



INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS MARÍTIMAS

EMISARIO DE PUERTO MONTT

ESTUDIO DE VALIDACIÓN OPERACIONAL AÑO 2020

Noviembre 2020

Revisión	Fecha	Ejecutó	Revisión	Aprobación	
				Subsea	Cliente
Rev.0	Nov. 2020	P. Campos	P. Campos	P. Campos	M. Cofre

SANTIAGO

COQUIMBO

Av. Alosa de Camargo 6325-C,
Las Condes
fono/fax (9) 95190579

El Molino 1259,
Coquimbo
fono/fax (9) 88195994

www.subsea.cl



Índice

1.-	INTRODUCCIÓN	2
2.-	ANTECEDENTES	2
3.-	ANÁLISIS DEL PROBLEMA QUE ORIGINÓ LA MODIFICACIÓN EFECTUADA	4
4.-	INSPECCIÓN DE INGENIERÍA A LAS INSTALACIONES	10
5.-	ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO SANITARIO-AMBIENTAL DEL PROYECTO ORIGINAL Y PROYECTO MODIFICADO (ACTUAL)	16
6.-	ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE CONDICIÓN ORIGINAL Y MODIFICADA	23
7.-	CONDICIÓN DE CAUDALES ACTUALES	28
8.-	COMENTARIOS FINALES	29
 <u>ANEXOS</u>		
	Anexo "A" : MODELACIONES EFECTUADAS.	30
	Anexo "B": MODELACIÓN DEL EMISARIO ACTUAL PARA CUMPLIR CON ZONA DE MEZCLA DEL PROYECTO ORIGINAL	36
	Anexo "C": METODOLOGÍA PARA MODIFICAR EL DIFUSOR DEL EMISARIO	38



EMISARIO DE PUERTO MONTT- ESTUDIO DE VALIDACIÓN OPERACIONAL - 2020

1.- INTRODUCCIÓN

La empresa sanitaria de la Región de Los Lagos, ESSAL S.A., ha solicitado revisar y evaluar la condición actual de operación del emisario de Puerto Montt, en relación con el proyecto original del año 2000, con el propósito de comparar ambas condiciones y verificar las diferencias que pudiesen existir, en términos de su eficiencia.

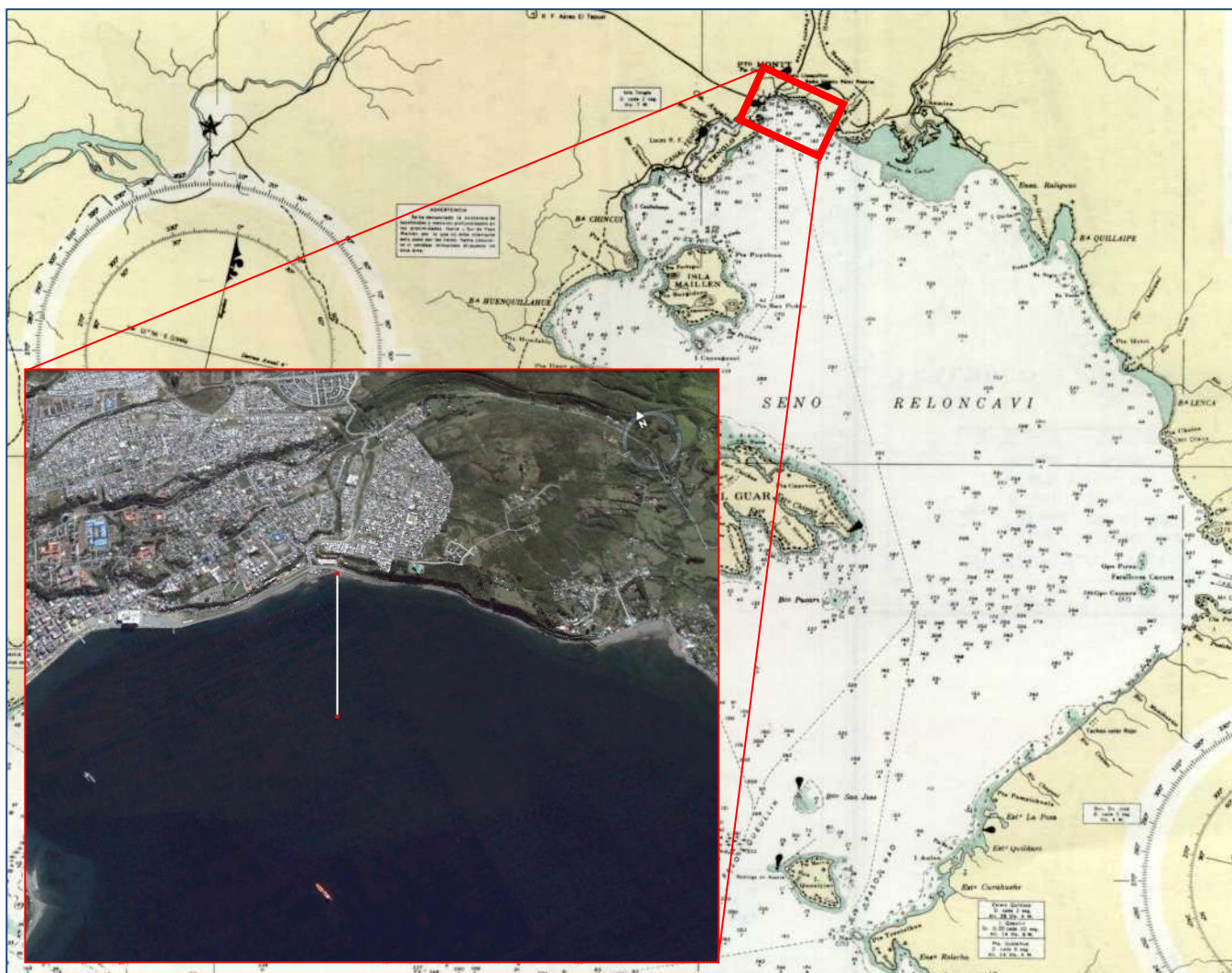
El presente informe entrega en su primera parte, un análisis del proyecto originalmente construido. Posteriormente se analizan diversos problemas registrados durante la marcha blanca de la instalación, para luego analizar las características y el alcance de la modificación efectuada al emisario, consistente en reemplazar la descarga original de dos difusores de 420 mm, por una descarga con también dos portas difusoras, pero de distinto diámetro, de 835 y 420 mm.

2.- ANTECEDENTES

La empresa sanitaria ESSAL en el año 1999, llamó a licitación para efectuar el saneamiento integral de la ciudad de Puerto Montt, en base a la disposición final de las aguas servidas tratadas en el mar, utilizando un emisario submarino.

El proyecto base, entregado como apoyo a la propuesta, consistía en efectuar la ingeniería y construcción de una planta de tratamiento y un emisario submarino que se ubicaba a la altura del puerto, cruzando bajo el agua el canal Tenglo y luego de cruzar por tierra la isla del mismo nombre, para internarse en el mar hacia el sur, hasta el punto de descarga elegido. La solución final distinta, evitó trabajos complejos como el paso de cañerías por sectores tales como Caleta Angelmó y el cruce bajo el lecho marino del canal Tenglo y, particularmente, el soterramiento del ducto exigido en las bases de licitación, para el tramo submarino, en la zona del puerto. Estas obras habrían creado situaciones difíciles de resolver como las interrupciones en la vida cotidiana y turística del lugar, interferencias en el tránsito marítimo, sin dejar de mencionar los problemas de posibles roturas o daños de terceros, durante la vida útil.

La propuesta que fue adjudicada al Consorcio Belfi-Montec-Magna-Semar, se basó en un proyecto del tipo Engineering, Procurement, Construction (EPC), el cual contó con todas las aprobaciones ambientales y técnicas y consistió en la construcción de una planta de tratamiento primario ubicada en Pichipelluco, utilizando como disposición al mar, un emisario submarino profundo, descargando en 100 metros de profundidad. (Ver Figura N° 1)



Fuente: Google Earth- Carta Náutica-Elaboración Propia

Figura N° 1
Vista general de la ubicación del emisario de Puerto Montt., en el Seno de Reloncaví.

Durante el año 2000 y parte del 2001, se efectuaron los trabajos de campo requeridos para el estudio de impacto ambiental, el desarrollo del proyecto de ingeniería y todos los estudios adicionales de terreno necesarios. El proyecto fue calificado favorablemente por CONAMA X Región, mediante la Resolución de



Calificación Ambiental Exenta N° 1019 del 26 de octubre de 2001 y Resolución de Calificación Ambiental Exenta N°1119 de CONAMA, de fecha 30 de julio del 2002.

Una vez obtenidos todos los permisos sectoriales, se dio comienzo a los trabajos terrestres en colectores y alcantarillados de la ciudad, con el propósito de coleccionar las aguas servidas (AS) de Puerto Montt y conducir las hasta la planta de tratamiento ubicada en Pichipelluco. Posteriormente, en la misma zona se dio inicio el armado del emisario submarino, junto con los trabajos intermareales de instalación. En noviembre del 2002 se efectuó el lanzamiento y hundimiento del emisario submarino, para luego de efectuar la conexión al tramo Terrestre. Así, se dio término a los trabajos, comenzando la operación del sistema.

Durante el período inicial de operación y particularmente en períodos de lluvias especialmente intensas, se observó que el caudal de operación del emisario se veía muy incrementado por el aporte de aguas lluvia preferentemente desde los sistemas unitarios y descargas no controladas (cauces, tejados, sumideros públicos y privados, etc.) que se infiltraban en la red de alcantarillado, los cuales generaban importantes arrastre de material sólido producto del lavado de calles y/o arrastre de arenas en calles sin pavimentar.

Siendo Puerto Montt una zona lluviosa por excelencia, los aportes por arrastre de arenas y sedimentos fueron excesivos y recurrentes, superando la capacidad de retención del sistema de tratamiento primario, lo que llevó a un aumento gradual de depósitos de sólidos y sedimentos en el interior del difusor del emisario; con lo cual, comenzó a obstruirse. Esto fue verificado, mediante videos submarinos, que mostraban que los snorkel de la tapa extrema –un dispositivo utilizado en el lanzamiento y que consistía en dos tubos curvados de 100 mm de diámetro que permitían la salida del aire durante el proceso de hundimiento –no evacuaban agua, lo cual indicaba que la obturación interior cubría ya la tapa extrema completamente.



Figura N°2. Tubos “snorkel” usados para vaciar el aire durante el lanzamiento, que se encontraban obturados y casi soterrados en el fondo marino.

Adicionalmente, la primera porta difusora de 420 mm ubicada a 5 metros del extremo mostraba una pluma de menor caudal que la segunda porta difusora ubicada a 15 metros del extremo, lo cual evidenciaba algún grado de obstrucción en el difusor.

Lo anterior llevó al consorcio ejecutor del proyecto, a efectuar diversas evaluaciones, para finalmente adoptar la resolución de modificar el proyecto original, en mayo del año 2003, abriendo la tapa del extremo, modificación que permitía el autolavado del ducto, eliminando la obstrucción que existía y evitándola en el futuro.

Retirar la tapa del extremo no era posible mediante buceadores por la profundidad, que requiere equipos especiales y un gran apoyo desde superficie, metodología que no existe en Chile. La utilización de vehículos Remotely Operated Vehicles (ROV) tampoco eran posibles de utilizar, al menos los existentes en Chile en esa época, ya que se requiere contar con capacidades hidráulica importantes y en definitiva un ROV de trabajo pesado (superior a unas 8 toneladas). Luego, por todo lo mencionado anteriormente se debió cortar el emisario en su extremo de mar, dejándolo descargar a boca llena, lo cual permitió el



autolavado del ducto removiendo la obstrucción y dejando así el emisario, con dos difusores; uno de 835 mm de diámetro (boca llena) y otro de 420 mm de diámetro (original).

En el Anexo "C", se adjunta un detalle de la operación de modificación efectuada y se indican otros factores y problemas que influyeron en la decisión y da cuenta de como se resolvieron.

3.- ANALISIS DEL PROBLEMA QUE ORIGINÓ LA MODIFICACION EFECTUADA

El presente acápite efectúa un análisis de la situación original de proyecto; luego analiza las causas que originaron la modificación y finalmente, describe la solución adoptada.

