, l	2300	m	Presión (en M.C.As) por velocidad de flujo, h _v
Rugosidad según Manning, n ?	0.011		0.1048
Coefficiente total de pérdida en las coyunturas, k	1		m H ₂ O
			Friction loss
			18.7502
			Junction loss
			0.1048
			Total loss
			18.8550

Ahora analizaremos la misma situación – tramo a presión – pero para las condiciones normales, es decir evacuación del volumen equivalente al excedente de riego:

CUADRO 4. VERIFICACION DIAMETRO EMISARIO SECTOR CANAL SECCION LLENA - NORMAL

IMPULSION AL MAR					
DN315 PEAD - TRAMO A PRESION					
Set units: <input type="button" value="m"/> <input type="button" value="mm"/> <input type="button" value="pies"/> <input type="button" value="pulgadas"/>			Resultados:		
Caudal, q	0.020	<input type="button" value="↑"/> <input type="button" value="↓"/>	m³/s	Velocidad, v	0.2907 m/s
Diámetro de la tubería, d _c	0.292	<input type="button" value="↑"/> <input type="button" value="↓"/>	m	Presión (en M.C.As) por velocidad de flujo, h _v	0.0045 m H ₂ O
Largo de la tubería, l	1500	<input type="button" value="↑"/> <input type="button" value="↓"/>	m	Friction loss	0.5307 m H ₂ O
Rugosidad según Manning, n ?	0.011	<input type="button" value="↑"/> <input type="button" value="↓"/>		Junction loss	0.0045 m H ₂ O
Coefficiente total de pérdida en las coyunturas, k	1	<input type="button" value="↑"/> <input type="button" value="↓"/>		Total loss	0.5353 m H ₂ O

El Cuadro 4 muestra que en condiciones de servicio normales el tramo en carga será únicamente el del sector de playa.

Artículo 7. VERIFICACION descarga para evacuacion pluviales

Como ya se mencionó la descarga al mar cumple tres funciones:

1. Situación normal: evacuación de los excedentes del sistema de riego. Efluente tratado.
2. Situación extraordinaria planta: evacuación del 100 por ciento del volumen de efluente crudo o tratado volcado a la laguna.
3. Situación extraordinaria climática: evacuación del 100 por ciento del volumen pluvial recolectado en la laguna, y que supere el nivel máximo establecido de +6,37.

A continuación determinaremos el caudal de diseño de origen pluvial.

Sección 7.01 Caudal de diseño

El dato de caudal de diseño surge de analizar las conclusiones arribadas en el estudio hidrológico llevados a cabo por esta Consultora – ver documento P1057-MC-200-A-EHyH Laguna Rada Tilly - donde se muestran los caudales generados por tormentas de distintos tiempos de recurrencia son:

Tormenta de recurrencia	Caudal afluente (m³/s)
10 años	5.90
25 años	12.70
50 años	20.60
100 años	32.30

Que resultan en las siguientes cotas máximas de embalse, considerando siempre la cota de +6.37 como un nivel máximo de llenado y por lo tanto lo tomamos como un "piso" para este análisis.

Tabla N° 1: Cotas alcanzadas para los volúmenes aportados en cada escenario modelado

Tiempo de recurrencia	Volumen aportado [m3]	Cota alcanzada [m]
100 años	478692.61	8.41
50 años	429252.61	7.68
25 años	53460.00	7.20
10 años	24410.00	6.65

Considerando que la evacuación de los pluviales se realiza por el mismo vertedero de demasías que el planteado para las situaciones de planta extraordinarias, resultan los siguientes caudales por vertedero tomando en cuenta el efecto de laminación de embalse:

Tormenta de recurrencia	Caudal afluente vertedero	
	m3/s	m3/hora
10 años	0.15	540
25 años	0.88	3168
50 años	2.20	7920
100 años	4.00	14400

Como puede verse, los caudales que tendrían que bombearse fuera de la laguna, aun considerando el efecto de laminación en la laguna, son enormes y significa un equipamiento muy importante y específico para el manejo de pluviales, sumado a la necesidad de aumentar el diámetro de la descarga.

