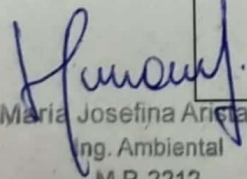

	INFORME AMBIENTAL DE PROYECTO PLANTA POTABILIZADORA DE ÓSMOSIS INVERSA	Versión Julio 2023
---	---	-----------------------

Anexo I. Certificado anual vigente en el Registro provincial de Prestadores de Consultoría Ambiental del Ministerio de Ambiente y Control del Desarrollo Sustentable de la provincia del Chubut de la Ing. Josefina Aristarain.


María Josefina Aristarain
Ing. Ambiental
M.P. 2212

	CONSULTORA AMBIENTAL N°287 Dec. N°185/09, 1.003/16 y modificatorias del MACyDS - Chubut	Página 147 de 162
---	--	----------------------



MINISTERIO de AMBIENTE
y control del desarrollo sustentable
- CHUBUT -



**REGISTRO PROVINCIAL DE PRESTADORES
DE CONSULTORIA AMBIENTAL
CERTIFICADO N° 40/23 DGGA-DRySIA**

En la ciudad de Rawson a los 19 días del mes de Julio del año 2023, la Dirección General de Gestión Ambiental, a través de la Dirección de Registros y Sistemas de Información Ambiental, dependiente de la Subsecretaría de Gestión Ambiental y Desarrollo Sustentable, otorga el presente CERTIFICADO DE INSCRIPCIÓN en el "Registro Provincial de Prestadores de Consultoría Ambiental", a la **Ingeniera Ambiental: María Josefina ARISTARAIN, D.N.I. 33.315.820**, con domicilio legal en calle Fournier N° 519, de la ciudad de Puerto Madryn, Provincia del Chubut, al haber cumplido con lo exigido en el Artículo 12° del Decreto N° 39/13, en la categoría "**Consultoría Ambiental**".

Se deja constancia que se ha presentado el comprobante original del pago de Tasa Retributiva de Servicios prevista en la Ley de Obligaciones Tributarias vigente en la Provincia del Chubut y la constancia de Matrícula Profesional.

A los efectos de mantener la inscripción, deberá cumplimentar los deberes anuales y bienales establecidos en los Artículos 12°, 15° y 16° del Decreto N° 39/2013, mencionados en Artículo 2° de la Disposición N° 125/15 SGAYDS. Ante el incumplimiento se aplicará lo dispuesto en los Artículos 13° y 17° de la normativa vigente.-

**VALIDO ÚNICAMENTE DENTRO DE LA PROVINCIA DEL CHUBUT
POR EL PLAZO DE UN AÑO DE LA FECHA DEL PRESENTE,
ACOMPAÑADO DE LA DISPOSICIÓN N° 125/15 SGAYDS.-**

Expediente N° 1003/15 MAyCDS.-

Disposición N° 125/15 SGAYDS.-

RPPCA N° 287,


Fecha de emisión: 19 .IIII. 2023

Fecha de vencimiento: 19 .IIII. 2024

Téc. Natalia L. Pastrion
Directora de Registros y
Sistemas de Información Ambiental
M.A. y C.D.S.

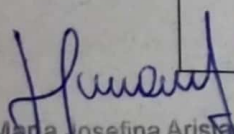
Ing. FERNANDO PEGORARO
Subsecretario de Gestión Ambiental
y Desarrollo Sustentable
MAYCDS



	INFORME AMBIENTAL DE PROYECTO PLANTA POTABILIZADORA DE OSMOSIS INVERSA	Versión Julio 2023
---	---	-----------------------

Anexo II. Cálculo de Nivel de Complejidad Ambiental (NCA) para la etapa de Preparación del sitio y construcción.

[JA]	CONSULTORA AMBIENTAL N°287 Dec. N°185/09, 1.003/16 y modificatorias del MACyDS - Chubut	Página 148 de 162
------	--	----------------------


María Josefina Arístain
Ing. Ambiental
M.P. 2212

1. EMPRESA

Aluar Aluminio Argentino S.A.I.C.

2. PROYECTO

Planta Potabilizadora de Ósmosis Inversa, Puerto Madryn, Chubut, Argentina.

3. DESARROLLO

La Resolución de la ex Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable N° 1.639/07, normas complementarias y modificatorias, define que el NCA se calcula mediante la siguiente ecuación polinómica:

$$NCA_{inicial} = R_u + ER + R_i + D_i + L_o$$

Donde cada término significa:

R_u	Rubro
ER	Efluentes y Residuos
R_i	Riesgo
D_i	Dimensionamiento
L_o	Localización

Según el valor que arroja la ecuación, la Resolución de la ex Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable N° 481/11, normas complementarias y modificatorias, se clasifica a la actividad o servicio en las siguientes categorías:

Categoría	NCA
PRIMERA	≤ 14
SEGUNDA	$14,5 \leq NCA \leq 25$
TERCERA	> 25

Además, establece que aquellas actividades que superen los 14,5 de NCA deberán cumplir con la obligación de contratar una *póliza de seguro de daño ambiental de incidencia colectiva*.

A continuación, se desarrolla el cálculo de cada término de la ecuación para luego obtener el NCA y verificar si le corresponde o no cumplir al proyecto con dicha obligación.

H



Término	Descripción	Valor									
<p>R_u Rubro</p>	<p>Según el Anexo I de la Resolución ex SAYDS N° 1.639/07 y normas modificatorias y de acuerdo con la Clasificación Internacional de Actividades Industriales (CIU) revisión 3, apertura a 6 dígitos las actividades se definen en:</p> <table border="1" data-bbox="438 1115 566 1339"> <thead> <tr> <th>Grupo</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table>	Grupo	Valor	1	1	2	5	3	10	<p>Corresponde a CAPTACIÓN, DEPURACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA: "Captación, depuración y distribución de agua de fuentes superficiales" grupo 2.</p> <p>$R_u = 5$</p>	
Grupo	Valor										
1	1										
2	5										
3	10										
<p>ER Efluentes y Residuos</p>	<p>La calidad (y en algún caso cantidad) de los efluentes y residuos que genere el establecimiento se clasifican como de tipo 0, 1, 2, 3 o 4 según el siguiente detalle:</p> <table border="1" data-bbox="667 763 1264 1697"> <thead> <tr> <th>Tipo</th> <th>Detalle</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Gaseosos: componentes naturales del aire (incluido vapor de agua); gases de combustión de gas natural, y - Líquidos: agua sin aditivos; lavado de planta de establecimientos de Rubros del Grupo 1 a temperatura ambiente, y - Sólidos y Semisólidos: asimilables a domiciliarios. </td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Gaseosos: gases de combustión de hidrocarburos líquidos, y/o - Líquidos: agua de proceso con aditivos y agua de lavado que no contengan residuos peligrosos o que no pudiesen generar residuos peligrosos. Provenientes de plantas de tratamiento en condiciones óptimas de funcionamiento, y/o - Sólidos y Semisólidos: <ul style="list-style-type: none"> • resultantes del tratamiento de efluentes líquidos del Tipo 0 y/o 1. Otros que no contengan residuos peligrosos o de establecimientos que no pudiesen generar residuos peligrosos. • que puedan contener sustancias peligrosas o pudiesen </td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo	Detalle	Valor	0	<ul style="list-style-type: none"> - Gaseosos: componentes naturales del aire (incluido vapor de agua); gases de combustión de gas natural, y - Líquidos: agua sin aditivos; lavado de planta de establecimientos de Rubros del Grupo 1 a temperatura ambiente, y - Sólidos y Semisólidos: asimilables a domiciliarios. 	0	1	<ul style="list-style-type: none"> - Gaseosos: gases de combustión de hidrocarburos líquidos, y/o - Líquidos: agua de proceso con aditivos y agua de lavado que no contengan residuos peligrosos o que no pudiesen generar residuos peligrosos. Provenientes de plantas de tratamiento en condiciones óptimas de funcionamiento, y/o - Sólidos y Semisólidos: <ul style="list-style-type: none"> • resultantes del tratamiento de efluentes líquidos del Tipo 0 y/o 1. Otros que no contengan residuos peligrosos o de establecimientos que no pudiesen generar residuos peligrosos. • que puedan contener sustancias peligrosas o pudiesen 	1	<p>Gaseosos Las dos fuentes de emisiones a la atmósfera son de carácter difuso y tendrán origen en:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Combustión de automotores. - Puesta en suspensión de material particulado producto del movimiento de dichos vehículos y maquinarias. <p>Líquidos Los efluentes que se generarán serán cloacales.</p> <p>Residuos Se generarán 50 m³ totales de residuos generales del tipo <u>sólidos asimilables a urbanos</u>, asociados a la jornada laboral del personal. Por otra parte, 20 m³ totales de <u>residuos peligrosos</u> y, 80 m³ de <u>residuos reciclables</u> que entrarán dentro del circuito de reutilización y reciclado de Aluar.</p> <p>Por lo que corresponde:</p>
Tipo	Detalle	Valor									
0	<ul style="list-style-type: none"> - Gaseosos: componentes naturales del aire (incluido vapor de agua); gases de combustión de gas natural, y - Líquidos: agua sin aditivos; lavado de planta de establecimientos de Rubros del Grupo 1 a temperatura ambiente, y - Sólidos y Semisólidos: asimilables a domiciliarios. 	0									
1	<ul style="list-style-type: none"> - Gaseosos: gases de combustión de hidrocarburos líquidos, y/o - Líquidos: agua de proceso con aditivos y agua de lavado que no contengan residuos peligrosos o que no pudiesen generar residuos peligrosos. Provenientes de plantas de tratamiento en condiciones óptimas de funcionamiento, y/o - Sólidos y Semisólidos: <ul style="list-style-type: none"> • resultantes del tratamiento de efluentes líquidos del Tipo 0 y/o 1. Otros que no contengan residuos peligrosos o de establecimientos que no pudiesen generar residuos peligrosos. • que puedan contener sustancias peligrosas o pudiesen 	1									