3.1.- Proyecto original - Bases de diseño

El proyecto original, fue ejecutado sobre los siguientes datos entregados por el mandante:

a) Caudales de diseño

Los caudales de diseño fueron proporcionados por ESSAL y son los siguientes:

Año base: 368 (lt/s).

Diseño : 1.267 (lt/s). (Según RCA Exenta N°1119 de CONAMA, 30/07/2002)

Sin embargo, para todos los efectos de cálculo y diseño, se empleó un caudal de 1270 l/s como factor de seguridad.

b) Calidad de las aguas servidas de Puerto Montt

La calidad de las aguas servidas de Puerto Montt, en relación con el contenido de bacterias fue determinada por ESSAL de estudios anteriores, utilizándose un valor de concentración inicial de coliformes $C_0 = 1.0 \times 10^7$ NMP/100ml. A juicio del suscrito, este valor es bastante conservador porque en el diseño de la mayoría de los emisarios en Chile, se han empleado valores de un orden de magnitud menor, es decir 10^6 .

c) Tratamiento físico

El proyecto consideró someter las aguas servidas a un tratamiento físico previo, en una planta de tratamiento antes de su disposición final, en el emisario. Este tratamiento consideraba remoción de sólidos gruesos (con rejas de 6 mm), desarenado y desgrasamiento.

El objeto principal de este tratamiento es disminuir la descarga al mar de sólidos típicos contenidos en las aguas servidas, evitar la descarga y depósito de arenas contaminadas en el fondo marino y reducir la dispersión y migración de partículas de grasa y aceites, por la superficie del mar debido a la acción de vientos y corrientes superficiales. Secundariamente, mediante el desarenado y retención de sólidos en la planta, se evita la acumulación de sólidos y la decantación de arenas y sedimentos en el difusor, combinación altamente nefasta en ductos submarinos, por el riesgo de obturación que en el tiempo pudiesen provocar.

El desbaste de sólidos, mediante una unidad mecanizada, incluye un sistema de autolavado y prensado de los residuos retenidos. Esta fue diseñada para $Q_{\text{medio}} = 379$ l/s al inicio de la operación y un $Q_{\text{máx}}=1270$ l/s al final del período de previsión.

d) Emisario Submarino

Un emisario submarino tiene por objeto disponer las aguas servidas provenientes de la planta de tratamiento primario ó de tratamiento físico, en el mar; para efectuar allí, sólo el tratamiento antibiótico de las mismas. Estas se disponen a una profundidad tal, qué por una parte permita el mejor proceso de dilución inicial; y por otra, disponga de un gran volumen de agua para lograr al menos, una dilución inicial de 1:100. Este proceso es calculable por el diseñador y usualmente permite dimensionar la llamada “zona de sacrificio” ó “zona de mezcla”.

Por otra parte, la descarga debe ubicarse a una distancia tal de la costa, que asegure –bajo cualquier condición de corrientes marinas u otros factores dispersivos– la protección de la llamada Zona de Protección Litoral (ZPL) cumpliendo el D.S. N° 90 /2000, al descargar fuera de la ZPL.

Para estos efectos, la Resolución DIRECTEMAR N° 12.600/134 del 21 de junio del 2002, aprobó para el proyecto, un ancho de la Zona de Protección Litoral (ZPL) de 100 metros.

Durante el proceso anterior, mientras las aguas tratadas ascienden en la columna de agua, comienza el proceso dispersivo en el mar, por la acción de factores ambientales como vientos, oleaje y corrientes marinas, cuyos efectos son estudiados mediante modelamiento matemático, con el objeto de predecir el comportamiento de la pluma de dispersión, ya que la instalación aún no existe. En el caso de instalaciones operando, se llevan a cabo Planes de Vigilancia o intensas campañas de monitoreo, que estudian y controlan permanentemente, el comportamiento sanitario-ambiental de los emisarios.

Cabe hacer aquí una digresión, en el caso del emisario de Puerto Montt, dada la gran columna de agua disponible para dilución, un diseño sofisticado del difusor, no tiene gran efecto en el proceso de dilución, porque al ascender plumas individuales desde los difusores, a poco ascender se mezclan, continuando el ascenso como si se tratara de una sola descarga.

Tal es así, que si se revisan los modelos utilizados, muchos consideran un primer difusor descargando en el extremo del ducto, a veces a boca llena y otros con una pequeña disminución del diámetro, de modo de asegurar la descarga permanente de los sedimentos que transportan las aguas servidas.

En la práctica, cabe mencionar qué, en base a la experiencia y juicio técnico del ingeniero que suscribe, el diseño original, debió considerar una sola una porta al final del ducto, para descargar a boca llena. La justificación de lo anterior, se basa en que dada la gran columna de agua permite una mayor dilución inicial, lo que ambientalmente favorece el desempeño del emisario; y adicionalmente, permite el autolavado permanente del emisario.

Adicionalmente, siendo la primera experiencia con un emisario profundo, existía mucho temor de que ambientalmente fuera cuestionable utilizar un solo difusor. Dadas las razones anteriores, se utilizó un difusor de dos portas de 420 mm de diámetro, que tampoco existe en Chile ya que la mayoría de las portas utilizadas no superan los 200 mm de diámetro.

El emisario inicialmente instalado originalmente, poseía las siguientes características:

Tabla N°1. Características originales del emisario

Componente	Característica	Unidad
EMISARIO		
Material	HDPE, PECC 100, PN-6	
Longitud total	1151	metros
Longitud tramo terrestre	60	metros
Longitud tramo sumergido	1091	metros
Diámetro exterior	900	mm
Espesor de pared	32,6	mm
Diámetro interior	834,8	mm
Caudal	1270	l/s
DIFUSOR		
Longitud	15	metros
Diámetro	900	mm
Número de portas	2	
Diámetro de portas	420	mm
Espaciamiento	15	metros
Profundidad	130	metros

e) Zona de Mezcla

La zona de mezcla, es definida como el volumen de agua del cuerpo receptor que se entremezcla con las aguas servidas tratadas, formando un cono invertido, cuya base es ocupada aleatoriamente por la pluma, ya sea en la superficie del mar o en cualquier estrato de la columna de agua, debido a la acción aleatoria de las condiciones de viento y corrientes; y que en nuestro caso, fue dimensionada bajo el criterio de no afectar nunca el límite de la ZPL, con concentraciones mayores de 1000 NMP/100 ml de coliformes fecales (CF).

Es interesante mencionar, que la “Guía Metodológica de Directemar”, utilizada como recomendación de criterios para el diseño de emisarios, indica que la longitud de los emisarios y la zona de mezcla resultante debe ser calculada con un T_{90} tal, que asegure al menos, que durante un 70% del tiempo la pluma no alcance el límite externo de la ZPL con una concentración mayor a

1000 NMP/100 ml de CF. Esto es aplicable a nuestro caso, según lo estipulado en la Tabla N° 5 del D.S. N° 90, ya que se descarga fuera de la ZPL. El criterio anterior, es conocido como “visitas de la pluma”; en otras palabras, es admisible hasta un 29% del tiempo, que la pluma del emisario impacte la ZPL con valores mayores a 1000 NMP/100 ml de CF.

Este aspecto es de la mayor importancia, porque en el caso del emisario de Puerto Montt, su diseño consideró que NUNCA la pluma impacte el borde exterior de la ZPL con valores superiores a 1000 NMP/100 ml de CF. Por consiguiente, la admisibilidad de las “visitas de la pluma” a la ZPL hasta un 29% del tiempo, constituye un factor de seguridad adicional del diseño.

3.2.- Problemas detectados a la puesta en marcha del proyecto original

a) El problema de los grandes aportes de aguas lluvia

Durante la marcha blanca del emisario y particularmente en períodos de lluvias intensas, se detectó que existían caudales de aguas servidas excesivos, que incluso eran más significativos que los propios caudales de aguas servidas generados por la ciudad de Puerto Montt. Lo anterior, sólo era posible de explicar, por el aporte de aguas lluvia al sistema de colectores de aguas servidas. Cabe mencionar que los caudales promedio de aguas servidas colectadas en ese momento, sin lluvias, eran inferiores a 400 l/s.

Por lo anterior, las aguas servidas crudas entremezcladas con las tratadas y las aguas lluvia, eran admitidas al emisario. Lo anterior produjo diversos efectos, entre los cuales el más importante fue la acumulación paulatina de sedimentos y sólidos flotantes dentro del emisario –lo cual se verificó mediante videos submarinos– y que de una u otra manera, terminaría por obturar el difusor. Este fue quizás, el factor de mayor relevancia ya que nunca se había esperado que el caudal de aguas lluvia aportado fuera de tan influyente y consecuentemente, su aporte de sólidos sedimentables y arenas.

Cabe mencionar que varios colectores importantes de Puerto Montt son colectores unitarios, es decir, transportan aguas servidas y aguas lluvia que colectan a lo largo de todo su trayecto; las cuales no siendo posibles de separar, terminan siendo tratadas en la planta y evacuadas por el

emisario. Durante el proceso de evaluación de impacto ambiental, esta situación supuestamente fue resguardada por el Ministerio de Obras Públicas (MOP), comprometiéndose a dar prioridad a la construcción de algunas obras de drenaje de aguas lluvias, para separar el aporte de aguas lluvia y el sistema de alcantarillado. (RCA Exenta N°1019 del 26/10/2001 y Carta MOP N°2566 del 21/08/2002)

b) El problema de arrastre sedimentario

El problema principal, asociado al ingreso excesivo de aguas lluvia, particularmente a los colectores unitarios, era el arrastre sedimentario que ello provoca, con su consiguiente riesgo de acumulación en el emisario. En efecto, durante la operación normal de la planta, los sólidos y arenas sobre 6 mm eran retenidos en las rejillas y la fracción fina desde 6 mm hacia abajo, era retenida en el desarenador. Lo anterior, se comprueba por el incremento en la cantidad de arenas y sedimentos retirados de las aguas en la planta de tratamiento, como deshecho. Así, cuando las aguas crudas eran incrementadas por las aguas lluvia, la cantidad de sólidos indicados en la Tabla N° 1, eran también porteados hasta el emisario y difusor, quedando atrapados en el extremo del tubo, produciéndose la acumulación de los mismos.

Tabla N° 1
Análisis sedimentario de sedimentos en el emisario

MATERIAL	CANTIDAD	CANTIDAD
Sólidos	0,6125 m ³ /día	980 kg/día
Arenas	0,175 m ³ /día	245 kg/día
Total	0,7875 m ³ /día	1.225 kg/día

Esta fue la causa por la cual se determinó la necesidad de efectuar una modificación al proyecto que diera solución a los problemas planteados. De lo contrario, en cualquier momento, era posible que se produjese una obstrucción, la que aparte de las consecuencias en la ciudad, no era de solución inmediata debido a la profundidad de descarga, como se explicó.

3.3.- Solución de los problemas mediante modificación del proyecto original

La única alternativa plausible era permitir la evacuación de los sedimentos acumulados y evitar que se siguieran acumulando en el tiempo. Eso llevaba a operar el emisario con su extremo abierto por las razones que se explicaron, dejando que la descarga a boca llena, se constituyera como un difusor de mayor diámetro, lo cual permitiría la evacuación de los sedimentos acumulativos provenientes de las aguas lluvias, generando un permanente autolavado. Así, el ducto quedaría con tres difusores, uno de 835 mm y dos de 420mm de diámetro.

Desde el punto de vista sanitario-ambiental, la alternativa de cortar el ducto y descargar a boca llena, no presentaba inconvenientes porque la profundidad de descarga real, a la cual se encontraba el ducto era de 130 m NRS, lo cual permitía tener una gran columna de agua para el proceso de dilución de las aguas tratadas en el cuerpo receptor. Se efectuaron las modelaciones del caso y se comprobó plenamente lo anterior.

Se optó por cortar el ducto en la zona ubicada entre el cabezal de tiro y el primer lastre, con lo cual el ducto quedaría apoyado y estable, permitiéndole además el retiro del cabezal de tiro desde el lugar. Sin embargo, debido al soterramiento del extremo del emisario en el fondo marino, en gran parte por el peso propio del cabezal de tiro instalado, debió seccionarse el ducto a 5 metros del extremo, entre dos lastres, quedando el lastre que quedaría en el emisario, como anclaje para sujeción del extremo del ducto. (Ver Anexo "C" para detalles)

4.- INSPECCION DE INGENIERIA A LAS INSTALACIONES

4.1.- Introducción

Para efectuar un análisis operacional que permita comparar entre la condición actual (proyecto modificado) y la condición original, es necesario conocer y validar la condición operativa actual del emisario, de modo de conocer el estado de los componentes de la planta de tratamiento y del emisario mismo.