Sección 7.02 Recomendación

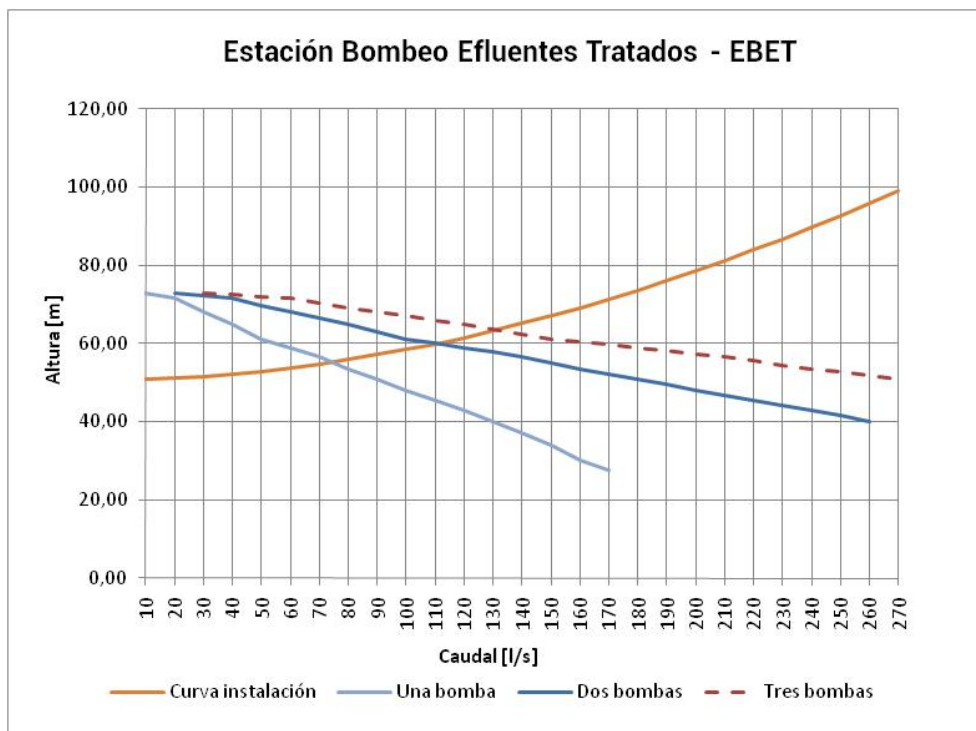
Se recomienda no pensar en evacuar directamente el excedente pluvial a medida que la tormenta se va desarrollando. Sino que debe aprovecharse el volumen enorme de embalse que tiene la laguna. Ver Tabla 4 en el apartado anterior.

Esto se consigue cerrando la salida del vertedero de demasía – puede realizarse mediante el uso de válvulas tipo esclusa o compuertas murales – dejando una mínima abertura que permita la evacuación de un caudal controlado. Dicho caudal controlado debe ser igual o menor que el caudal máximo por situación extraordinaria de la planta, es decir 345 m3/s. Este planteo presenta las siguientes ventajas:

- Uso de un mismo equipamiento electromecánico – en particular el propuesto para la situación extraordinaria de planta -;
- Menores costos de mantenimiento;

- Se evita equipamiento ocioso;
- Menor estructura civil: más equipamiento requiere más volumen de cámara y piezas especiales;

Una selección de equipos de bombeo para la futura “Estación de bombeo de efluentes tratados”, con destino a evacuar el caudal máximo por situación extraordinaria de la planta, muestra para la Descarga al Mar en diámetro DN315 PEAD SRD17 PE100, lo siguiente:



- Dos bombas en operación: 110 l/s = 396 m3/hora
- Tres bombas en operación: 130 l/s = 468 m3/hora

El equipamiento considerado son bombas GRUNDFOS Modelo SE1.100.200.850.4.70H.H.432.G.N.D.511

Los tiempos de evacuación finales serán los indicados en el cuadro:

Tormenta de recurrencia	Volumen de almacenamiento	Tiempo evacuación dos bombas	Tiempo evacuación tres bombas
	m3	días	días
10 años	24410	2,57	2,17
25 años	53460	5,63	4,76
50 años	429252	45,17	38,22
100 años	478692	50,37	42,62

Artículo 8. DESCARGA AL MAR. TRAMO EMISARIO

Sección 8.01 Punto de descarga

La Consultora SERMAN analizó tres posibles puntos de ingreso al mar del emisario: norte, central y sur, seleccionando la opción Norte.