[Handwritten signature]

		ER = 6
	generar residuos peligrosos, con una generación menor a 10 (diez) kg de masa de residuos peligrosos por mes - promedio anual.	
2	- Gaseosos: Ídem Tipo 0 o 1, - Líquidos: Ídem Tipo 0 o 1, y - Sólidos y Semisólidos: que puedan contener sustancias peligrosas o pudiesen generar residuos peligrosos, con una generación mayor o igual a 10 (diez) kg pero menor que 100 (cien) kg de masa de residuos peligrosos por mes - promedio anual.	3
3	- Gaseosos: Ídem Tipo 0 o 1, y - Líquidos: con residuos peligrosos, o que pudiesen generar residuos peligrosos. Que posean o deban poseer más de un tratamiento, y/o - Sólidos y Semisólidos: que puedan contener sustancias peligrosas o pudiesen generar residuos peligrosos, con una generación mayor o igual a 100 (cien) kg pero menor a 500 (quinientos) kg de masa de residuos peligrosos por mes - promedio anual.	4
4	- Gaseosos: Todos los no comprendidos en los tipos 0 y 1, y/o - Líquidos: con residuos peligrosos, o que pudiesen generar residuos peligrosos. Que posean o deban poseer más de un tratamiento, y - Sólidos o Semisólidos: que puedan contener sustancias peligrosas o pudiesen generar residuos peligrosos, con una generación mayor o igual a 500 (quinientos) kg de masa de residuos peligrosos por mes - promedio anual.	6
R_i Riesgo	Se tendrán en cuenta los riesgos específicos de la actividad, que puedan afectar a la población o al medio ambiente circundante, asignando 1 punto por cada uno, a saber: - Riesgo por aparatos sometidos a presión; - Riesgo acústico;	El proyecto presentaría los siguientes riesgos: ASAP, sustancias químicas (cantidades pequeñas para la puesta en marcha) e incendio.





NIVEL DE COMPLEJIDAD AMBIENTAL
 Proyecto Planta Potabilizadora de Ósmosis Inversa
 Aluar S.A.I.C.

Mayo 2023

	<p>- Riesgo por sustancias químicas; - Riesgo de explosión; - Riesgo de incendio.</p>	<p>Con lo cual, se define: $R_i = 3$</p>																										
<p>D_i Dimensionamiento</p>	<p>La dimensión del establecimiento tendrá en cuenta la dotación de personal, la potencia instalada y la superficie:</p> <p>- Cantidad de personal:</p> <table border="1" data-bbox="566 1142 790 1534"> <thead> <tr> <th>Cantidad (personas)</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>hasta 15</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>entre 16 y 50</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>entre 51 y 150</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>entre 151 y 500</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>más de 500</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table> <p>- Potencia instalada:</p> <table border="1" data-bbox="885 1142 1077 1534"> <thead> <tr> <th>Potencia instalada (HP)</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Hasta 25</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>De 26 a 100</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>De 101 a 500</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Mayor a 500</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table> <p>- Relación entre superficie cubierta y superficie total:</p> <table border="1" data-bbox="1165 1142 1228 1534"> <thead> <tr> <th>Relación</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Hasta 0,2</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Cantidad (personas)	Valor	hasta 15	0	entre 16 y 50	1	entre 51 y 150	2	entre 151 y 500	3	más de 500	4	Potencia instalada (HP)	Valor	Hasta 25	0	De 26 a 100	1	De 101 a 500	2	Mayor a 500	3	Relación	Valor	Hasta 0,2	0	<p>Durante la etapa de preparación del sitio y construcción, la firma estará en el rango de 16 y 50 personas trabajando; la potencia requerida corresponde hasta 25 HP; y la relación superficie cubierta y superficie total es <0,2.</p> <p>Considerando estas características: $D_i = 1$</p>
Cantidad (personas)	Valor																											
hasta 15	0																											
entre 16 y 50	1																											
entre 51 y 150	2																											
entre 151 y 500	3																											
más de 500	4																											
Potencia instalada (HP)	Valor																											
Hasta 25	0																											
De 26 a 100	1																											
De 101 a 500	2																											
Mayor a 500	3																											
Relación	Valor																											
Hasta 0,2	0																											

[Handwritten signature]

[JA] INGENIERÍA AMBIENTAL

[Handwritten signature]
 Ing. Josefina Ariztaran
 RESPONSABLE TÉCNICO

DE LA ELABORACIÓN DEL DOCUMENTO AMBIENTAL

Página 4 de 6

L_o Localización	De 0,21 a 0,5	1	La localización tendrá en cuenta la zonificación municipal y la infraestructura de servicios que posee. - Infraestructura de servicios: Agua, Cloaca, Luz, Gas. Por la carencia de cada uno de ellos se asigna 0,5. Con lo cual, $L_o = 0$						
	De 0,51 a 0,81	2							
	De 0,81 a 1	3							
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Zona</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Parque industrial</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td>Industrial exclusiva y rural</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td>Resto</td> <td style="text-align: center;">2</td> </tr> </tbody> </table>			Zona	Valor	Parque industrial	0	Industrial exclusiva y rural	1
Zona	Valor								
Parque industrial	0								
Industrial exclusiva y rural	1								
Resto	2								
La localización de los principales componentes de la PPOI es en zona industrial (Parque Industrial Pesado y Puerto APPM. Y presenta todos los servicios. Con lo cual,									

Para el cálculo final del NCA, se aplica la siguiente fórmula:

$$NCA = NCA_{inicial} + AjSP - AjSGA$$

Donde cada término significa:

		Valor
AjSP	Ajuste por manejo de sustancias particularmente riesgosas en determinadas cantidades. Aplicable a actividades industriales y de servicios que verifiquen el manejo de las sustancias y en cantidades que superen los umbrales indicados en el Apéndice del ANEXO II.	2
AjSGA	Ajuste por demostración de un sistema de gestión ambiental establecido. Aplicable a aquellas organizaciones que cuenten con una certificación vigente de sistema de gestión ambiental, otorgada por un organismo independiente debidamente acreditado y autorizado para ello.	4

Teniendo en cuenta que no se manejarán sustancias riesgosas que superen los umbrales indicados en el Apéndice del Anexo II, y que se encuentra implementado y certificado un Sistema de Gestión Ambiental bajo Norma ISO 14.001, es que:

$$AjSP = 0$$
$$AjSGA = 4$$

Entonces,

$$NCA = NCA_{inicial} + AjSP - AjSGA$$


$$NCA = R_u + ER + R_i + D_i + L_o + AjSP - AjSGA$$

$$NCA = 5 + 6 + 3 + 1 + 0 + 0 - 4$$

$$NCA = 11$$

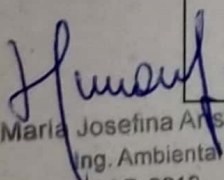
4. CONCLUSIÓN

Teniendo en cuenta que el NCA <14 el proyecto se identifica como categoría 1 y no debe cumplir con la obligación de contratar una póliza de seguro de daño ambiental de incidencia colectiva.

	INFORME AMBIENTAL DE PROYECTO PLANTA POTABILIZADORA DE OSMOSIS INVERSA	Versión Julio 2023
---	---	-----------------------


Anexo III.

- PLANIALTIMETRIA ACUEDUCTO TOMA PROG.0+000 A 0+640 (Muelle Almirante Storni)
- PLANIALTIMETRIA ACUEDUCTO TOMA PROG.0+640 A 1+208 (Entre predio APPM y playa)
- PLANIALTIMETRIA ACUEDUCTO TOMA PROG.1+208 A 1+544 (Entrada a la PPOI)

 [JA]	CONSULTORA AMBIENTAL N°287 Dec. N°185/09, 1.003/16 y modificatorias del MACyDS - Chubut	Página 149 de 162
--	--	----------------------

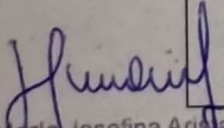
Maria Josefina Anstarain
Ing. Ambiental
M.P. 2212

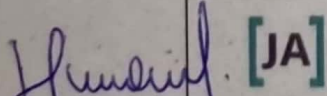


	INFORME AMBIENTAL DE PROYECTO PLANTA POTABILIZADORA DE ÓSMOSIS INVERSA	Versión Julio 2023
---	---	-----------------------


Anexo IV.