4.2.- Planta de Tratamiento Primario

a) Generalidades

Las aguas servidas de Puerto Montt, son recolectadas en la ciudad y mediante plantas elevadoras impulsadas hacia la planta de tratamiento ubicada en Pichipelluco. Aproximadamente un 80% proviene, mediante impulsión, desde la ciudad y el 18% restante descarga gravitacionalmente desde el sector Alerce, mas dos plantas elevadoras de menor caudal (Pelluco y Pichipelluco). Registros puntuales leídos en los flujómetros de la planta, muestran que los caudales totales varían entre 450 y 550 l/s, mientras los caudales de aguas servidas de Alerce se mantienen en torno a 130 l/s.

Una vez en la planta, las aguas servidas pasan por una cámara de rejillas de 6 mm de tamiz, que retiene materiales gruesos en flotación. Posteriormente, las AS pasan por dos unidades de pretratamiento que operan en paralelo, y consisten en un sistema de desarenador-desengrasador, para posteriormente continuar hacia dos sistemas de desbaste de finos de 3 mm dispuestos en paralelo, para finalmente ser derivados hacia la cámara de carga, en forma conjunta a través de un solo ducto. Desde allí son descargadas gravitacionalmente, a través del emisario submarino, al mar. En resumen, el tratamiento de las aguas servidas considera un proceso de eliminación de sólidos gruesos, extracción de sólidos finos (arenas) y la remoción de aceites y grasas por flotación.

b) Calidad del Efluente a la entrada de la Planta (para diseño)

La caracterización de las aguas servidas para diseño, entregadas en las Bases de Licitación¹ fue la siguiente:

Aceites y Grasas	:	200 mg/l
Sólidos Sedimentables	:	150 mg /l
Sólidos Suspendidos totales	:	350 mg/l
NTK	:	84 mg/l
pH	:	7,5
T°	:	10 °C

¹ EIA, pág 43.



Coliformes Fecales	:	1x10 ⁷ NMP/100 ml
DBO5	:	450 mg/l

c) Capacidad de Depuración

La capacidad de depuración se calcula y diseña para el caudal máximo y para determinadas concentraciones; por lo cual, cuando se producen lluvias intensas, si aumenta el caudal de forma sostenida, aumentará con ello el contenido de sólidos, por lo que disminuirá la eficiencia de la planta.

La unidad de desbaste posee una reja de 6 mm de paso, para luego ingresar a la etapa de desarenado, la que, dentro de los caudales previstos en su diseño, considera la siguiente eficiencia:

Sólidos >3 mm	:	Remoción total
DBO5	:	Remoción de aproximadamente de un 15-25%
Sólidos sedimentables y arenas	:	Remoción de un 90% >0,2 mm
Aceites y Grasas	:	Remoción de un 80-90%

d) Tamiz de rejás

La retención de sustancias flotantes, sedimentables y suspendidas del efluente, se realiza en un tamiz fino cuyas características son las siguientes:

- Caudal máximo aguas servidas	:	1270 l/s
- Cantidad máxima de residuos	:	8 l/min (contenido de sólidos base de 15%)
- Paso tamiz de rejás	:	6 mm

Los sólidos retenidos son almacenados en containers para ser llevados a vertedero autorizado.

El estado actual de este equipo es bueno, aunque el paso de 6 mm permite la extrusión de fecas, permitiendo éstas lleguen –vía emisario– al mar, para aflorar en la zona de sacrificio, con el consiguiente impacto visual como se muestra en la Figura N° 3, consistente en la concentración de aves marinas que utilizan este tipo de nutrientes orgánicos, como parte de la dieta alimenticia.

Es por ello que en el año 2010 se recomendó mejorar el tamiz, habilitando una unidad de desbaste complementaria de al menos 3 mm de paso, la cual a la fecha se encuentra instalada y se encuentra operando satisfactoriamente. De igual modo se recomienda mejorar el sistema de flotación de los puentes de desarenado/desgrasado.

Cabe mencionar que la fotografía fue tomada a 30 metros del foco de descarga, desde una embarcación, por lo cual, la condición que muestra es imperceptible desde la costa, a 1000 metros de distancia.



Figura N° 3

Área de mezcla ó sacrificio con aves marinas que utilizan los sólidos flotantes orgánicos, como parte de su dieta, provocando un impacto visual. (Fotografía tomada a 30 metros del foco de descarga)

e) Desarenador

Las características de este equipo son las siguientes:

- Grado de Separación : 90%
- Diámetro de las Arenas : 0,2 mm.
- Velocidad de flujo : 30 cm/s



- Largo desarenador : 16,70 m
- Ancho : 1,80 metros
- Alto : 3,14 m

La evacuación de la arena se realiza mediante un tornillo sinfin elevador. Posteriormente la arena se lava y es dispuesta en contenedores para su disposición final.

f) By-Pass

La planta de tratamiento cuenta con un sistema de by-pass a la planta para eventos catastróficos emergencias.

La planta no cuenta con aliviadero de tormenta o by-pass del emisario, que habría sido lo más adecuado.

g) Análisis y conclusiones

Los datos anteriores indican que existen claras diferencias entre las condiciones planteadas para el diseño y las condiciones reales bajo las cuales debe operar la planta. En efecto, la planta debe retener mayor cantidad de sólidos que los valores de diseño, particularmente en condiciones de lluvia cuando el caudal que ingresa posee un alto contenido de sólidos.

En tal sentido, lo propio habría sido contar con un aliviadero de tormenta en reemplazo del by-pass de la planta; sin embargo, se entiende que esta alternativa no está contemplada en la ley, por tanto, no depende del diseñador, constructor o mandante, pero es una útil herramienta muy utilizada en otros países.

La modificación de proyecto explicada anteriormente, consistente en dejar el emisario descargando a boca llena como un difusor de mayor diámetro, fue adecuada y oportuna, ya que en un cierto lapso de tiempo, el emisario se habría obstruido por acumulación de sólidos. Hoy este riesgo no existe, aunque el arrastramiento sedimentario subsiste.

4.3.- Cámara de Carga

La cámara de carga posee dos compartimientos: uno al interior de la planta y otro en la zona de terreno de playa, ambos comunicados por un ducto de 1000 mm de diámetro.

La primera cámara es parte constitutiva del sistema de tratamiento y recibe las aguas a partir de la canaleta Parshall de medición, en forma gravitacional. La segunda, ubicada en la costa y a la vista, posee una sección rectangular útil de 8,1 m², siendo sus dimensiones de 3,0 por 2,7 metros. La cota de piso interior es de -1,43 metros NRS lo que permite que el emisario esté siempre con agua, lo cual impide el ingreso de aire al sistema. La cota de la losa exterior es de +9,93 metros sobre el NRS, lo que otorga una altura piezométrica de carga útil de 11,36 m. Esta cámara posee una tapa superior de registro, confeccionada en acero de 1 metro de diámetro, la cual se encuentra fija y sellada mediante soldadura.

Ambas cámaras funcionan en forma conjunta de la siguiente manera: La cámara de la costa toma carga según sean las pérdidas del sistema a vencer y el caudal que se esté evacuando. Cuando se requiere mayor carga, comienza a trabajar la segunda cámara, en el interior de la planta. Allí comienza a subir la columna de agua, buscando el punto de equilibrio con las pérdidas.

La cámara de la costa posee un tubo de aireador que sale soterrado hacia planta y se encuentra a la vista, en la arista NE del edificio.

4.4.- Emisario submarino

a) Generalidades

El emisario submarino existente hoy día, fue descrito bastamente en el acápite 3.1.d) y corresponde a la modificación del proyecto original. En un breve resumen, bastaría decir que el ducto mantiene las mismas características que las del proyecto.

La única diferencia entre el proyecto original y el emisario actual es que el difusor descarga por dos portas; una porta en el extremo de 835 mm de diámetro y una segunda porta difusora en la clave superior del tubo, de 420 mm de diámetro y ubicada a 11 metros del extremo.



La instalación fue inspeccionada haciendo uso de la información videográfica existente, como parte de la información técnica que es obligación entregar a la Autoridad Marítima en cumplimiento de la Resolución de Calificación Ambiental.

b) Estado general de la instalación

Inspeccionado el ducto mediante ROV, éste se mantiene según la condición estructural de proyecto; es decir estable, con sus lastres en posición correcta y manteniendo una distancia al fondo marino.

El emisario posee 113 lastres dispuestos a diversas distancias según proyecto, los cuales se encuentran solidarios al ducto mediante pernos. El estado de conservación es muy bueno.

Entre los 38 a 40 metros de profundidad, existe un flange de acoplamiento, atiesado mediante una armadura de acero que se aprecia en buen estado. Este flange fue dejado con el propósito de efectuar futuras reparaciones y/o trabajos desde este punto hacia el extremo, dada la profundidad en que se encuentra este último. La protección que se mantiene instalada no cumple ningún objeto hoy, ya que fue empleada solo para rigidizar la unión en la fase de lanzamiento.

Las coordenadas de dicho punto son:

Coordenada norte: 5.405.829,9 S

Coordenada este: 673.653,2 E

La distancia a este punto desde la cámara de carga en la costa es de 495 metros, considerando un error en la medición de ± 5 metros por el eje del emisario.

A una distancia de 11 metros del extremo, se encuentra un difusor vertical de 420 mm de diámetro, evacuando normalmente. El segundo difusor es el extremo del ducto, descarga a boca llena.

5.- ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO SANITARIO-AMBIENTAL DEL PROYECTO ORIGINAL Y PROYECTO MODIFICADO (ACTUAL)

5.1.- Proyecto original y su diseño ambiental

El proyecto original se inscribía como una descarga fuera de la zona de protección litoral, lo cual significa que de acuerdo al Decreto Supremo N° 90/2000, se aplica la Tabla N° 5 de dicho documento, que no indica para la descarga en aguas marinas, ningún límite de concentración máxima permisible de coliformes fecales, permitiéndose descargar cualquier concentración. Sin embargo, dicha descarga, no debe sobrepasar el límite máximo de 1000 colis NMP/100ml en el límite de la ZPL, en nuestro caso a 100 metros de la costa.

El proyecto original ha sido bastante tratado y analizado en la documentación de Evaluación de Impacto Ambiental, dentro de la cual, los aspectos mas relevantes se pueden resumir en lo expresado en la Adenda N° 3, que describe condiciones altamente conservadoras e irreales, respecto del T_{90} de 12 horas impuesto por CONAMA, que fueron empleados en la modelación de la pluma.

Solo a modo de aclaración, en la bahía de Puerto Montt, los ciclos mareales son el mecanismo forzante principal de las corrientes; es decir, cada 6 horas y fracción, la marea llenante transporta agua de mar hacia el interior de la bahía, mientras que durante la marea vaciante, el agua sale. Por lo tanto, las corrientes marinas que son el flujo de agua generado por las mareas, ya sea vaciante o llenante, invierten su sentido alternativamente cada 6 horas; por lo cual, el empleo de valores de T_{90} tan altos, con una corriente marina en un sentido por mas de 6 horas, no tiene sentido físico.

Aún así, en la Figura N° 4, se representa una de las condiciones extremas del proyecto original considerando un T_{90} de 12 horas y un caudal máximo de diseño de 1270 l/s, donde es posible verificar que se mantiene una franja de seguridad de 200 metros en la costa, considerando que el vector de corrientes máximo de 10 cm/s paralelo a la costa permanentemente.