Del documento CPC-IF-MC-002-Rev A página 30 de 60 se extrae:

A continuación se presentan las posibles ubicaciones analizadas tanto del emisario como de los difusores. La distancia entre cada punto de análisis de la descarga, sobre la misma traza del emisario, es de 250 m, y el primer punto, para los tres casos, coincide con la isolinia de profundidad 2 m, de forma tal que en el punto más cercano a la costa los difusores queden cubiertos siempre por una columna de agua de al menos 1,5 m en cualquier situación de marea astronómica.



Figura 6.1: Ubicaciones posibles del emisario y de los difusores.

Del documento CPC-IF-MC-002-Rev A página 41 de 60 se extraen las conclusiones:

6.4 CONCLUSIONES

Con base en el análisis realizado, se ha verificado que para las trazas CENTRAL y SUR del emisario, tanto para el movimiento Aleatorio como para el No Aleatorio, la circulación de la corriente retiene gran cantidad de partículas dentro del área próxima a la rada. De ésta forma, con el paso del tiempo, dado que el emisario descargará de forma continua, el volumen de agua cloacal presente en el área irá en aumento. Si bien la concentración de bacterias coliformes fecales sufrirá los efectos de la mortalidad y no se incrementará en igual medida, el comportamiento hidrodinámico no se considera favorable para estas variantes de traza.

Por el contrario, para la traza NORTE, la concentración de partículas es prácticamente nula en Rada Tilly. Si bien es posible que alguna corriente litoral (generada por el oleaje rompiente) pueda inducir corrientes transitorias de Norte a Sur en la zona litoral, alejando lo suficiente el difusor de la costa para que el efluente no se acerque a la misma, se mitigará el riesgo de que lleguen efluentes a la zona balnearia de rada Tilly.

Se ha verificado que para la traza NORTE y considerando movimiento aleatorio, se puede producir un acercamiento de partículas a la costa en dirección Norte hacia Comodoro Rivadavia. Sin embargo, las partículas no tienden a acumularse, sino que tienden a salir hacia mar adentro. No obstante, resulta recomendable que la posición del difusor no sea demasiado cercana a la costa.

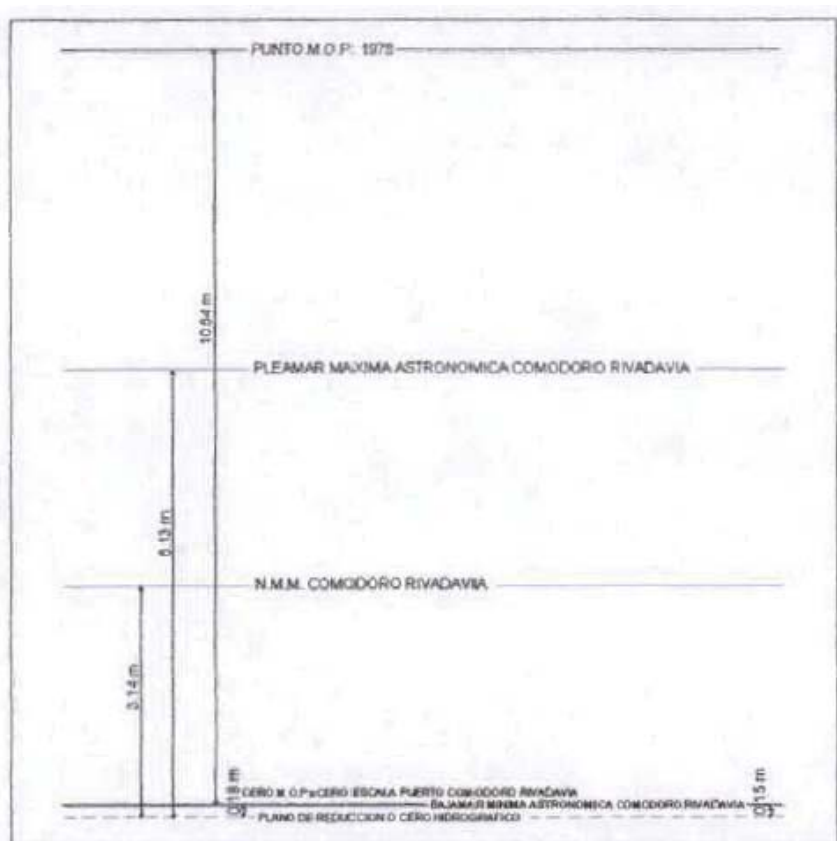
La conclusión alcanzada con el presente análisis, es que resulta conveniente seleccionar la traza NORTE para la construcción del emisario y considerar los últimos 6 puntos de emisión (del 2 al 7) como posible localización de los difusores.