- PLANIALTIMETRIA ACUEDUCTO RECHAZO PROG.1+143 A 1+835 (Muelle Almirante Storni - DESCARGA).

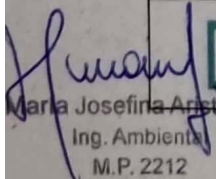

María Josefina Arislarain
Ing. Ambiental
M.P. 2212

	CONSULTORA AMBIENTAL N°287 Dec. N°185/09, 1.003/16 y modificatorias del MACyDS - Chubut	Página 150 de 162
--	--	----------------------

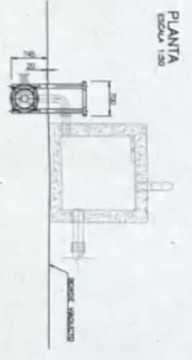
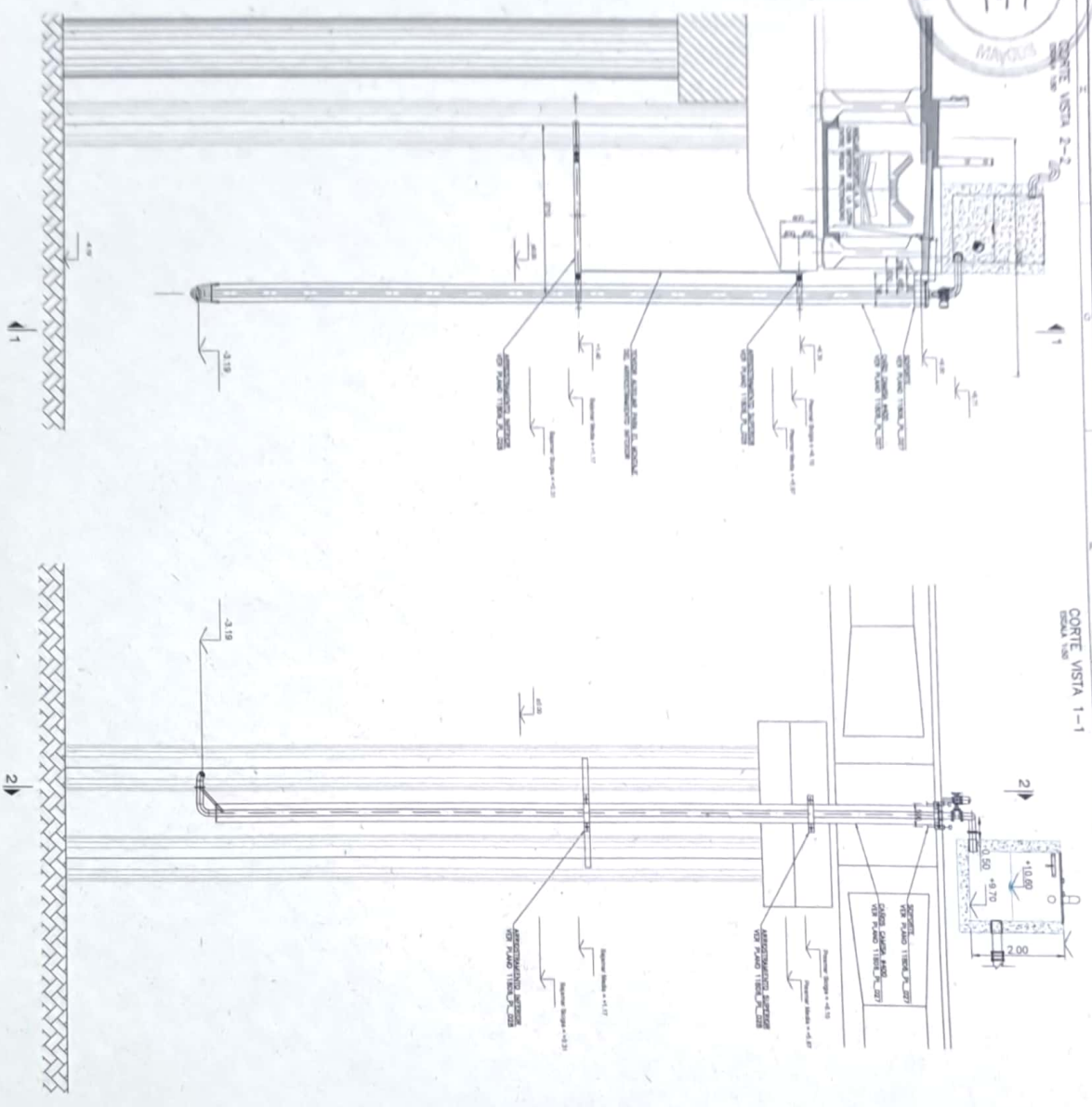


	INFORME AMBIENTAL DE PROYECTO PLANTA POTABILIZADORA DE OSMOSIS INVERSA	Versión Julio 2023
---	---	-----------------------

Anexo V. Esquema de toma de agua de mar y Esquema de descarga de salmuera al mar.


[JA]
María Josefina Ansterain
Ing. Ambiental
M.P. 2212


	CONSULTORA AMBIENTAL N°287 Dec. N°185/09, 1.003/16 y modificatorias del MACyDS - Chubut	Página 151 de 162
--	--	----------------------



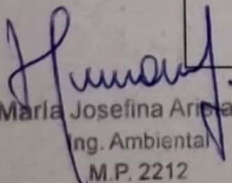
NOTAS
 1. TOLERANCIAS DE FABRICACION SEGUN NORMAS
 2. TOLERANCIAS DE MONTAJE SEGUN NORMAS


		aluar Aluminio Argentino S.A.I.C.	
A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50
PLANTA INSTALACION DESCARGA		11.006 PL 005	



	INFORME AMBIENTAL DE PROYECTO PLANTA POTABILIZADORA DE OSMOSIS INVERSA	Versión Julio 2023
---	---	-----------------------

Anexo VI. Copia certificada/legalizada de la documentación legal.


María Josefina Arizabarain
Ing. Ambiental
M.P. 2212

	CONSULTORA AMBIENTAL N°287 Dec. N°185/09, 1.003/16 y modificatorias del MACyDS - Chubut	Página 152 de 162
---	--	----------------------

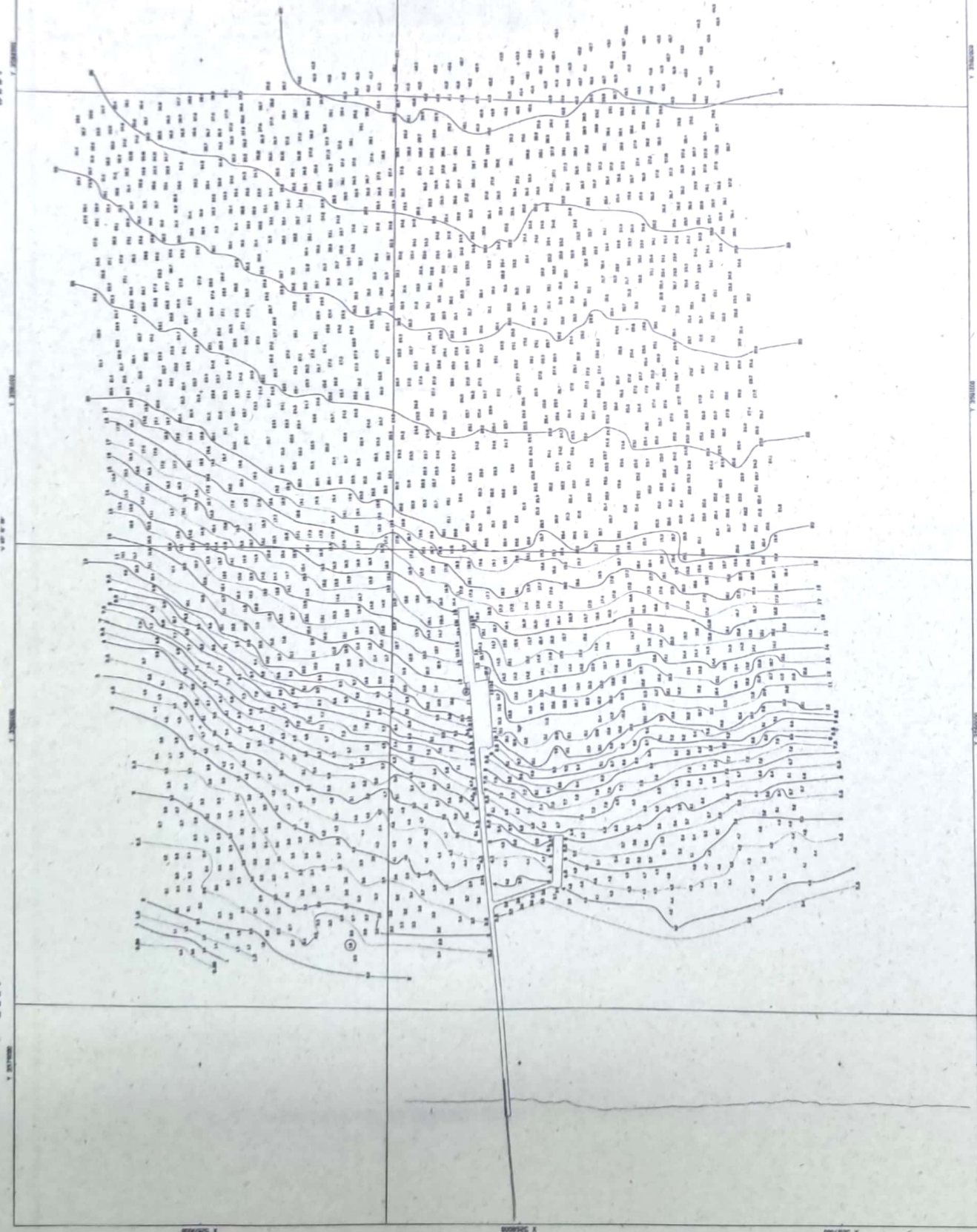


Anexo VII. Carta Náutica H-264 y Plano Hidrográfico del sector Muelle Storni relevado en abr2013.