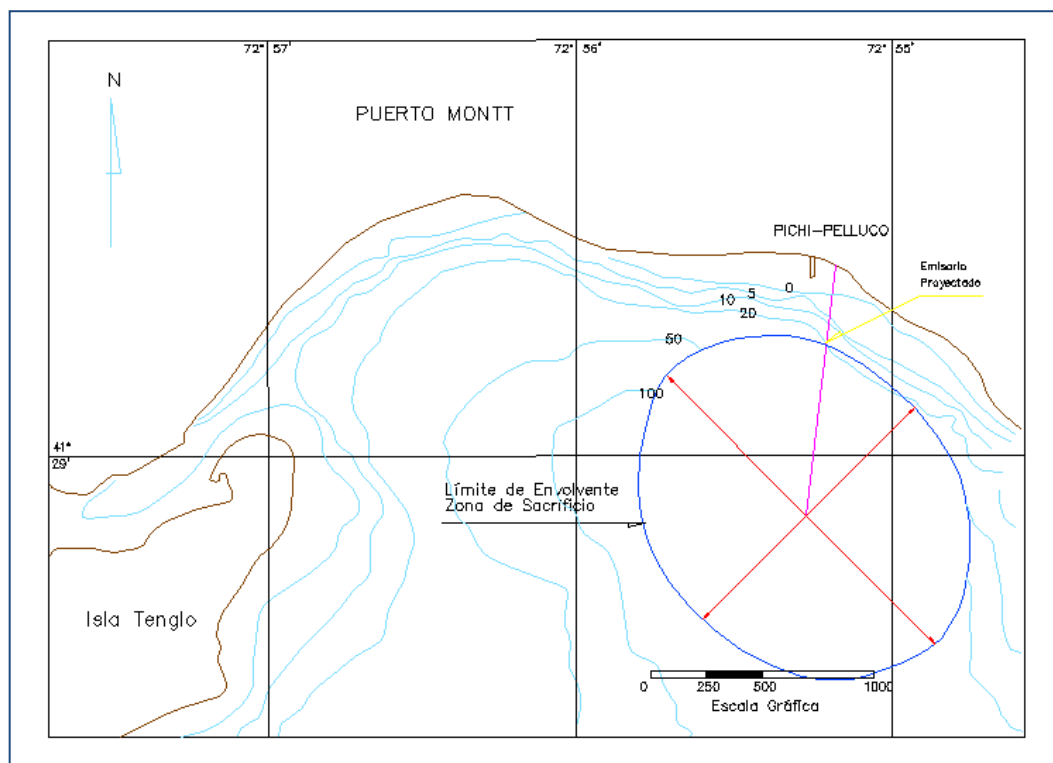


Figura N° 4
Representación del área de sacrificio del proyecto
 (Fuente: EIA, Adenda N° 3)

El mismo análisis fue efectuado para las corrientes provenientes de otros vectores todo lo cual se encuentra en la Adenda N°3 de la RCA.

Respecto de la Evaluación de Impacto Ambiental en su momento, se efectuaron exigencias que requieren algunos comentarios.

El cálculo del T-90 de 12 horas impuesto, fue obtenido a partir de ensayos en botellas cerradas, dispuestas a diferentes profundidades, lo cual es poco realista, porque no considera factores reales que existen en mar abierto e inciden fuertemente en la mortalidad bacteriana, como fagocitismo, floculación y turbulencia entre otros, que explican valores de mortalidad entre un 30 a 40 % mayores. En efecto, en la Tabla N° 6, se muestra el tiempo de decaimiento (T90) de los

coliformes fecales, según el modelo de Mancini², para aguas de mar temperada y fría y compartivamente, se pueden apreciar grandes diferencias respecto de los valores obligados.

Tabla N° 6
T₉₀ Según modelo de Mancini

	Agua de mar templada		Agua de mar fría	
Intensidad solar (ly/hr)	80 ly/hr	40 ly/hr	80 ly/hr	40 ly/hr
Absorción	0,16	0,16	0,16	0,16
Salinidad (psu)	30	30	30	30
Temperatura (°C)	25	25	10	10
Profundidad (m)	T ₉₀ (hr)	T ₉₀ (hr)	T ₉₀ (hr)	T ₉₀ (hr)
Superficie	0,67	1,32	0,69	0,55

Respecto de las corrientes, aunque se utilizarán largos tiempos de decaimiento bacteriano, los máximos medidos para las corrientes marinas muestran valores débiles en general, como se muestra en la tabla adjunta.

Tabla N° 7
Valores de corrientes utilizadas en la modelación

VALORES MEDIOS Y MAXIMOS DE CORRIENTES						
	Superficie		-15 m		- 85 m	
DIRECCION	MEDIA	MAXIMA	MEDIA	MAXIMA	MEDIA	MAXIMA
	(cm/s)	(cm/s)	(cm/s)	(cm/s)	(cm/s)	(cm/s)
N	2,9	6,3	3,8	7,2	2,9	6,3
NE	2,1	3,7	3,3	8,1	2,1	3,7
E	2,1	7,5	3,9	13,9	2,1	7,5
SE	5,0	13,9	4,0	11,9	5,0	13,9
S	4,1	16,2	3,1	8,7	4,1	16,2
SW	2,5	4,3	3,1	7,2	2,5	4,3
W	2,9	6,9	3,9	10,4	2,9	6,9
NW	3,3	6,9	4,5	10,7	3,3	6,9
TOTAL	3,0	16,2	3,0	13,9	3,0	16,2

Por otra parte, el mecanismo forzante de las corrientes marinas, como ya se indicó para el Seno de Reloncaví, es la marea, con amplitudes importantes por sobre los 7 metros. Lo anterior permite verificar que nunca será posible tener una persistencia de la corriente en un mismo sentido, ya que la marea cambia cada 6 horas y fracción, con lo cual al cabo de 12 horas el recorrido neto de una partícula puede ser cercano a “cero”; es decir va y vuelve.

² FRICK, W. et all, MWWDC Conferences, 2002.

En la práctica, se debe considerar también, que cuando las corrientes se acercan a costa son desviadas en forma paralela a la costa, debido a la somerización del fondo marino y la fricción que se genera; a lo anterior, se suma la corriente litoral generada a partir del oleaje y otros fenómenos hidrodinámicos que acentúan el movimiento paralelo a la costa.

En resumen, aún habiéndose exigido condiciones irreales al diseño, el emisario original cumplía con creces la normativa vigente, respetando la Zona de Protección Litoral en un ancho de 100 metros, mas todos los otros aspectos indicados precedentemente, que actúan como factores de seguridad.

5.3- El proyecto modificado y su comportamiento ambiental

La planta de tratamiento y el emisario submarino han permanecido operando bajo la condición de proyecto modificado, por más de dieciocho años, sin existir muestras evidentes de deterioro en su comportamiento sanitario-ambiental. Tal comprobación se ha efectuado, utilizando como laboratorio de verificación, el propio emisario, ya sea a través de los planes de vigilancia ambiental (PVA) que han dado satisfacción a los objetivos dispuestos para ello ó los demás estudios y acciones que ESSAL efectúa, como sistema de control operativo de la propia instalación.

a) Condición actual

Las modificaciones efectuadas al emisario de Puerto Montt fueron debidamente analizadas en el cuerpo principal. La diferencia entre la condición original y la actual es qué en la primera, existían dos portas de 420 mm de diámetro, mientras que actualmente existen dos portas pero de distinto diámetro; una correspondiente al extremo libre de 835 mm y una porta de 420 mm de diámetro.

La condición de operación actual del emisario de Puerto Montt, en la condición de proyecto modificado, es la siguiente:

- Diámetro exterior del ducto : 900 mm
- Diámetro interior del ducto : 834 mm

- Diámetro de portas : 1 de 420 mm
1 de 835 mm
- Caudal autorizado : 1.267 l/s (Caudal utilizado en modelos 1.270 l/s)
- Profundida de descarga : 130 metros

6.- ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE CONDICIÓN OPERACIONAL ORIGINAL Y MODIFICADA

6.1.- Condición de proyecto original

En el acápite anterior, se entregaron los parámetros operacionales de ambas condiciones; es decir, del proyecto original y del proyecto modificado, cual es la condición actual.

Las condiciones de algunas modelaciones exigidas por las autoridades ambientales de la época, si bien no tienen una representación física, aún así, fueron efectuadas y se incluyeron en la Adenda N° 3 del EIA, siendo aprobadas por la respectiva Resolución de Calificación Ambiental (RCA). En la Tabla N° 8 se muestran los resultados de la modelación. Los valores resaltados en amarillo, son concentraciones de coliformes bajo 1000NMP/100ml v/s las distancias del foco, a la cual ocurren.

6.2.- Condición de proyecto modificado (actual)

La condición operacional actual, debe ser mirada bajo diferentes escenarios para comprender exactamente como funciona.

Una primera consideración es que no es posible modelar el comportamiento sanitario-ambiental de emisarios con difusores disímiles geométricamente, al menos con el modelo empleado originalmente, debiéndose hacer esto por tramos o por segmentos de difusor.

En nuestro caso, desde el punto de vista hidráulico en condición de máximo caudal, tenemos que un 80% es evacuado por la porta de mayor diámetro de 835 mm, mientras que el 20% restante es evacuado por la porta de 420 mm de diámetro. Así, para efectos de modelamiento consideraremos que todo el flujo es evacuado por la porta principal (es decir se elimina la porta de menor diámetro para efectos de análisis). Esta condición, aunque irreal es bastante conservadora

y más exigente que la condición actual, ya que consideramos el flujo total y lo hacemos evacuar por una sola porta. Vale decir, nos autoimponemos una condición extrema.

Tabla N° 8
Concentraciones de coliformes fecales a distancia del difusor,
para las distintas condiciones de corriente y simulaciones del modelo 3Plumes

Distancia al foco emisario	Caudal Máximo al 2020 T-90 12 horas			
	Corriente NE	Corriente SE	Corriente SW	Corriente NW
50	49450	50350	49200	50690
100	30260	33990	29410	35870
150	18970	22600	18190	24560
200	12700	15790	12060	17540
250	8920	11490	8399	12980
300	6486	8610	6063	9875
350	4840	6606	4495	7680
400	3688	5162	3405	6077
450	2856	4096	2622	4877
500	2242	3290	2046	3962
550	1780	2670	1616	3249
600	1426	2186	1288	2688
650	1152	1804	1035	2240
700	938	1498	838	1879
750	768	1252	683	1585
800	632	1051	559	1344
850	522	887	460	1144
900	434	752	381	978
950	362	639	316	840
1000	303	546	263	723
1050	255	467	220	624

Fuente: Addenda N° 3 al EIA Emisario Puerto Montt

Sin embargo, siendo el interés de ESSAL, verificar el comportamiento sanitario ambiental del emisario, vale la pena modelar esta condición, para conocer la capacidad antibiótica remanente que posee el emisario actual, cual es no llegar a la ZPL con concentraciones mayores de 1000 NMPcolis/100ml, al igual que el proyecto original evaluado y calificado ambientalmente.

6.3.- Modelamiento

En las Figuras N° A-1 a A-4 del Anexo “A”, se entregan las modelaciones efectuadas con el mismo modelo 3-Plumes de la EPA, utilizado en el EIA. Las condiciones de borde han sido exactamente las mismas que las utilizadas en el modelamiento del proyecto original, de modo de poder efectuar las comparaciones respectivas.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

- Para corrientes al NE y T-90 de 12 horas, la dispersión máxima de la pluma en la dirección mencionada es inferior a 700 metros. (Distancia a la ZPL= 200 m.)
- Para corrientes al SE y T-90 de 12 horas, la dispersión máxima de la pluma en la dirección mencionada es inferior a 900 metros. (Distancia a la ZPL> sobre 3000 m.)
- Para corrientes al SW y T-90 de 12 horas, la dispersión máxima de la pluma en la dirección mencionada es inferior a 750 metros. (Distancia a la ZPL > sobre 3000 m.)
- Para corrientes al NW y T-90 de 12 horas, la dispersión máxima de la pluma en la dirección mencionada es inferior a 950 metros. (Distancia a la ZPL> 3000 m.)

En base a las modelaciones efectuadas y a los resultados mostrados en la Tabla N° 8, se reunieron dichos resultados de ambas modelaciones, en la Tabla N°9, donde es posible comparar, para una misma condición de corriente, las variaciones de distancias al foco de emisión para el emisario original y el emisario modificado.

Cabe insistir que la condición modelada es extremadamente conservadora, tanto por considerar que todo el flujo sale por un solo difusor, equivalente a la descarga a boca llena, como por el T₉₀ empleado.

6.4.- Comparación de la condición Proyecto Original y Proyecto Modificado

La primera observación que surge es que el modelo entrega las distancias al foco de emisión en valores enteros, cada 50 metros, por lo que si se interpola entre ellos podremos obtener valores mas precisos de distancias.

En efecto, en la Tabla N°10, se muestran los valores interpolados, que representan de manera mas exacta los cambios en la pluma bajo la condición modificada.