Y en particular el número 5, de acuerdo a lo definido por la Consultora SERMAN el punto de descarga elegido tiene las siguientes coordenadas:

Punto	X	Y	mc	Lat	Long	G	M	S	G	M	S
1	4913763	2614416	-69	-45.91955768	-67.52509596	-45	55	10.40763	-67	31	30.34544

Lo cual supone una distancia aproximada desde la costa de 1000 metros y una profundidad mínima de 3.50 m al lomo del caño.

De acuerdo a lo informado por el Servicio de Hidrografía Naval con registros desde los años 1949 y 1982 (un total de 264 meses) el nivel mínimo histórico de bajamar en el Puerto de Comodoro Rivadavia es de 0.07m por debajo del plano de reducción. Este plano pasa 2.99m por debajo del nivel medio. Esto supone una cota de -0.10 para el nivel mínimo histórico de bajamar. Este nivel lo consideramos válido para Rada Tilly.



En las Conclusiones del documento CPC-IF-MC-002-Rev A página 60 de 60 se menciona:

Para las emisiones realizadas desde la ubicación del difusor en el punto "5", considerando un decaimiento temporal relativamente conservativo de 8 hs, la concentración de coliformes del orden de límite máximo estipulado por la Norma de Calidad de Agua para la zona de baño, presenta un máximo acercamiento a la línea costera de 500 m. Por lo tanto, ésta ubicación del difusor se considera más conveniente para la emisión del efluente, ya que es la mínima distancia (aproximadamente 1000 m desde la línea de costa) para la cual la concentración de coliformes fecales de 1.000NMP/100ml no alcanza la zona litoral.

Por lo tanto, conforme a los análisis realizados, se concluye que el extremo del emisario donde se encontrará el difusor, se deberá ubicar aproximadamente en el entorno de las coordenadas X= 2614416; Y= 4913763 del emisario Norte.

Debemos aclarar que SERMAN realizó el estudio del emisario para efluente crudo. Ahora se ha planteado la descarga ordinaria de efluente tratado y solo en circunstancias extraordinarias debiera volcarse efluente crudo, pero siempre con un gran estado de dilución por estar mezclado con el agua de la laguna (el by pass se ha planteado con descarga a la laguna y no a la estación de bombeo que alimenta la descarga al mar).

Sección 8.02 Dimensionamiento del lastre

Con la determinación realizada de caudal y verificación de las condiciones técnicas y económicas, se rectifica el diámetro de la cañería utilizada por la Consultora SERMAN para el diseño de la descarga al mar. En lugar de PEAD DN500 se utilizará PEAD DN315.

INGENIERIA & AMBIENTE S.A.

P1057-MD-300-B-Descarga a mar.docx
 06/11/2018 20:10

Página 20 de 23

En atención a ello deberá ajustarse el dimensionado de los anclajes. Haremos uso de las recomendaciones del Plastics Pipe Institute (PPI) volcadas en su Manual de Instalación.