[JA]
ría Josefina Anstairain
ng. Ambiental
M.P. 2212



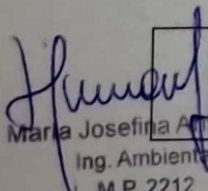
# 10047000	
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN	
PROYECTO DE OBRAS PUERTO RABOTE	
FECHA: 1958	ENCARGADO: DR. J. M. GARCÍA
REVISADO POR: DR. J. M. GARCÍA	
AUTORIZADO POR: DR. J. M. GARCÍA	
ELABORADO POR: DR. J. M. GARCÍA	
CORRECCIONES: DR. J. M. GARCÍA	
DISEÑO: DR. J. M. GARCÍA	
IMPRESIÓN: DR. J. M. GARCÍA	
DISTRIBUCIÓN: DR. J. M. GARCÍA	
REVISIÓN: DR. J. M. GARCÍA	
APROBACIÓN: DR. J. M. GARCÍA	





	INFORME AMBIENTAL DE PROYECTO PLANTA POTABILIZADORA DE OSMOSIS INVERSA	Versión Julio 2023
---	---	-----------------------

Anexo VIII. Numerical Modelling for the Definition of Critical Hydrodynamic Stage related to the Future Submarine Outfall in Puerto Madryn. Corral M y colaboradores (2011).


[JA]
María Josefina Anstara
Ing. Ambiental
M.P. 2212

	CONSULTORA AMBIENTAL N°287 Dec. N°185/09, 1.003/16 y modificatorias del MACyDS - Chubut	Página 154 de 162
--	--	----------------------



Numerical Modelling for the Definition of Critical Hydrodynamic Stage related to the Future Submarine Outfall in Puerto Madryn

Corral M., Pagot M., Oroná C., Rodríguez A. and Patalano A.

Laboratorio de Hidráulica FCEFyN – UNC. Address: Av. Hipólito Irigoyen 162, CP: 5000. Córdoba, Argentina. Phone (Fax): 54 351 433-4446. e-mail: mcorral@com.uncor.edu

Abstract

The city of Puerto Madryn is located in the northeast of the province of Chubut, Argentina (42° 46' S and 65° 02' W), more precisely along the bay "Bahía Nueva" or the extreme west of "Golfo Nuevo". This location has currently an urban population of about 80,000 inhabitants. The sewer water is driven and treated in mountain lagoons about 130m above sea level. However in some emergency situations such as broken pumps or pipes the untreated effluent runoff and reaches the city storm drains which drive the mixing of both waste and storm water directly to the coast, on the beach. This phenomenon is an environmental issue. To mitigate it, a contingency plan is activated to alert the public to not swim in the affected area as a precaution. In order to solve the actual problem, the Municipality of Puerto Madryn plans to build a submarine outfall to drains the sewer into the sea before any of these emergencies occurs. The Secretary of Ecology and Environment of the Municipality of Puerto Madryn and the University National of Cordoba are developing specific studies under an agreement between both of them for the submarine outfall itself.

This paper presents a summary of studies in order to characterize the hydrodynamics of the bay for the design of a submarine outfall. In this particular case, the coastal currents are highly influenced by the tide, the wind and the waves, so different numerical simulations has been performed to support the design of this type of structure.

To determine the current due to both the tide and the wind, hydrodynamic simulations have been performed with the 3D COHERENS model, while the current produced by waves has been made with the MOPLA model.

In conclusion, the paper presents a summary of hydrodynamics characteristics of the mentioned area, considering all the morphological aspects involved such as the coast alignment and the forcing agents acting (the tide and wind) required in order to define the critical stages of the design of a submarine outfall.

Keywords

Puerto Madryn, outfalls, COHERENS model

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Puerto Madryn se ubica en la región Noreste de la Provincia del Chubut (42° 46' latitud Sur y 65° 02' longitud Oeste), mas precisamente sobre la Bahía Nueva o extremo Oeste del Golfo Nuevo (Figura 1). Esta localidad que en la actualidad cuenta con una población urbana del orden de 80.000 habitantes posee con un sistema cloacal que concentra los desagües sobre la costa y los impulsa para su tratamiento hasta lagunas de estabilización en un sector montañoso que se ubican a una altura de 130 m con respecto a la costa, sin embargo en algunas situaciones de emergencia como rotura de bombas o tuberías el efluente no tratado escurre superficialmente hasta ingresar en los sumideros y conductos pluviales hasta llegar a la costa, saliendo directamente a la playa y generando serios problemas ambientales. Con el objeto de solucionar este problema la Municipalidad de Puerto Madryn prevé la construcción de un emisario submarino que realice la disposición final en el mar ante estas eventuales situaciones de emergencia. El presente trabajo presenta un resumen de los estudios realizados en la zona con el objeto de caracterizar la hidrodinámica de la bahía para el diseño de una obra tipo emisario submarino. En este caso en particular, las corrientes costeras se encuentran influenciadas por el régimen de mareas, la acción del viento y del oleaje, por lo que se han realizado diferentes simulaciones numéricas con el objeto de definir los escenarios críticos para el diseño del emisario.



Figura 1: Ubicación general del Golfo Nuevo y ciudad de Puerto Madryn

METODOLOGIA

Se han combinado herramientas numéricas para determinar las condiciones hidrodinámicas del sector. En particular para obtener las corrientes a la escala del Golfo Nuevo, como por ejemplo por el ingreso y egreso de la onda de marea se ha utilizado el modelo COHERENS.

A su vez para la determinación de las corrientes por viento se han utilizado diferentes metodologías, ya que la incidencia de un esfuerzo cortante sobre la superficie del agua provocará por un lado un gradiente de presión con un campo de circulación en el Golfo y por otro un campo de oleaje que arribará a la costa generando corrientes litorales derivadas de la transformación del oleaje.

Para estimar las corrientes producidas por el esfuerzo de corte por viento se ha utilizado el modelo COHERENS ya mencionado, considerando las diferentes condiciones de borde. A su vez para determinar las corrientes producidas por la llegada del oleaje a la costa se ha realizado la propagación del oleaje con el modelo MOPLA (Morfodinámica de Playas).

Modelo COHERENS

Para la simulación numérica se ha empleado el modelo numérico tridimensional COHERENS (Luyten et al., 1999), desarrollado para costas y plataformas marinas. El mismo se compone de un módulo hidrodinámico, que se puede acoplar al módulo biológico y de contaminación para resolver procesos estacionales y de mesoescala. El código fuente ha sido desarrollado en el período 1990-1998 por un grupo multinacional como parte del proyecto MAST de la Unión Europea (Marine Science and Technology Programme).

Durante las últimas décadas una serie de modelos tridimensionales para costas y plataformas han sido desarrollados por diversas instituciones de investigación (Nihoul y Jamart, 1987; Dyke y Davies, 1992 y Lynch y Davies, 1995). Entre las principales ventajas del modelo COHERENS se destaca que utiliza la técnica "mode-splitting" para resolver la ecuación de momentum 2-D y 3-D como en el Princeton Ocean Model (POM). Además se dispone de diversos esquemas para la turbulencia que varían desde simples expresiones algebraicas de una o dos ecuaciones de energía turbulenta (Mellor, 1998) hasta modelos $k-\epsilon$.

El modelo COHERENS utiliza en el espacio el método de diferencias finitas conservativas. La grilla elegida para la discretización horizontal es conocida como "Arakawa C" y en la versión disponible no se puede variar el tamaño de los elementos para el detalle en sectores particulares, ya que utiliza una malla rectangular de paso constante.

El modelo COHERENS por ejemplo ha sido aplicado para el estudio de la intrusión de la cuña salina en el Río de La Plata (Destuynder, 2002), descargas fluviales en la laguna Mar Chiquita (Corral et. al, 2009) entre otros trabajos.

Modelo MOPLA

Para propagar el oleaje hasta aguas someras y obtener las corrientes se utilizó la aplicación informática Sistema de Modelado Costero (SMC) que integra una serie de modelos numéricos que permiten implementar la metodología de estudio y diseño de actuaciones en el litoral, propuesta en los Documentos Temáticos y de Referencia, desarrollados por el Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas (G.I.O.C) de la Universidad de Cantabria (UC) y la Dirección General de Costas del Ministerio de Medio Ambiente (MMA) dentro del proyecto de investigación: "Modelo de Ayuda a la Gestión del Litoral" (sitio internet <http://www.smc.unican.es/es/index.asp>).