Así podemos ver, que en todas las orientaciones la pluma crece según la dirección de la corriente y en la magnitud indicada en la Tabla N°10; en 19 metros para corrientes del NE y 57 metros para corrientes del NW y 24 para corrientes del SE. El vector mas importante de corrientes proviene del

SW, es decir contra la costa, donde la pluma crece 6 metros, para la condición modificada. con todas las indicaciones que se efectuaron respecto del modelo. Así, para la condición modificada, con corriente SW, la longitud de la pluma es de 706 metros desde el foco al punto de concentración de 1000 colis NMP/100ml, quedando aún un resguardo de 194 metros hasta la ZPL y 100 metros adicionales hasta la costa.

La condición del emisario descargando con una porta de 835 mm y una de 420 mm., no representa alteraciones importantes desde el punto de vista ambiental. La explicación para entender ambas condiciones es que el caudal máximo vertido a boca llena ó en dos difusores separados 15 metros, no presenta gran diferencia, desde el punto de vista hidráulico y ambiental, respecto del comportamiento de la pluma, ya que el volumen del cuerpo de agua receptor es prácticamente el mismo.

Tabla N° 9
Concentración de coliformes fecales respecto del punto emisor,
para distintas condiciones de corriente y T-90 = 12 horas

Distancia al foco emisario	PROYECTO ORIGINAL				PROYECTO MODIFICADO (actual)			
	Caudal Máximo al 2020 T-90 12 horas				Caudal Máximo al 2020 T-90 12 horas			
	Corriente NE	Corriente SE	Corriente SW	Corriente NW	Corriente NE	Corriente SE	Corriente SW	Corriente NW
50	49450	50350	49200	50690	63630	64260	63440	64490
100	30260	33990	29410	35870	39050	43690	37990	46000
150	18970	22600	18190	24560	24110	28660	23130	31120
200	12700	15790	12060	17540	15980	19840	15170	22030
250	8920	11490	8399	12980	11140	14330	10490	16190
300	6486	8610	6063	9875	8056	10690	7532	12260
350	4840	6606	4495	7680	5988	8169	5563	9498
400	3688	5162	3405	6077	4548	6364	4199	7491
450	2856	4096	2622	4877	3514	5036	3226	5996
500	2242	3290	2046	3962	2752	4037	2515	4860
550	1780	2670	1616	3249	2181	3270	1980	3979
600	1426	2186	1288	2688	1745	2674	1576	3287
650	1152	1804	1035	2240	1408	2203	1265	2735
700	938	1498	838	1879	1144	1828	1023	2292
750	768	1252	683	1585	935	1526	832	1931
800	632	1051	559	1344	769	1280	681	1635
850	522	887	460	1144	635	1079	560	1391
900	434	752	381	978	528	913	463	1189
950	362	639	316	840	440	776	384	1019
1000	303	546	263	723	368	661	319	877
1050	255	467	220	624	309	566	267	757
1100	214	401	184	540	260	485	223	654
1150	181	345	155	469	219	417	188	568
1200	153	297	131	408	185	360	158	494

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 10
Distancia al foco para concentración de coliformes fecales de 1000 NMP/100ml,
para distintas condiciones de corriente y T-90 = 12 horas
(Valores interpolados)

	PROYECTO ORIGINAL				PROYECTO MODIFICADO (actual)			
	Caudal Máximo al 2020 T-90 12 horas				Caudal Máximo al 2020 T-90 12 horas			
	Corriente NE	Corriente SE	Corriente SW	Corriente NW	Corriente NE	Corriente SE	Corriente SW	Corriente NW
Distancia al foco emisario	700	850	700	900	750	900	750	950
Distancia al foco interpolado					719	874	706	950
Aumento del radio	19	24	6	50				

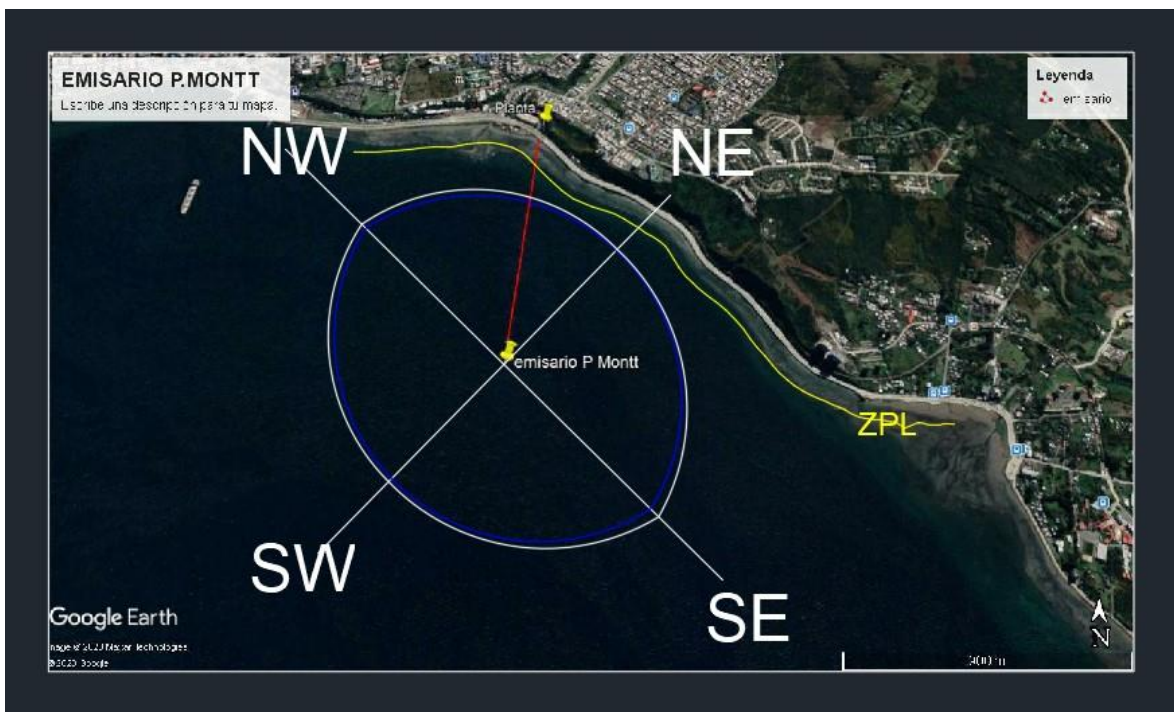


Figura N° 5. Esquema gráfico de la Tabla N° 10. La curva azul muestra la zona de sacrificio bajo la condición original y la curva blanca bajo la condición actual.

La figura anterior, muestra la zona de mezcla total, donde solo una parte es empleada como zona de sacrificio, ya que la pluma dispersiva rota en torno al punto de emisión, ya que va adoptando diversas posiciones, cambiantes en el tiempo, según las corrientes, vientos, olas y demás parámetros oceanográficos. En el caso del proyecto original, la zona de mezcla (envuelta por la

línea azul) posee una superficie de 1,82 km², para un T₉₀ de 12 horas, mientras que la zona de mezcla para el proyecto modificado (actual) se incrementa en un 6,5%, quedando de una superficie de 2,94 km². de área posible de emplear por la plumara en algunas de cualquiera de las posiciones que podría adoptar.

A modo de aclaración, en la Figura N°6, se muestra la zona de mezcla con una de las plumas dispersivas cualquiera que podría ocurrir. En este caso usamos la corriente proveniente del NW. Vemos primero, que el área realmente ocupada por la pluma (área de sacrificio) es bastante más pequeña que el área de mezcla, para ambos casos de proyecto tanto original como actual. En este caso, solo difieren en el extremo de la pluma porque para el emisario modificado, esta se extiende 50 metros más allá del mismo límite que para el caso original. Lo mismo ocurre para las demás posiciones de la pluma solo que en magnitudes menores aún. En el caso de la corriente contra la costa (del SW), solo crece en 6 metros y en un área bastante mas pequeña, que el ejemplo mostrado.

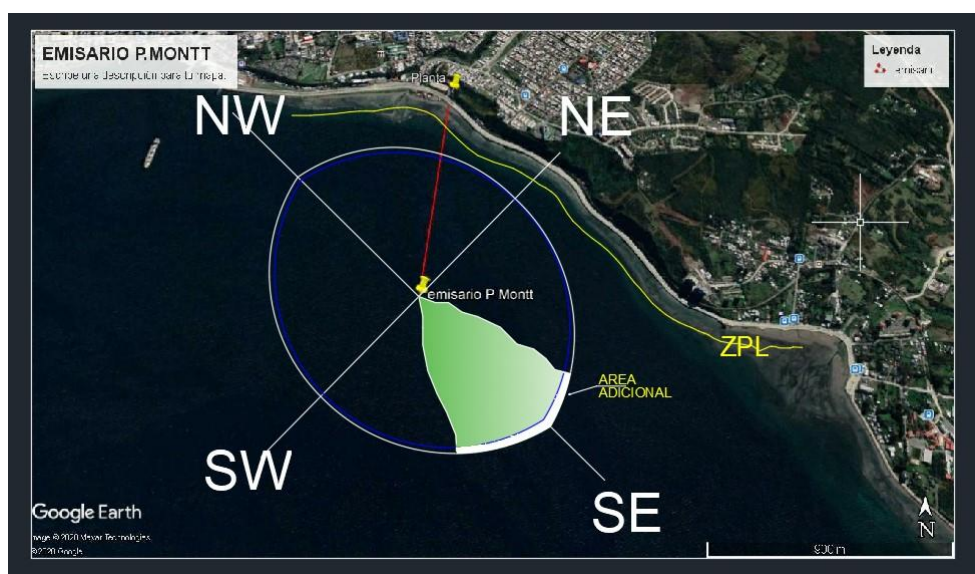


Figura N°6. Incremento real del área de sacrificio de una pluma cualquiera

Ahora bien, desde el punto de vista metodológico, solo la dilución inicial constituye la diferencia entre el proyecto original y modificado, ya que luego de mezclarse las plumas en el camino a superficie ó al permanecer atrapadas, éstas comienzan a depender de la dispersión de campo lejano, con lo cual el comportamiento en ambas condiciones es similar.

El beneficio de la solución adoptada, como lo hemos dicho, lo constituye el proceso de autolavado permanente que existe en el emisario, considerando el mayor escurrimiento de arena y sedimentos durante períodos de lluvias intensas, donde todos los sedimentos y sólidos que son arrastrados e introducidos al emisario, ahora no quedan atrapados en el interior de éste, desapareciendo el riesgo de obturación inminente que existía en el proyecto original.

Cabe mencionar como ejemplo, que el emisario de Concón se bloqueó por arrastres sedimentarios en condiciones de lluvia, los que se fueron depositando en el interior del ducto además de todos los sólidos propios de las aguas servidas, cuando se abría el by-pass, descargando directo al emisario. El resultado fue la obstrucción de 8 difusores de 10 (30 metros de difusor), con lo cual el rebalse en la ciudad fue catastrófico. Cabe mencionar que la profundidad del difusor es de 18 metros y fue necesario desacoplar el difusor para efectuar los trabajos necesarios. El tiempo de ejecución fue de 15 días.

6.5.- Alternativas aplicables

Aún cuando no existe una superación de las condiciones ambientales de la concentración permitida de 1000 colis /100ml en el borde exterior de la ZPL, se efectúa el ejercicio de verificar a que caudal actual, sería posible mantener la condición de proyecto original, en términos de zona de mezcla. Para lo anterior, hemos modelado tal situación, resultando que para obtener las mismas condiciones de distancia del foco a la ZPL, se requiere restringir el caudal máximo permitido a 1200 l/s como flujo de emisión, con lo cual se obtienen las mismas condiciones del proyecto original, bajo la condición actual.

Esta alternativa, permite conciliar lo indicado en la RCA para el proyecto original, respecto del proyecto modificado. La modelación se adjunta en el Anexo "B".

7.- CONDICION CON CAUDALES ACTUALES

Se ha mencionado anteriormente que en la actualidad el emisario opera con caudales de aguas servidas variables entre 450 y 550 l/s. Este valor bastante por debajo de la condición de diseño nos lleva a calcular las velocidades dentro del emisario. En efecto, con un caudal de 450 l/s, obtenemos una velocidad de 0,8 m/s, muy cercana a la velocidad límite para comenzar la decantación que es 0,6 m/s. Por lo tanto, con absoluta certeza, durante la noche, cuando los caudales disminuyen significativamente, el emisario opera con velocidades menores de 0,6 m/s, por lo cual existe decantación sedimentaria al interior del ducto. Luego, gracias a la solución adoptada quince años atrás, de modificar el emisario dejando descarga a boca llena, hoy es posible alegrarse de que no exista riesgo de obstrucción, aún cuando la condición de decantación existe, permanentemente.