Publicado por el Plastics Pipe Institute (PPI), el Manual en su Segunda Edición describe cómo los sistemas de tuberías de polietileno continúan proporcionando a las empresas de servicios públicos una solución para rehabilitar la infraestructura subterránea. El libro ayuda a diseñar e instalar sistemas de tuberías de PE que puedan proteger a los servicios públicos y otros usuarios finales de la corrosión, los daños causados por terremotos y la pérdida de agua debido a tuberías y juntas con fugas y corroídas.. En particular en su Capítulo 10 brinda las recomendaciones para su uso en instalaciones marítimas.

Los diseños de los lastre de hormigón pueden adoptar una variedad de diferentes tamaños, formas y configuraciones dependiendo de las necesidades del sitio de trabajo, enfoque de instalación y / o disponibilidad de materiales de producción. La tabla A-3-1 Apendice A-3, desarrollada por Janson, Lars-Eric. (1986). The Utilization of Plastic Pipe for Submarine Outfalls—State of The Art, Water Science and Technology, Great Britain, Vol. 18, No. 11, pp 171-176, a continuación proporciona algunos diseños típicos para lastres de concretos y detalles de algunas consideraciones dimensionales sugeridas basadas en tamaño de la tubería, densidad del hormigón no armado de más de 2300 kg /m3 y considerando un tanto por ciento de aire atrapado en la línea.

En nuestro caso utilizamos: DN315 equivalente a 12", y un contenido de aire en la línea de 20 por ciento, lo cual se considera conservador ya que el proceso de colocación en el mar debe de asegurar la evacuación total del aire, la pendiente de colocación uniforme, y la colocación de venteos en tierra.

En la Tabla A-3-1 se muestra en un recuadro rojo los valores considerados. El ancho de la pieza ha sido aumentado en más del 10 por ciento de manera de considerar que la tabla es para uso en agua dulce y el proyecto de Rada Tilly es sobre el mar. Se adopta un espesor de lastre de 20 cm.

TABLE A-3-1
Suggested Concrete Weight Dimensions (All dimensions in inches)

Nominal Pipe Size	Mean Outside Diameter (inches)	Spacing of Weights To Offset % Air (feet)			Approx. Weight of Concrete Block (pounds)		Approximate Block Dimensions (inches)						Bolt Dimensions (inches)	
		10%	15%	20%	In Air	In Water	"D"	"X"	"Y"	"T"	"S" (min)	"W"	Dia.	Length
3 IPS	3.50	10	6 ¾	5	12	7	4	9	3 ¾	2 ½	1 ½	2 ½	¾	12
4 IPS	4.50	10	6 ¾	5	20	10	5	11	4 ¾	2 ½	1 ½	3	¾	12
5 IPS	5.56	10	6 ¾	5	30	18	6	12	5 ¼	3 ½	1 ½	3	¾	12
6 IPS	6.63	10	6 ¾	5	35	20	7 ⅞	13	5 ¾	3 ½	1 ½	3	¾	12
7 IPS	7.13	10	6 ¾	5	45	26	7 ⅞	13 ½	6	4 ¼	1 ½	3	¾	12
8 IPS	8.63	10	6 ¾	5	55	30	9 ¼	15 ¼	6 7/8	4 ¼	1 ½	3	¾	12
10 IPS	10.75	10	6 ¾	5	95	55	11 ¾	19 ¼	8 ⅞	4 ½	2	4	¾	12
12 IPS	12.75	10	6 ¾	5	125	75	13 ¼	21 ¼	9 ⅝	5	2	4	¾	13
13 IPS	13.38	10	6 ¾	5	175	100	13 7/8	24	11	5 ¾	2	5	¾	13
14 IPS	14.00	15	10	7 ½	225	130	14 ½	24 ½	11 ¼	6 ½	2	5	1	13
16 IPS	16.00	15	10	7 ½	250	145	16 ½	26 ½	12 ¼	6 ½	2	5	1	13
18 IPS	18.00	15	10	7 ½	360	210	18 ½	28 ½	13 ¼	8 ¼	2	5	1	13
20 IPS	20.00	15	10	7 ½	400	235	20 ½	30 ½	14 ¼	8 ¼	2	6	1	13
22 IPS	22.00	15	10	7 ½	535	310	22 ½	34 ½	16 ¼	8 ½	2	6	1	13
24 IPS	24.00	15	13 ½	7 ½	610	360	24 ½	36 ½	17 ¼	8 ¾	2	6	1	13
28 IPS	28.00	20	13 ½	10	900	520	28 ½	40 ¼	19 ¼	11 ¼	2	6	1	13
32 M	31.59	20	13 ½	10	1140	660	32	44	21	12 ¼	2	6	1	13
36 IPS	36.00	20	13 ½	10	1430	830	36 ½	48 ½	23 ¼	13 ½	2	6	1	13
40 M	39.47	20	13 ½	10	1770	1020	40 ⅞	52	25	15 ¼	2	6	1	13
42 IPS	42.00	20	13 ½	10	1925	1125	42 ½	54 ½	26 ¼	15	2	6	1	13
48 IPS	47.38	20	13 ½	10	2500	1460	48 ¼	60 ¼	29 ⅞	17	2	6	1 ⅞	13
55 M	55.30	20	13 ½	10	3390	1980	55 ¾	68	33	18 ¾	2	6 ⅞	1 ⅞	15
63 M	63.21	20	13 ½	10	4450	2600	63 ¾	78	38	18 ½	2	7 ⅞	1 ⅞	15