El SMC presenta un modelo de corto plazo o Morfodinámica de Playas (MOPLA), el que permite simular la propagación del oleaje desde profundidades indefinidas hasta la línea de costa y lleva a cabo el cálculo de corrientes inducidas en la zona de rompientes.

CORRIENTES POR MAREAS

El Golfo Nuevo posee unos 70 km de largo y un ancho de 48 Km en su parte central y 17 Km en su boca, con una profundidad máxima de 158 m que se caracteriza por ser más profundo que la plataforma continental adyacente.

La batimetría del Golfo Nuevo y la plataforma continental ha sido tomada de las cartas náuticas H-215 y H-218 del Servicio de Hidrografía Naval. Estos datos batimétricos de distribución irregular fueron interpolados para obtener una malla regular con una resolución de 1 Km con 63 y 66 puntos en X e Y respectivamente (Figura 2).

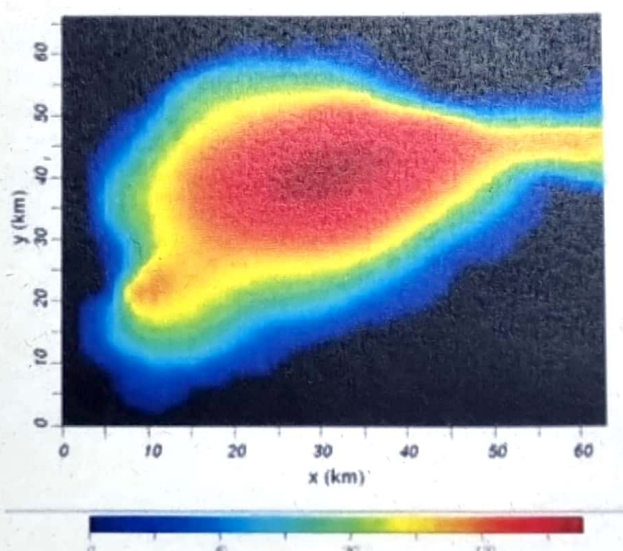


Figura 2: Batimetría del Golfo Nuevo utilizada con COHERENS (profundidad en metros)

En la dirección vertical se utilizaron 10 capas, cuyo espesor varía con el tiempo, ya que el tamaño del paso vertical se adapta a la profundidad local.

El paso de tiempo para el modo barotrópico (gradiente de presión) ha sido de 10 seg., mientras que para el baroclínico (gradiente de flotación) de 60 seg., respetando la condición de Courant-Friedrichs-Levy. Para la turbulencia se ha adoptado un esquema de una ecuación, mientras que para la advección de momento se ha utilizado el esquema "upwind".

Debido a las dimensiones del Golfo Nuevo se ha incorporado para la modelación el efecto de Coriolis, ya que estimaciones preliminares del número de Rossby indican que debe tenerse en cuenta y el modelo COHERENS permite considerarlas.

Como condición de borde se ha fijado una condición de marea semidiurna M2, que representa casi el 90% de la energía total por marea en el Golfo Nuevo (Rivas, 1983). El modelo inicialmente está en reposo, es decir, las velocidades u , v y w son nulas en todo el dominio. Para la frontera abierta

hacia el mar se ha especificado una condición clásica de marea semidiurna con amplitud de 4 m, valor medio de marea en la zona.

En las siguientes figura se presenta la variación de los residuos de niveles y velocidades en el sector del muelle Piedrabuena, observándose que prácticamente a partir de 12 días de simulación se llega a un estado de equilibrio, es decir el nivel y la velocidad pueden ser representados por una función periódica de componente semidiurna, con período 12,42 h.

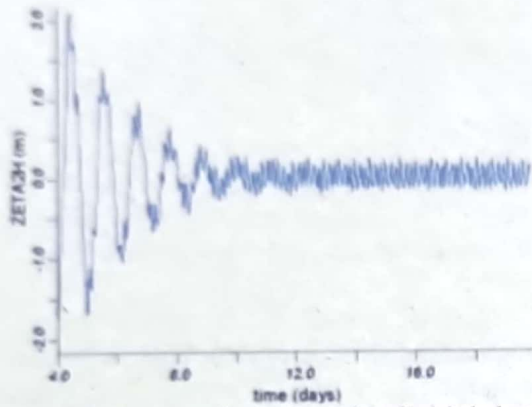


Figura 3: Residuos de niveles en Muelle Piedrabuena

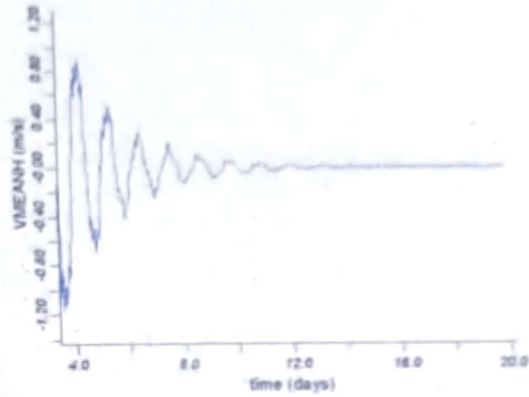


Figura 4: Residuos de niveles en Muelle Piedrabuena

En las siguientes figuras se presenta la circulación general a escala del Golfo Nuevo, destacándose en la primera el ingreso de la onda de marea y en la segunda la salida. A modo de calibración se compararon estas velocidades con las publicadas en Mazio et. al (2004) de una serie de mediciones realizadas cerca de la boca del Golfo, en las cuales se presentaba para una profundidad de 54 m una velocidad de 0,57 m/s, valor similar a los 0,60 m/s obtenidos en las simulaciones con COHERENS.

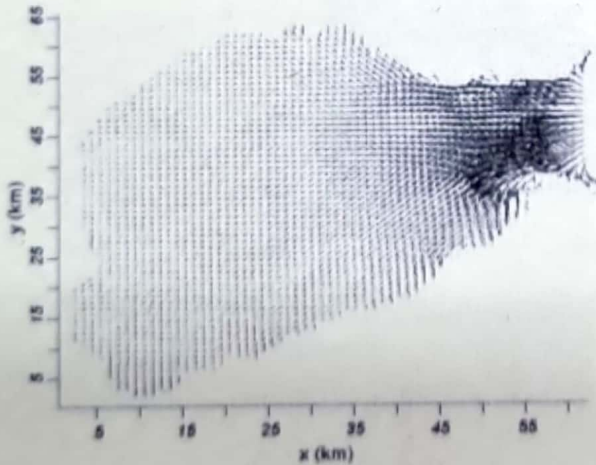


Figura 5: Ingreso de marea al Golfo Nuevo

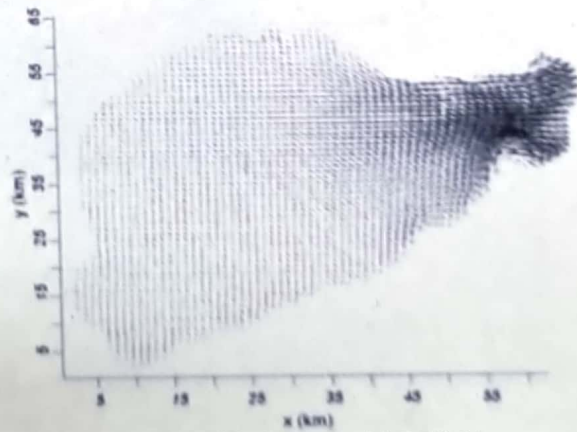


Figura 6: Salida de marea del Golfo Nuevo

CORRIENTES POR VIENTO

Modelación con COHERENS

Es importante comentar que para obtener las corrientes por viento se ha realizado simulaciones

hasta obtener un estado estacionario de las velocidades. A modo de ejemplo se presenta en la siguiente figura la velocidad superficial en un nodo ubicado cercano al muelle, en la que se observa que prácticamente a los 10 días se obtiene un estado estacionario, por lo que las simulaciones han sido de una duración de 20 días y se ha tomado el campo de velocidades finales de la simulación.

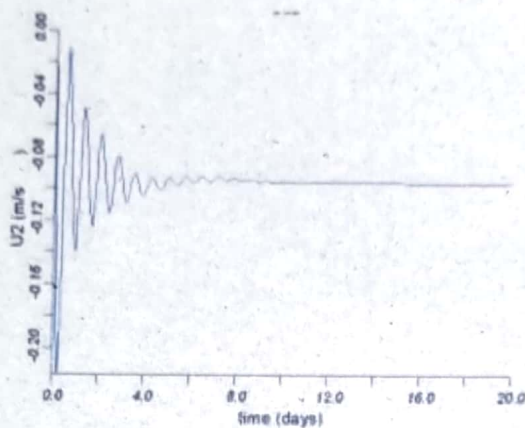


Figura 7: Velocidad superficial en nodo cercano al muelle.