8.- COMENTARIOS FINALES

Los comentarios se han ido desarrollando a través de cada acápite tratado, no siendo necesario volver sobre ellos.

Sin embargo, es necesario hacer hincapié en que el emisario submarino de Puerto Montt ha operado satisfactoriamente por mas de dieciocho años y a juzgar por los caudales actuales, seguirá prestando servicios a la comunidad por mucho tiempo más.

Es posible que sigan existiendo diferencias de opinión teóricas, con respecto a su funcionamiento sanitario-ambiental, pero en la práctica, sigue siendo –a juicio del ingeniero que suscribe– uno de los emisarios con un índice de fallas casi nulo; y ante cualquier duda sobre su operación, ahí está instalado, para servir de laboratorio y efectuar *in situ* todas las pruebas de campo que sean necesarias, para mantener la confiabilidad en la instalación.

Finalmente, el hecho de mayor trascendencia ha sido la protección que se ha otorgado a la ciudad, respecto de una eventual obturación del ducto, ya que hoy día, la condición actual del



emisario modificado, no lo permite. Tal condición no es menor, considerando la alta pluviometría de la zona y por ende, el arrastre sedimentario asociado.

Pedro Campos A.

Ing. Naval Mecánico APN, MSc.



ANEXO “A”

MODELACIONES EFECTUADAS AL PROYECTO MODIFICADO

Figura A-1

ERL-N PROGRAM PLUMES, Ed 3, 3/11/94							
CAUDAL MÁXIMO PERIODO PREVISION, T90-12 HRS							
CORRIENTE AL NE							
tot flow	# ports	port flow	spacing	effl sal	effl temp	far inc	far dis
1.27	1	1.270	15	0.0	18	50	1200
port dep	port dia	plume dia	total vel	horiz vel	vertl vel	asp coeff	print frq
130	0.843	0.6638	3.670	3.670	0.000	0.10	500
port elev	ver angle	cont coef	effl den	poll conc	decay	Froude #	Roberts F
0.1	0	0.62	-134.102	1.00E+07	4.605	8.621	0.0001460
hor angle	red space	p amb den	p current	far dif	far vel	K:vel/cur	Stratif #
90	15.00	264.621	0.01500	0.000453	0.025	244.7	0.0003389

depth	current	density	salinity	temp	amb conc	N (freq)	red grav.
0	0.1	246.167	30.8	2.322	0	0.01165	0.2730
10	0.1	238.124	31.36	11.887	0	buoy flux	puff-ther
20	0.05	256.940	33.754	11.739	0	0.02312	16.10
30	0.05	261.216	34.198	11.289	0	jet-plume	jet-cross
40	0.035	261.700	34.226	11.143	0	5.387	143.9
50	0.041	262.619	34.342	11.133	0	plu-cross	jet-strat
70	0.041	263.729	34.462	11.035	0	102700	13.62
90	0.03	264.283	34.530	11.021	0	plu-strat	
100	0.015	264.477	34.550	11.00	0	21.65	
130	0.015	264.621	34.550	10.92	0	hor dis>=	

CORMIX1 flow category algorithm is turned off.

UM INITIAL DILUTION CALCULATION (nonlinear mode)

plume dep	plume dia	poll conc	dilution	hor dis
m	m	m		
130.0	0.6638	10000000	1.000	0.000
130.0	0.6660	9931000	1.007	0.01120
105.2	10.08	311600	31.16	20.85
84.25	15.12	156500	61.86	25.30
36.40	28.96	78830	122.0	32.89
17.89	59.05	66070	145.1	36.49

-> bottom hit
-> merging
-> trap level
-> begin overlap

FARFIELD CALCULATION (based on Brooks, 1960, see guide)

Farfield dispersion based on wastefield width of 59.05m

--4/3 Power Law--		-Const Eddy Diff-		distance m	time sec	time hrs
conc	dilution	conc	dilution			
63630	146.4	63860	145.9	50.00	540.3	0.2
39050	216.3	46450	181.2	100.0	2540	0.7
24110	316.8	34700	218.9	150.0	4540	1.3
15980	431.1	27170	251.8	200.0	6540	1.8
11140	556.9	21910	281.2	250.0	8540	2.4
8056	693.1	18010	307.8	300.0	10540	2.9
5988	839.1	15010	332.4	350.0	12540	3.5
4548	993.7	12630	355.3	400.0	14540	4.0
3514	1157.0	10710	376.9	450.0	16540	4.6
2752	1328.4	9137	397.3	500.0	18540	5.2
2181	1507.5	7835	416.7	550.0	20540	5.7
1745	1694.0	6746	435.2	600.0	22540	6.3
1408	1887.6	5828	453.0	650.0	24540	6.8
1144	2088.1	5049	470.1	700.0	26540	7.4
935.9	2295.2	4386	486.6	750.0	28540	7.9
769.7	2508.8	3818	502.6	800.0	30540	8.5
635.9	2730.1	3330	518.1	850.0	32540	9.0
528.0	2956.1	2910	533.1	900.0	34540	9.6
440.1	3188.0	2546	547.7	950.0	36540	10.2
368.2	3425.7	2231	561.9	1000	38540	10.7
309.0	3669.0	1958	575.8	1050	40540	11.3
260.2	3917.8	1720	589.4	1100	42540	11.8
219.6	4172.0	1512	602.6	1150	44540	12.4
185.9	4431.5	1331	615.6	1200	46540	12.9



Figura A-2

ERL-N PROGRAM PLUMES, Ed 3, 3/11/94							
CAUDAL MÁXIMO PERIODO PREVISION, T90-12 HRS							
CORRIENTE AL NW							
tot flow 1.27	# ports 1	port flow 1.270	spacing 15	effl sal 0.0	effl temp 18	far inc 50	far dis 1200
port dep 130	port dia 0.843	plume dia 0.6638	total vel 3.670	horiz vel 3.670	vertl vel 0.000	asp coeff 0.10	print frq 500
port elev 0.1	ver angle 0	cont coef 0.62	effl den -134.102	poll conc 1.00E+07	decay 4.605	Froude # 8.621	Roberts F 0.0001460
hor angle 90	red space 15.00	p amb den 264.621	p current 0.01500	far dif 0.000453	far vel 0.033	K:vel/cur 244.7	Stratif # 0.0003389
depth	current	density	salinity	temp	amb conc	N (freq)	red grav.
0	0.1	246.167	30.8	2.322	0	0.01165	0.2730
10	0.1	238.124	31.36	11.887	0	buoy flux	puff-ther
20	0.05	256.940	33.754	11.739	0	0.02312	16.10
30	0.05	261.216	34.198	11.289	0	jet-plume	jet-cross
40	0.035	261.700	34.226	11.143	0	5.387	143.9
50	0.041	262.619	34.342	11.133	0	plu-cross	jet-strat
70	0.041	263.729	34.462	11.035	0	102700	13.62
90	0.03	264.283	34.530	11.021	0	plu-strat	
100	0.015	264.477	34.550	11.00	0	21.65	
130	0.015	264.621	34.550	10.92	0	hor dis>=	
CORMIX1 flow category algorithm is turned off.							
UM INITIAL DILUTION CALCULATION (nonlinear mode)							
plume dep	plume dia	poll conc	dilution	hor dis			
m	m	m					
130.0	0.6638	10000000	1.000	0.000			
130.0	0.6660	9931000	1.007	0.01120	->	bottom hit	
105.2	10.08	311600	31.16	20.85			
84.25	15.12	156500	61.86	25.30	->	merging	
36.40	28.96	78830	122.0	32.89	->	trap level	
17.89	59.05	66070	145.1	36.49	->	begin overlap	
FARFIELD CALCULATION (based on Brooks, 1960, see guide)							
Farfield dispersion based on wastefield width of					59.05m		
--4/3 Power Law--		-Const Eddy Diff-		distance m	time sec	time hrs	
conc	dilution	conc	dilution				
64490	145.4	64550	145.3	50.00	409.4	0.1	
46000	189.3	51450	168.8	100.0	1925	0.5	
31120	259.5	40440	198.8	150.0	3440	1.0	
22030	339.4	32880	226.1	200.0	4955	1.4	
16190	426.9	27390	250.7	250.0	6470	1.8	
12260	521.0	23210	273.3	300.0	7985	2.2	
9498	621.0	19900	294.3	350.0	9500	2.6	
7491	727.0	17230	313.8	400.0	11020	3.1	
5996	838.4	15020	332.3	450.0	12530	3.5	
4860	954.6	13170	349.8	500.0	14050	3.9	
3979	1076.0	11600	366.5	550.0	15560	4.3	
3287	1202.1	10260	382.5	600.0	17080	4.7	
2735	1332.8	9101	397.8	650.0	18590	5.2	
2292	1468.0	8098	412.5	700.0	20110	5.6	
1931	1607.4	7223	426.8	750.0	21620	6.0	
1635	1751.0	6456	440.6	800.0	23140	6.4	
1391	1898.6	5781	453.9	850.0	24650	6.8	
1189	2050.2	5185	466.9	900.0	26170	7.3	
1019	2205.6	4658	479.6	950.0	27680	7.7	
877.2	2364.7	4190	491.9	1000	29200	8.1	
757.1	2527.5	3773	504.0	1050	30710	8.5	
654.9	2695.3	3402	515.7	1100	32230	9.0	
568.3	2865.2	3070	527.1	1150	33740	9.4	
494.4	3038.6	2773	538.4	12			

FiguraA-3

ERL-N PROGRAM PLUMES, Ed 3, 3/11/94							
CAUDAL MÁXIMO PERIODO PREVISION, T90-12 HRS							
CORRIENTE AL SE							
tot flow	# ports	port flow	spacing	effl sal	effl temp	far inc	far dis
1.27	1	1.270	15	0.0	18	50	1200
port dep	port dia	plume dia	total vel	horiz vel	vertl vel	asp coeff	print frq
130	0.843	0.6638	3.670	3.670	0.000	0.10	500
port elev	ver angle	cont coef	effl den	poll conc	decay	Froude #	Roberts F
0.1	0	0.62	-134.102	1.00E+07	4.605	8.621	0.0001460
hor angle	red space	p amb den	p current	far dif	far vel	K:vel/cur	Stratif #
90	15.00	264.621	0.01500	0.000453	0.03	244.7	0.0003389
depth	current	density	salinity	temp	amb conc	N (freq)	red grav.
0	0.1	246.167	30.8	2.322	0	0.01165	0.2730
10	0.1	238.124	31.36	11.887	0	buoy flux	puff-ther
20	0.05	256.940	33.754	11.739	0	0.02312	16.10
30	0.05	261.216	34.198	11.289	0	jet-plume	jet-cross
40	0.035	261.700	34.226	11.143	0	5.387	143.9
50	0.041	262.619	34.342	11.133	0	plu-cross	jet-strat
70	0.041	263.729	34.462	11.035	0	102700	13.62
90	0.03	264.283	34.530	11.021	0	plu-strat	
100	0.015	264.477	34.550	11.00	0	21.65	
130	0.015	264.621	34.550	10.92	0	hor dis>=	
CORMIX1 flow category algorithm is turned off.							
UM INITIAL DILUTION CALCULATION (nonlinear mode)							
plume dep	plume dia	poll conc	dilution	hor dis			
m	m	m					
130.0	0.6638	10000000	1.000	0.000			
130.0	0.6660	9931000	1.007	0.01120	->	bottom hit	
105.2	10.08	311600	31.16	20.85			
84.25	15.12	156500	61.86	25.30	->	merging	
36.40	28.96	78830	122.0	32.89	->	trap level	
17.89	59.05	66070	145.1	36.49	->	begin overlap	
FARFIELD CALCULATION (based on Brooks, 1960, see guide)							
Farfield dispersion based on wastefield width of					59.05m		
--4/3 Power Law--		-Const Eddy Diff-		distance	time	time	
conc	dilution	conc	dilution	m	sec	hrs	
64260	145.7	64350	145.4	50.00	450.3	0.1	
43690	197.4	49800	172.7	100.0	2117	0.6	
28660	276.9	38480	205.2	150.0	3784	1.1	
19840	367.2	30900	234.4	200.0	5450	1.5	
14330	466.3	25470	260.6	250.0	7117	2.0	
10690	572.9	21380	284.5	300.0	8784	2.4	
8169	686.8	18160	306.7	350.0	10450	2.9	
6364	807.4	15580	327.3	400.0	12120	3.4	
5036	934.1	13470	346.8	450.0	13780	3.8	
4037	1066.9	11710	365.3	500.0	15450	4.3	
3270	1205.6	10220	382.9	550.0	17120	4.8	
2674	1349.7	8966	399.7	600.0	18780	5.2	
2203	1499.2	7889	415.8	650.0	20450	5.7	
1828	1653.9	6961	431.3	700.0	22120	6.1	
1526	1813.5	6157	446.3	750.0	23780	6.6	
1280	1978.0	5458	460.8	800.0	25450	7.1	
1079	2147.2	4847	474.9	850.0	27120	7.5	
913.6	2320.9	4312	488.6	900.0	28780	8.0	
776.4	2499.1	3842	501.9	950.0	30450	8.5	
661.8	2683.0	3427	514.9	1000	32120	8.9	
566.2	2869.9	3062	527.5	1050	33780	9.4	
485.8	3060.9	2738	539.8	1100	35450	9.8	
417.9	3255.9	2451	551.8	1150	37120	10.3	
360.4	3455.0	2196	563.6	1200	38780	10.8	