El diámetro de la tubería es DN315 equivalente a 12 IPS. Las dimensiones para los lastres de hormigón son los indicados en el recuadro de color.

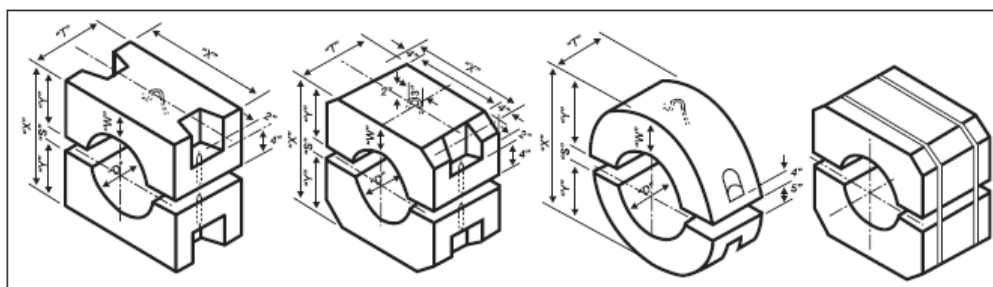


Figure A-3-1 Schematics of Concrete Ballast Designs

Notas a la tabla A-3-1

1. Material sugerido para la almohadilla inferior: 1/8" negro o lámina de goma roja, 1/4" relleno de esponja de neopreno. El ancho debe ser "T" + 2" como mínimo para evitar que el concreto entre en contacto con la superficie de la tubería.
2. La superficie interior del concreto debe ser lisa (210 kg/cm² - 28 días).
3. Se pueden usar manguitos de tubería en acero galvanizado alrededor de los pernos de anclaje (1" para pernos de 3/4", etc.). Tornillos de galvanización en caliente. Tuercas, arandelas y mangas.
4. Se debe mantener un espacio mínimo, "S", entre los bloques de acoplamiento para permitir el apriete en la tubería.
5. Para mantener su resistencia estructural, algunos pesos son más que el mínimo requerido.
6. Se puede requerir un peso adicional para la marea o las condiciones actuales.
7. Pesos calculados para el agua dulce.
8. Todos los bloques de hormigón deben reforzarse adecuadamente con varillas de refuerzo para evitar que se agrieten durante la manipulación. Apriete, y movimiento de tubo ponderado.

Sección 8.03 Distancias entre lastres

El proyecto de SERMAN determinó para las condiciones de servicio bajo acciones dinámicas una separación entre lastres de 0.40 m.

Dichas condiciones están dadas por la profundidad de la colocación, el diámetro de la cañería, el tamaño del lastre y las velocidades de la corriente y el oleaje en el lugar de emplazamiento.

Como se han mantenido las condiciones de emplazamiento original esta Consultora ha planteado una separación de lastres similar a la recomendada por SERMAN, es decir 0.40 metros.