Considerando que la alineación que presenta la costa de Puerto Madryn es prácticamente N-S, para diseñar el emisario se deben analizar los vientos que pueden provocar que la pluma se dirija hacia la costa y no los que provoquen corrientes que se alejen de la costa. Por ejemplo, los vientos predominantes de Puerto Madryn provienen desde el continente (W), pero éstos llevarán la pluma hacia aguas afuera (ver figura) y no serán críticos a la hora de definir las dimensiones del emisario.

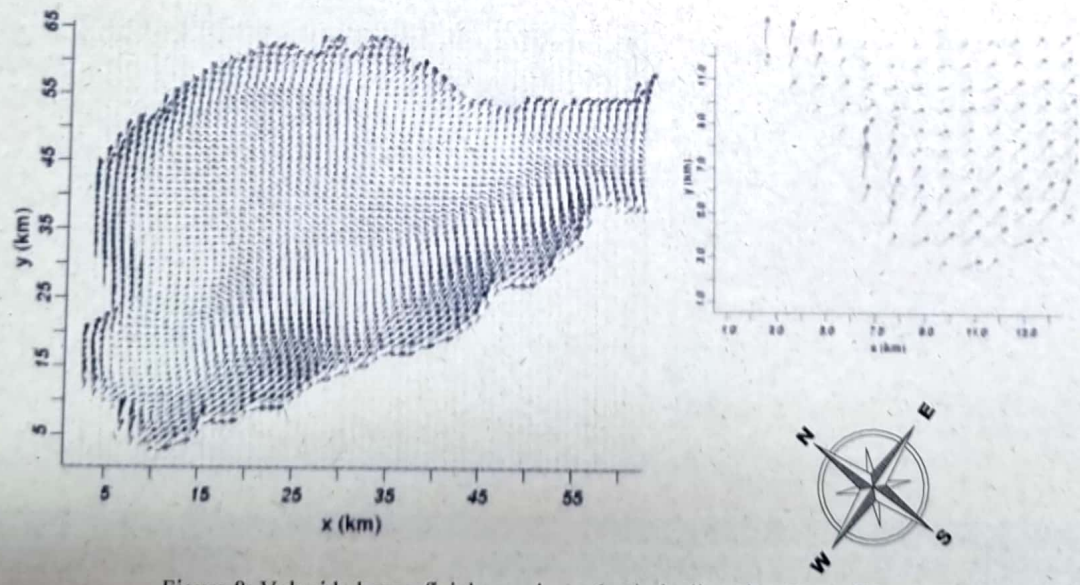


Figura 8: Velocidad superficial con viento 6 m/s de dirección Oeste (W)

Los vientos que provocan que la pluma se dirija hacia la costa son los provenientes desde el octante NE hasta el S, por lo que se han adoptado como escenarios las direcciones NE, E, SE y S. Se simularon estos cuatro escenarios de condiciones medias, basados en las probabilidades que indican las estadísticas de viento.

A modo de ejemplo se presentan los escenarios simulados en estado estacionario para direcciones del viento E y S, en las cuales se ha colocado en la izquierda el dominio completo de la simulación

mientras que en el sector derecho un detalle en el sector de la Bahía Nueva.

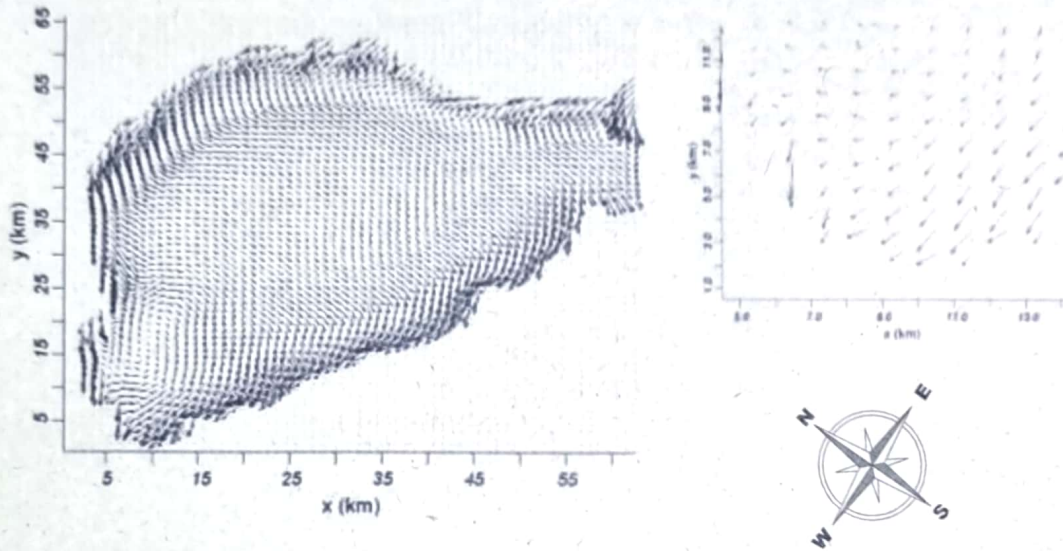


Figura 9: Velocidad superficial con viento 5,4 m/s de dirección Este (E)

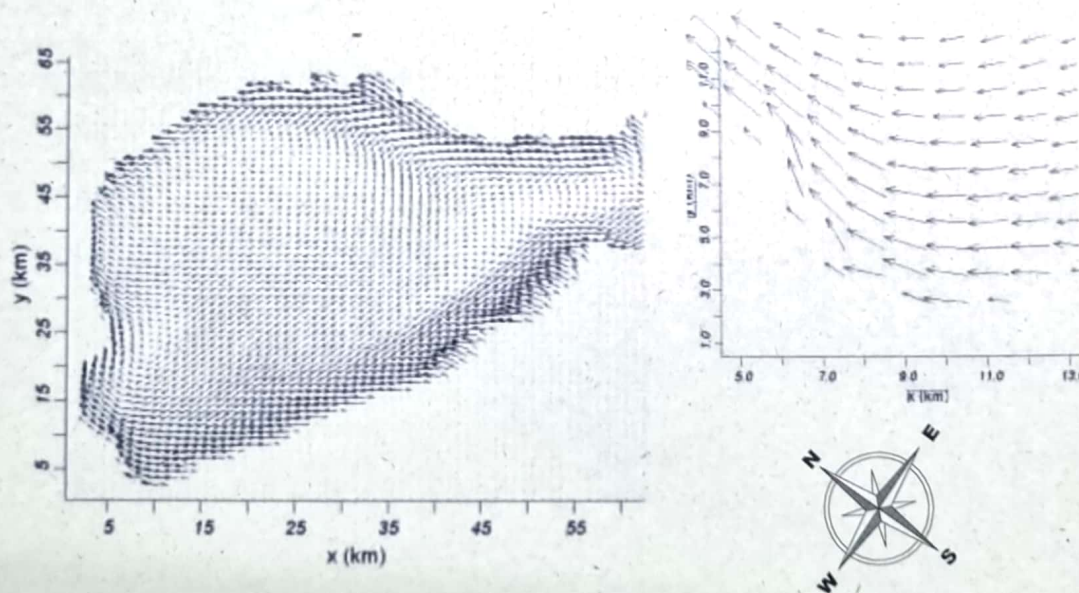


Figura 10: Velocidad superficial con viento 6 m/s de dirección Sur (S)

Los sectores de mayor velocidad se encuentran en el NE y el S, los cuales se encuentran más alineados con la dirección del viento. En los sectores de menor velocidad se encuentran en el NW y el E, los cuales se encuentran más alineados con la dirección del viento. En los sectores de menor velocidad se encuentran en el NW y el E, los cuales se encuentran más alineados con la dirección del viento.

Modelación con MOPLA

La malla utilizada para correr el MOPLA presenta detalladamente la batimetría cercana a la costa de Puerto Madryn desde la zona de tierra firme hasta una profundidad aproximada de 50 m. La malla se extiende aproximadamente 9765 m de norte a sur y 4252 m de este a oeste. Se orientó con la dirección perpendicular al borde exterior a 270° (desde el norte). Se requirió una resolución muy

alta (celdas de 21 m x 39 m) para representar adecuadamente todas las características batimétricas que pudieran influenciar en la propagación del oleaje.

A lo largo del borde offshore se especificaron datos de ingreso consistentes en olas monocromáticas. Los parámetros representativos del oleaje fueron derivados en base a las propiedades espectrales del oleaje: 1) H_{m0} , altura significativa basada en la energía; 2) T_p , período de pico; 3) θ_m , dirección media de propagación; y 4) Altura de la marea.

Se consideraron ocho escenarios de condiciones medias derivados de las corridas del modelo STWAVE, que se presentan en el capítulo 4 del informe realizado por Taylor Engineering, Inc. - ETT S.A (2001) a pedido de la Administración Portuaria de Puerto Madryn. Las condiciones medias representan las condiciones típicas o características del oleaje que pueden presentarse, basadas en las probabilidades que indican las estadísticas de viento y oleaje. Representan una combinación de oleaje generado localmente y oleaje oceánico.