Figura A-4

ERL-N PROGRAM PLUMES, Ed 3, 3/11/94							
CAUDAL MÁXIMO PERIODO PREVISION, T90-12 HRS							
CORRIENTE AL SW							
tot flow 1.27	# ports 1	port flow 1.270	spacing 15	effl sal 0.0	effl temp 18	far inc 50	far dis 1200
port dep 130	port dia 0.843	plume dia 0.6638	total vel 3.670	horiz vel 3.670	vertl vel 0.000	asp coeff 0.10	print frq 500
port elev 0.1	ver angle 0	cont coef 0.62	effl den -134.102	poll conc 1.00E+07	decay 4.605	Froude # 8.621	Roberts F 0.0001460
hor angle 90	red space 15.00	p amb den 264.621	p current 0.01500	far dif 0.000453	far vel 0.024	K:vel/cur 244.7	Stratif # 0.0003389
depth	current	density	salinity	temp	amb conc	N (freq)	red grav.
0	0.1	246.167	30.8	2.322	0	0.01165	0.2730
10	0.1	238.124	31.36	11.887	0	buoy flux	puff-ther
20	0.05	256.940	33.754	11.739	0	0.02312	16.10
30	0.05	261.216	34.198	11.289	0	jet-plume	jet-cross
40	0.035	261.700	34.226	11.143	0	5.387	143.9
50	0.041	262.619	34.342	11.133	0	plu-cross	jet-strat
70	0.041	263.729	34.462	11.035	0	102700	13.62
90	0.03	264.283	34.530	11.021	0	plu-strat	
100	0.015	264.477	34.550	11.00	0	21.65	
130	0.015	264.621	34.550	10.92	0	hor dis>=	
CORMIX1 flow category algorithm is turned off.							
UM INITIAL DILUTION CALCULATION (nonlinear mode)							
plume dep m	plume dia m	poll conc m	dilution	hor dis			
130.0	0.6638	10000000	1.000	0.000			
130.0	0.6660	9931000	1.007	0.01120	->	bottom hit	
105.2	10.08	311600	31.16	20.85			
84.25	15.12	156500	61.86	25.30	->	merging	
36.40	28.96	78830	122.0	32.89	->	trap level	
17.89	59.05	66070	145.1	36.49	->	begin overlap	
FARFIELD CALCULATION (based on Brooks, 1960, see guide)							
Farfield dispersion based on wastefield width of					59.05m		
--4/3 Power Law-- conc	dilution	-Const Eddy Diff-- conc	dilution	distance m	time sec	time hrs	
63440	146.7	63710	146.0	50.00	562.9	0.2	
37990	221.2	45660	183.3	100.0	2646	0.7	
23130	327.0	33850	222.2	150.0	4730	1.3	
15170	447.6	26350	256.0	200.0	6813	1.9	
10490	580.4	21130	286.1	250.0	8896	2.5	
7532	724.4	17290	313.4	300.0	10980	3.0	
5563	878.5	14330	338.5	350.0	13060	3.6	
4199	1042.3	12010	362.0	400.0	15150	4.2	
3225	1215.1	10130	384.1	450.0	17230	4.8	
2512	1396.6	8606	404.9	500.0	19310	5.4	
1980	1586.4	7346	424.7	550.0	21400	5.9	
1576	1784.0	6295	443.6	600.0	23480	6.5	
1265	1989.3	5414	461.8	650.0	25560	7.1	
1023	2201.8	4670	479.3	700.0	27650	7.7	
832.7	2421.5	4038	496.2	750.0	29730	8.3	
681.2	2649.4	3499	512.5	800.0	31810	8.8	
560.3	2882.6	3039	528.3	850.0	33900	9.4	
463.0	3122.4	2643	543.6	900.0	35980	10.0	
384.1	3368.4	2303	558.6	950.0	38060	10.6	
319.8	3620.6	2009	573.1	1000	40150	11.2	
267.2	3878.8	1754	587.3	1050	42230	11.7	
223.9	4142.9	1534	601.1	1100	44310	12.3	
188.1	4412.6	1343	614.7	1150	46400	12.9	
158.5	4688.0	1177	627.9	1200	48480	13.5	



ANEXO “B”
MODELACION EFECTUADA AL PROYECTO MODIFICADO PARA CUMPLIR
CON LA ZONA DE MEZCLA DEL PROYECTO ORIGINAL



Figura B-1

Nov 17, 2020, 21:14: 0 ERL-N PROGRAM PLUMES, Ed 3, 3/11/94 Case: 1 of 2
 Title EMISARIO PUERTO MONTT 2020 nonlinear
 tot flow # ports port flow spacing effl sal effl temp far inc far dis
 1.2 1 1.200 2.500 0 18 50 1200
 port dep port dia plume dia total vel horiz vel vertl vel asp coeff print frq
 130 0.835 0.6575 3.534 3.534 0.000 0.10 500
 port elev ver angle cont coef effl den poll conc decay Froude # Roberts F
 0.1 0 0.62 -1.34102 1E7 4.605 8.342 0.00002575
 hor angle red space p amb den p current far dif far vel K:vel/cur Stratif #
 90 2.5 26.4621 0.01500 0.000453 0.025 235.6 0.0003357
 depth current density salinity temp amb conc N (freq) red grav.
 0 0.1 24.6167 30.8 2.322 0 0.01165 0.2730
 10 0.1 23.8124 31.36 11.887 0 buoy flux puff-ther
 20 0.05 25.6940 33.754 11.739 0 0.1311 15.41
 30 0.05 26.1216 34.198 11.289 0 j et-plume jet-cross
 40 0.035 26.1700 34.226 11.143 0 5.163 137.3
 50 0.041 26.2619 34.342 11.133 0 plu-cross jet-strat
 70 0.041 26.3729 34.462 11.035 0 97080 13.30
 90 0.03 26.4283 34.530 11.021 0 plu-strat
 100 0.004572 26.4477 34.550 11 0 21.34
 130 0.015 26.4621 34.550 10.92 0 hor dis>=

CORMIX1 flow category algorithm is turned off.

1E6 0 to any range
 Help: F1. Quit: <esc>. Configuration:ATNO0. FILE: sandis.var;
 UM INITIAL DILUTION CALCULATION (nonlinear mode)
 plume dep plume dia poll conc dilution hor dis
 m m m
 130.0 0.6575 1000000 1.000 0.000

 130.0 0.6597 993100 1.007 0.01109 -> bottom hit
 129.5 2.524 251700 3.891 4.708 -> bottom hit -> merging
 60.74 18.21 31090 31.16 31.35
 19.49 29.56 20880 46.25 37.37 -> trap level
 6.204 53.75 18670 51.68 39.69 -> surface hit

FARFIELD CALCULATION (based on Brooks, 1960, see guide)

Farfield dispersion based on wastefield width of 53.75m

--4/3 Power Law-- -Const Eddy Diff-
 conc dilution conc dilution distance Time
 m sec hrs
 18200 51.9 18220 51.8 50.00 412.3 0.1
 11040 77.5 13170 64.7 100.0 2412 0.7
 6679 115.9 9749 78.9 150.0 4412 1.2
 4369 159.7 7596 91.3 200.0 6412 1.8
 3020 208.2 6109 102.2 250.0 8412 2.3
 2170 260.7 5012 112.1 300.0 10410 2.9
 1606 317.1 4170 121.2 350.0 12410 3.4
 1215 377.0 3506 129.7 400.0 14410 4.0
 935.4 440.2 2970 137.7 450.0 16410 4.6
 730.8 506.7 2533 145.2 500.0 18410 5.1
 577.9 576.2 2171 152.4 550.0 20410 5.7
 461.6 648.7 1868 159.2 600.0 22410 6.2
 371.9 723.9 1613 165.8 650.0 24410 6.8
 301.8 801.9 1397 172.1 700.0 26410 7.3
 246.6 882.4 1213 178.2 750.0 28410 7.9
 202.5 966.0 1056 184.1 800.0 30410 8.4
 167.2 1051.6 921.0 189.8 850.0 32410 9.0
 138.7 1139.6 804.5 195.3 900.0 34410 9.6
 115.5 1229.9 703.9 200.7 950.0 36410 10.1
 96.60 1322.5 616.7 206.0 1000 38410 10.7
 81.03 1417.3 541.0 211.1 1050 40410 11.2
 68.18 1514.2 475.2 216.1 1100 42410 11.8
 57.52 1613.3 417.7 221.0 1150 44410 12.3
 48.66 1714.4 367.6 2



ANEXO “C”
METODOLOGÍA EMPLEADA PARA MODIFICAR EL DIFUSOR
DEL EMISARIO DE PUERTO MONTT

1.- INTRODUCCIÓN

El emisario de Puerto Montt, presentó durante la puesta en marcha, ciertas características, que indicaban un posible embancamiento del difusor, debido al arrastre sedimentario, propio de las aguas lluvia, que ingresan al sistema.

El presente anexo, da cuenta de la metodología empleada para resolver el problema.

2.- METODOLOGIA DE TRABAJO

La metodología definida, se basa en el estudio de factibilidad de diversas alternativas, tanto técnicas como económicas. Sin embargo, se eligió el corte del ducto, mediante un cable abrasivo, lo cual otorgaba seguridad a la realización del trabajo, a un costo razonable y con la factibilidad de ser efectuado con medios existentes en el país.

Se determinó cortar el ducto en la zona descubierta entre el cabezal de tiro y el primer lastre, con lo cual el ducto quedaba apoyado y estable, permitiéndose además el retiro del cabezal de tiro desde el lugar.

La metodología se muestra gráficamente en los esquemas adjuntos al presente informe y básicamente requirió de las siguientes acciones:

- Instalación de un cable para retenida a través del cabezal de tiro, aun instalado.
- Instalación de un cable para maniobras por debajo del emisario en el punto de corte. Este permitió guiar hasta el tubo, el cable abrasivo y los demás elementos.
- Instalación del sistema de retorno del cable abrasivo, mediante un flotador exterior.
- Aplicación de tensión al extremo mediante retenida del cabezal de tiro.
- Inicio del corte simultáneamente con un incremento del levante del extremo para disminuir el roce del cable abrasivo con el material HDPE.
- Afloramiento del flotador de apoyo en superficie será el indicador del término del trabajo
- Movilización del cabezal de tiro desde el extremo del emisario hacia un costado.
- Retiro de materiales y embarcaciones

3.- ALGUNAS CONSIDERACIONES ADICIONALES

El desarrollo de la solución no estuvo exento de problemas, ya que efectuar el corte de un ducto a 130 metros de profundidad no es trivial. Básicamente se trabajó con técnicas de trabajo utilizadas en las plataformas petroleras, sin intervención de buceadores, operando desde superficie, con el apoyo de un ROV, como se muestra en las figuras del informe.

Durante la fase inicial del trabajo, se verificó el embancamiento interior que existía en el extremo del ducto ya que ambos snorkels instalados en el cabezal de tiro y utilizados en la fase de lanzamiento, se encontraban obturados, sin mostrar evacuación de aguas servidas.