En la siguiente figura se presenta a modo de ejemplo los resultados obtenidos considerando oleaje desde la dirección E, siendo la primera vectores con la dirección principal del frente de ola que se propaga hacia la costa y la segunda una ampliación del campo de velocidades en la zona cercana al muelle donde se proyecta la descarga del emisario.

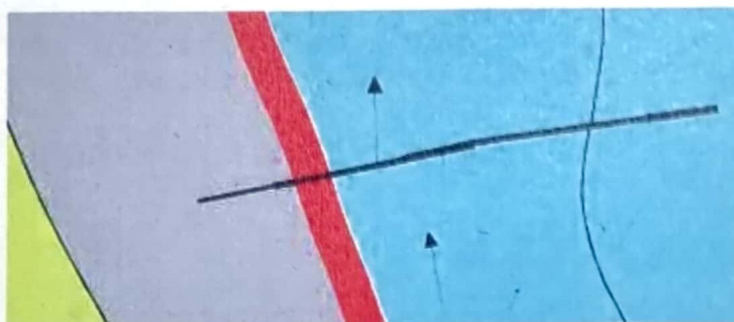


Figura 11: Ampliación del campo de velocidades en la zona del muelle (E)

Los valores máximos de corrientes son del orden de 0,30 m/s para el escenario con viento del NE a aproximadamente 25 metros de distancia de la costa. En todos los casos a 50 metros de la línea de costa la velocidad de la corriente no es superior a 0,03 m/s en una profundidad de aproximadamente 0,40 m. A 75 metros de distancia de la costa, en una profundidad de aproximadamente 1,3 m, las velocidades son prácticamente despreciables en todos los casos.

La dirección predominante de tales corrientes es de Sur a Norte a excepción del escenario con viento ESE en el que se invierte.

CONCLUSIONES

De la modelación efectuada con el modelo COHERENS para representar el ingreso y egreso de la onda de marea, surge que por un lado los niveles y velocidades pueden ser representados por una función periódica que en términos prácticos no tiene atenuación o ampliación en cuanto a la amplitud ni el período, con respecto a la onda en la boca del Golfo.

El ingreso de la onda de marea produce mayores velocidades en el sentido perpendicular a la costa (entre 0,04 a 0,08 m/s) que en el sentido paralelo (entre 0,02 y 0,04 m/s).

De las simulaciones realizadas con viento surge como es esperable que los vientos predominantes de Puerto Madryn, los cuales provienen desde el continente (W), llevarán la pluma de efluentes hacia aguas afuera y no serán críticos para el diseño del emisario.

Los vientos que provocan que la pluma se dirija hacia la costa son los provenientes desde el octante NE hasta el S y de las simulaciones se desprende que los casos en que los vientos se encuentran más alineados con la costa (NE y S) provocan velocidades longitudinales o litorales con una velocidad

de entre 0,10 y 0,15 m/s, mientras que los más perpendiculares al continente como la dirección E provocan velocidades hacia la costa de entre 0,07 a 0,12 m/s.


Los valores máximos de corrientes derivadas del oleaje se encuentran en la zona de rompiente, a una distancia que se encuentra entre 20 y 30 m de la costa, mientras que ya a 75 m de la costa, las velocidades son prácticamente despreciables en todos los casos. La dirección predominante de tales corrientes es de Sur a Norte a excepción del escenario con viento ESE en el que se invierte.

Es importante comentar que el proyecto presente se encuentra todavía en desarrollo y se encuentra en la fase de análisis de los escenarios críticos para el diseño.


REFERENCIAS

- CENPAT – CONICET. *Estadísticas Climatológicas. Frecuencia de dirección y Velocidad de Viento*. Área Física Ambiental. Centro Nacional Patagónico. Por Frumeto, O. y Davies, E (2000). <http://www.cenpat.edu.ar/fisicambien/climaPM.htm> (2000).
- Corral M., Rodríguez A., Pagot M., Fernández R., Pozzi C. y Oroná C. *Modelación numérica de descargas fluviales en la laguna de Mar Chiquita*. Mecánica Computacional, (García bauza C.D., Lotito P.A., Parente L.A. y Vénere M.J. Eds.), Publicación de AMCA, Vol. XXVIII, pgs. 2787-2803, Tandil. ISSN 1666-6070.(2009)
- Destuynder, V., *Modelación Hidrodinámica Tridimensional del Río de la Plata*, Tesis de ingeniería para la Universidad de Lyon (Francia). Director: Tarela, P.A. (2002)
- Dyke P.P.G. and Davies A.M. (Editors), *Mathematical models of the North Sea and surrounding continental shelf seas*. Proceedings of JONSMOD 90, Birkenhead, U.K., 2–5 April 1990. Continental Shelf Research, 12(1), 211 pp.(1992).
- Lanfredi N. W. *Corrientes superficiales en aguas costeras del Golfo Nuevo*. Centro Nacional Patagónico. Serie Informes Científicos 1: 1-15.(1974).
- Luyten P.J., Jones J.E., Proctor R., Tabor A., Tett P. and Wild-Allen K., *COHERENS – A Coupled Hydrodynamical-Ecological Model for Regional and Shelf Seas: User Documentation*. MUMM Report, Management Unit of the Mathematical Models of the North Sea, 914 pp. (1999)
- Lynch D.R. and Davies A.M. (Editors), *Quantitative skill assessment for coastal ocean models*. Coastal and Estuarine Studies, Vol. 47, American Geophysical Union, Washington D.C., 510 pp. (1995).
- Mellor, G., *User Guide for a Three Dimensional, Primitive Equation, Numerical Ocean Model*, Princeton University, 1-43. (1998)
- Nihoul J.C.J. and Jamart B.M. (Editors), *Three-dimensional models of marine and estuarine dynamics*. Elsevier Oceanography Series, Vol. 45, 624 pp. (1987).
- Smith S.D. and Banke E.G., *Variation of the sea surface drag coefficient with windspeed*, Quarterly Journal Meteorological Society, 101, 665–673 (1975).
- Rivas A. L. *Análisis de la circulación costera en Golfo Nuevo*. Acta Oceanographica Argentina, 3 (2) :49-66. (1983).
- Taylor Engineering, Inc. – ETT S.A. *Determinación del clima de olas en muelles Luis Piedrabuena y Almirante Storni*. Informe Final. Administración Portuaria Puerto Madryn (2001).

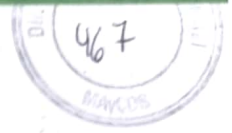


	INFORME AMBIENTAL DE PROYECTO PLANTA POTABILIZADORA DE OSMOSIS INVERSA	Versión Julio 2023
---	---	-----------------------

Anexo IX. Especificaciones Técnicas del modelo brIHne-Jet.
VERTIDO DE SALMUERA MEDIANTE CHORRO INDIVIDUAL
SUMERGIDO E INCLINADO. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS (V.1.0).
Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria
(España).

 [JA]	CONSULTORA AMBIENTAL N°287 Dec. N°185/09, 1.003/16 y modificatorias del MACyDS - Chubut	Página 155 de 162
--	--	----------------------

María Josefina Arstarain
Ing. Ambiental
M.P. 2212



Modelo brIHne-Jet

VERTIDO DE SALMUERA MEDIANTE CHORRO INDIVIDUAL
SUMERGIDO E INCLINADO

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
(V.1.0)

CONTENIDO:

1. Tabla síntesis de las características del modelo	1
2. Esquema del vertido simulado	4
3. Aproximación numérica. Formulación	6
4. Perfiles transversales del chorro	9
5. Datos de entrada	11
6. Resultados del modelo	12
7. Calibración	13
8. Validación con datos experimentales de otros autores	16
9. Información adicional	22
10. Referencias	22

	<p>Los ejes de velocidad y concentración del flujo coinciden.</p>
<p>CAPACIDADES</p>	<p>Considera las características del efluente (densidad, concentración salina); parámetros de descarga (diámetro, velocidad de descarga, altura de boquilla, ángulo de descarga) y las condiciones en el medio receptor (densidad, salinidad, calado, presencia de corrientes: intensidad y dirección).</p> <p>Describe el comportamiento del chorro a lo largo de toda su trayectoria. El informe de resultados incluye el valor de los principales flujos cinemáticos, escalas de longitud, y la evolución gráfica y analítica del valor de las variables más importantes del chorro.</p>
<p>LIMITACIONES</p>	<p>Modelo estacionario. No permite simular series temporales de las variables. Cada simulación representa un único escenario.</p> <p>Modelo limitado a la región del chorro desde la boquilla hasta el punto de impacto del eje del chorro con el fondo.</p>
<p>CALIBRACIÓN</p>	<p>Por el momento, y hasta su próxima re-calibración, el modelo brlHne-Jet responde a la misma aproximación numérica y, por tanto, presenta resultados análogos a los del módulo CORJET de Cormix.</p> <p>Los coeficientes del modelo de cierre de los términos turbulentos ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$), son los obtenidos por diferentes autores para comportamientos asintóticos de flujo, y que han sido recopilados e integrados en las ecuaciones de gobierno por Jirka. (2004).</p> <p>Ecuación de incorporación de masa de agua al chorro (<i>entrainment</i>) propuesto por Pincince <i>et al.</i> (1973), y modificado por Jirka. (2004) para adaptarla a chorros inclinados con flotabilidad.</p> <p>Secciones transversales auto-semejantes y con perfil de tipo Gauss. Coeficiente de dispersión entre el perfil de concentraciones y velocidades igual a $\lambda = 1.2$, Jirka. (2004).</p> <p>Coeficiente de rozamiento para la fórmula de arrastre como consecuencia de la corriente ambiental: $C_d = 1.3$, Jirka. (2004).</p> <p>El modelo brlHne-Jet será re-calibrado próximamente con datos experimentales obtenidos de ensayos ejecutados en el Instituto de Hidráulica Ambiental con técnicas ópticas de anemometría láser: PIV (<i>Particle Image Velocimetry</i>) y LIF (<i>Laser Induced Fluorescence</i>).</p>