El último difusor ubicado a 5 metros del extremo, mostraba una pluma de menor intensidad que el difusor ubicado mas a tierra, el cual evidenciaba una descarga de menor flujo, lo que indicaba un obturamiento parcial, típico en este tipo de instalaciones.

Por otra parte, el cabezal de tiro actuaba como lastre en el extremo del difusor, por lo que el ducto estaba semisoterrado en el extremo, razón por la cual hubo que desplazar hacia tierra el punto de corte. Esto significó retirar el primer difusor también.

4.- RESULTADOS

Al cabo de una semana de trabajo, se había avanzado con el corte del ducto en un 60%. Ambas paredes tanto al comienzo como al final son las de mayor espesor al paso del cable por lo que también demora mas en cortar. Finalmente al cabo de 10 días, se retiró el cabezal de tiro con un tramo de 5 metros de ducto, siendo llevados a tierra y desarmados.

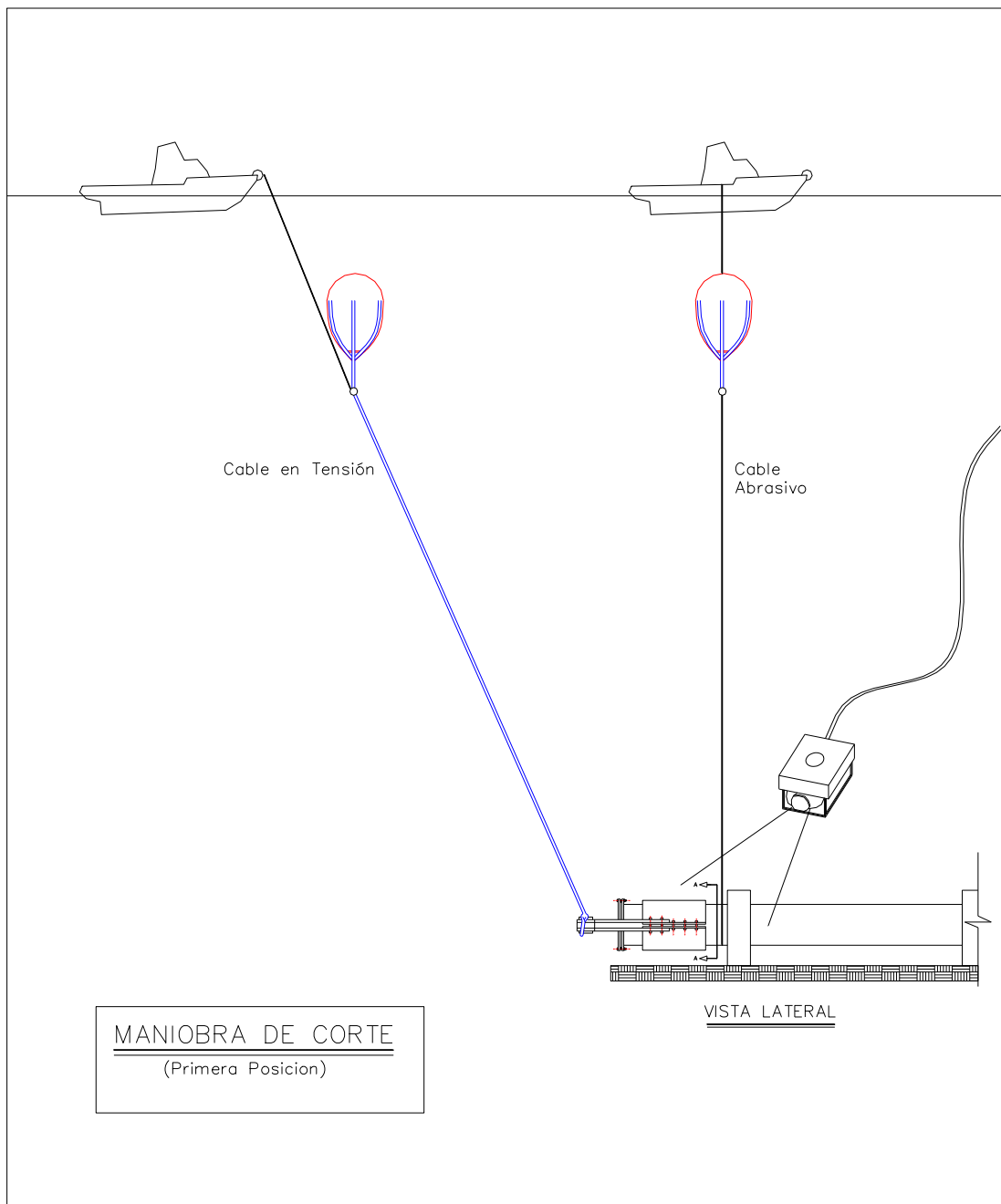


FIGURA N°C-1

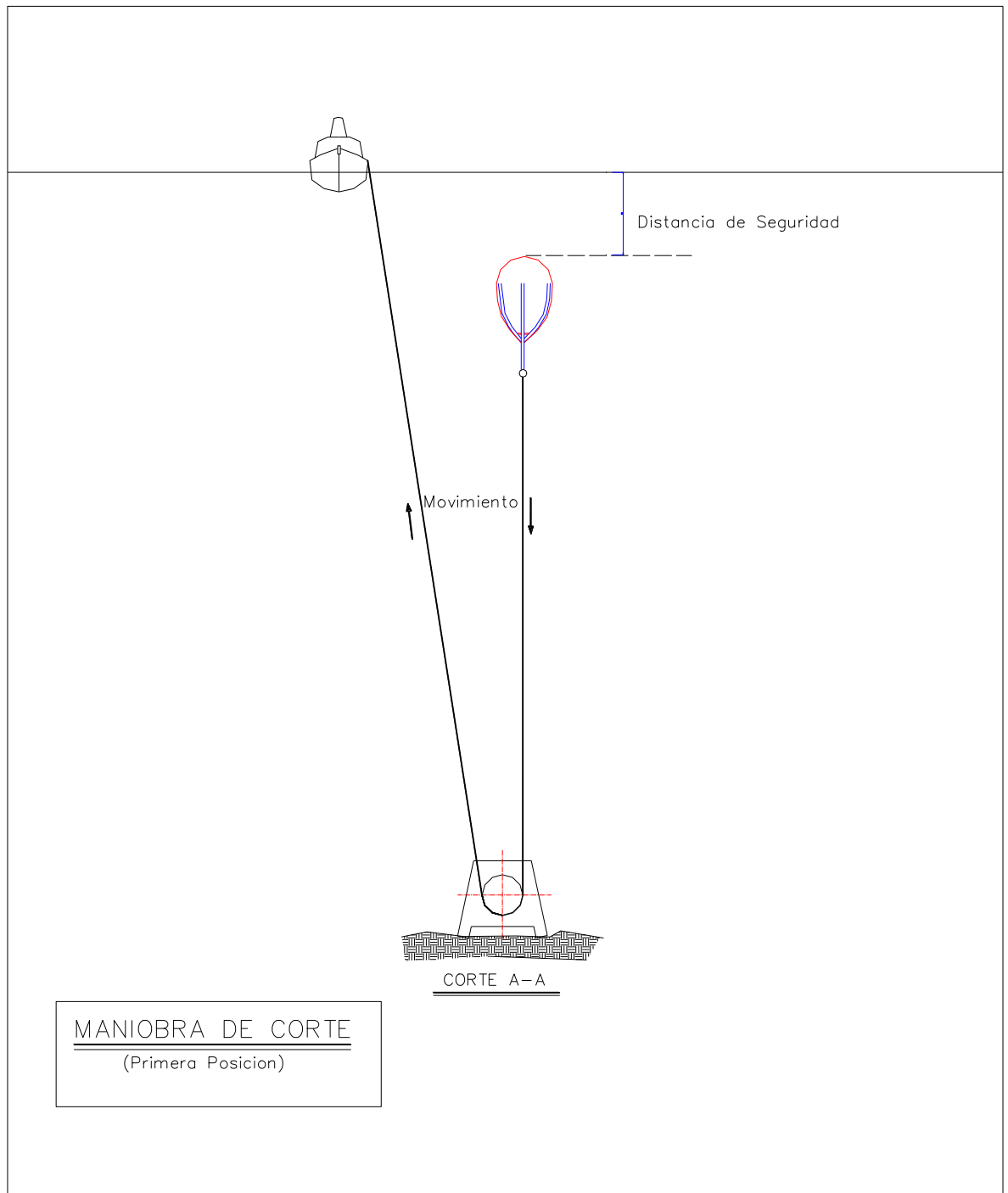


FIGURA C-2

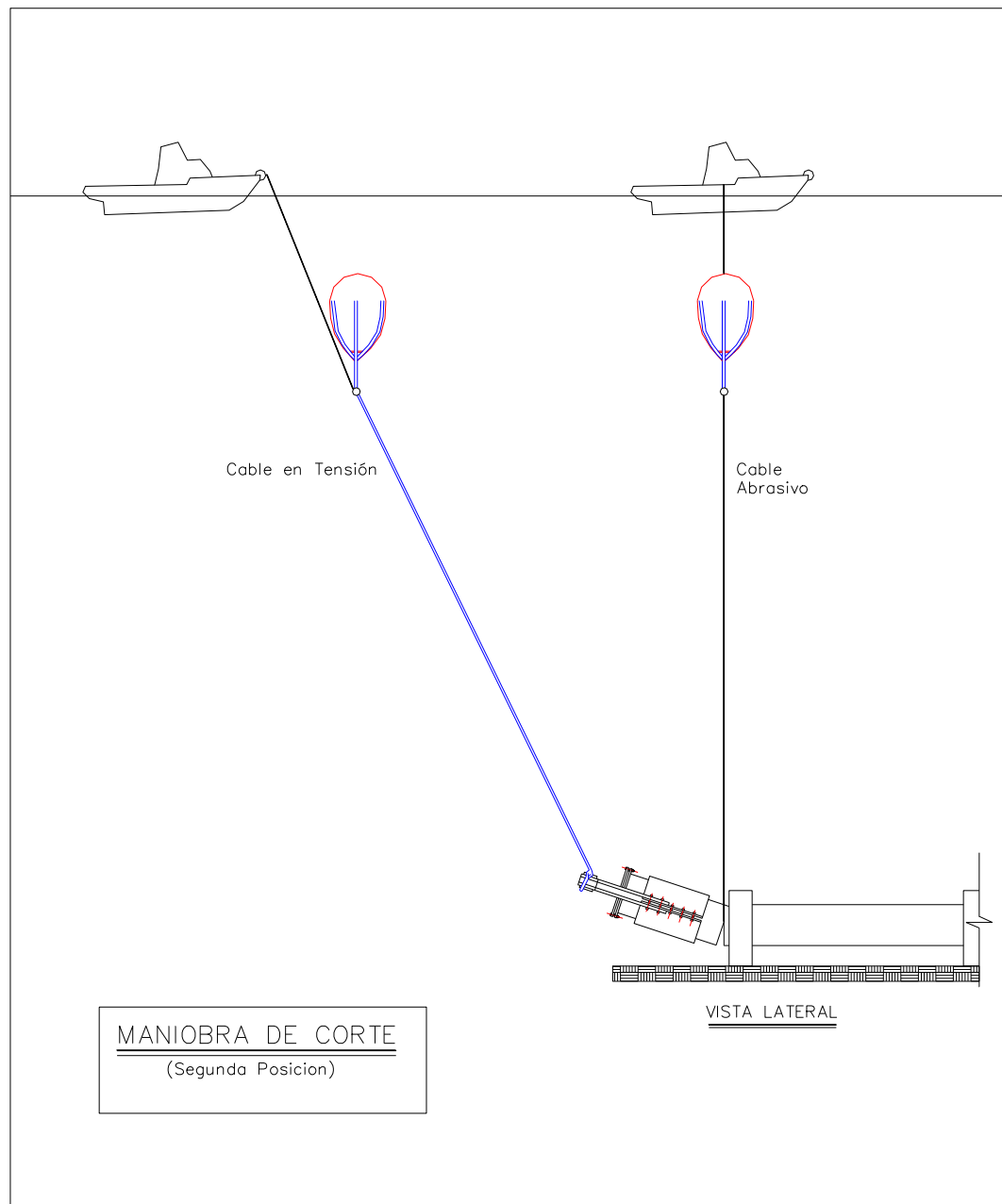


FIGURA C-3