<p>VALIDACIÓN</p>	<p>Para validar el modelo <i>brIHne-Jet</i> se han comparado sus resultados numéricos con datos experimentales de ensayos realizados por distintos autores, para tres inclinaciones en la descarga características de vertidos de salmuera ($\theta_0 = 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$). Para estos ángulos se han comparado el valor de las variables en puntos característicos de la trayectoria del chorro: el punto de máxima altura y el punto de impacto del chorro con el fondo (donde el chorro alcanza en su rama descendente el nivel de la boquilla).</p> <p>La validación para un vertido de salmuera en un medio receptor en reposo revela que <i>brIHne-Jet</i> en general infravalora ligeramente las dimensiones del chorro e infra-estima significativamente (en torno a un 60%) la dilución del efluente con el fluido del medio receptor en el punto de retorno. Para un medio receptor en movimiento, <i>brIHne-Jet</i> presenta un ajuste razonablemente bueno de la geometría del chorro y de la dilución para corrientes en el medio receptor (U_A) pequeñas en relación con la velocidad del chorro (U_0).</p>
<p>RECOMENDACIÓN</p>	<p><i>BrIHne-Jet</i> no simula efectos de atracción tipo COANDA en el flujo, así como tampoco fenómenos de intrusión (dado que asume en todos los casos medio receptor ilimitado). Por esta razón, se recomienda evitar su aplicación en el caso de de chorros con ángulos de inclinación extremos, en los rangos: $\theta < 20^\circ$ o $\theta > 75^\circ$.</p> <p>La validación revela que el modelo sobrevalora significativamente la dilución en el punto de impacto para el caso de chorros vertidos en dirección opuesta (<i>counter-flowing</i>) o perpendiculares (<i>transverse</i>) a las corrientes del medio receptor. En el diseño bajo estas condiciones, debe tenerse en cuenta este hecho.</p>

En el esquema de la Figura 1, aparece representado mediante una línea discontinua el eje del chorro, definido como la línea que une los puntos de máxima concentración y velocidad de cada sección transversal del flujo, que en el caso del modelo brIHne-Jet coinciden. Las variables referidas al eje del chorro se expresan con el subíndice "c" (*centerline*). En el modelo, el origen de de la coordenada vertical (Z) se sitúa en el fondo, mientras que el origen para las coordenadas horizontales (X, Y), se localiza en la boquilla de vertido.

Además, en la figura 1 se representan las variables en los puntos característicos de la trayectoria del chorro, que son el punto de máxima altura de la trayectoria del chorro, el punto de retorno (donde el eje del chorro alcanza en su rama descendente el nivel de la boquilla) y el punto de impacto con el fondo, siendo:

X_m, Z_m : coordenadas (horizontal y vertical respectivamente) del punto de máxima altura del eje del chorro.

S_m : dilución en el eje, en el punto de máxima altura del chorro.

Z_t : altura del borde superior del chorro en el punto de máxima altura del eje.

X_r : alcance horizontal (desde la boquilla) en el punto de retorno (donde el eje del chorro alcanza, en su rama descendente, el nivel de la boquilla de vertido).

S_r : dilución en el eje, en el punto de retorno del chorro.

X_i : alcance horizontal (desde la boquilla) en el punto de impacto del chorro con el fondo.

S_i : dilución en el eje en el punto de impacto del chorro con el fondo.

3. FORMULACIÓN

brIHne-Jet es un modelo euleriano tridimensional que caracteriza el comportamiento estacionario del chorro resolviendo las ecuaciones de Navier-Stokes (en su versión RANS), mediante su integración en la sección transversal del chorro. La integración transforma el sistema de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales en un sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias, que se resuelve mediante el método numérico de Runge-Kutta de 4º orden, obteniendo el valor de las variables a lo largo del eje del chorro.

Para simular el efecto sobre el chorro de salmuera de las corrientes en el medio receptor introduce un término de arrastre en las ecuaciones de cantidad de movimiento, considerando los efectos de desviación o curvatura del chorro.

Las ecuaciones de gobierno se expresan a través de variables integrales o flujos, que, para un perfil de tipo Gauss en la sección transversal del chorro, responde a las siguientes expresiones:

$$\text{Flujo de volumen: } Q = \pi b^2 (U_c + 2U_A \cos\theta \cos\sigma)$$

$$\text{Flujo de cantidad de movimiento: } M = \pi \frac{b^2}{2} (U_c + 2U_A \cos\theta \cos\sigma)^2$$

$$\text{Flujo de flotabilidad: } J = \pi b^2 \left(U_c \frac{\lambda^2}{1+\lambda^2} + \lambda^2 U_A \cos\theta \cos\sigma \right) g'_c$$

$$\text{Flujo de masa del trazador: } Q_c = \pi b^2 \left(U_c \frac{\lambda^2}{1+\lambda^2} + \lambda^2 U_A \cos\theta \cos\sigma \right) C_c$$

Siendo:

$$g'_c: \text{ término de gravedad reducida, } g'_c = g \frac{\rho_c - \rho_A}{\rho_A}$$

λ : ratio de dispersión del radio del chorro.

El subíndice "c" se refiere al valor de las variables en el eje del chorro.

Para un sistema de coordenadas cartesianas (x, y, z) con origen (0, 0, 0) en el centro de la boquilla del chorro, las ecuaciones de gobierno, integradas en la sección transversal, que brIHne-Jet resuelve son las siguientes:

► Ecuación de Continuidad:

$$\frac{dQ}{ds} = E$$

► Ecuación de Conservación de la Cantidad de Movimiento (X):

$$\frac{d(M \cos\theta \cos\sigma)}{ds} = E U_A + F_d \sqrt{1 - \cos^2\theta \cos^2\sigma}$$

- Ecuación de Conservación de la Cantidad de Movimiento (Y):

$$\frac{d(M\cos\theta\sin\sigma)}{ds} = -F_D \frac{\cos^2\theta\sin\sigma\cos\sigma}{\sqrt{1 - \cos^2\theta\cos^2\sigma}}$$

- Ecuación de Conservación de la Cantidad de Movimiento (Z):

$$\frac{d(M\sin\theta)}{ds} = \pi\lambda^2 b^2 g'_o - F_D \frac{\cos\theta\sin\theta\cos\sigma}{\sqrt{1 - \cos^2\theta\cos^2\sigma}}$$

- Ecuación de conservación del flujo de flotabilidad:

$$\frac{dJ}{ds} = Q \frac{g - d\rho_A}{\rho_{ref}} \frac{dz}{dz} \sin\theta$$

- Ecuación de Conservación de la masa de trazador:

$$\frac{dQ_c}{ds} = 0$$

- Ecuaciones de la trayectoria del eje del chorro:

$$\frac{dx}{ds} = \cos\theta\cos\sigma; \quad \frac{dy}{ds} = \cos\theta\sin\sigma; \quad \frac{dz}{ds} = \sin\theta$$

El término E corresponde, como veremos, al ratio de incorporación (*entrainment*) de agua desde el medio receptor al efluente chorro. El término F_d expresa la fuerza de arrastre en el chorro, por la presencia de una corriente en el medio receptor (U_A).

3.1. Modelos de cierre de los términos turbulentos

Para poder resolver el sistema de ecuaciones anteriormente planteado, es necesario definir las expresiones de los términos de cierre para la incorporación de agua al chorro (E) y para la fuerza de arrastre (F_d).

El coeficiente de incorporación (E , *entrainment*) responde a la expresión:

$$E = 2\pi b U_c \left(\alpha_1 + \frac{\alpha_2 \sin\theta}{F_l^2} + \frac{\alpha_3 U_A \cos\theta \cos\sigma}{U_o + U_A} \right) + 2\pi b \alpha_4 U_A |\cos\theta \cos\sigma| \sqrt{1 - \cos^2\theta \cos^2\sigma}$$

El primer sumando representa la componente transversal de *entrainment*, que depende fundamentalmente de la velocidad relativa del eje del chorro respecto a la corriente (U_c), del ancho del chorro (b) y de los coeficientes empíricos ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$). El segundo sumando representa la componente azimutal del *entrainment*, cuyo valor está determinado sobre todo por la velocidad en el medio receptor (U_A) y el radio del chorro (b).

Los coeficientes α expresan el comportamiento asintótico del flujo. BrlHne-Jet utiliza los siguientes valores, propuestos por Jirka. (2004):

$\alpha_1 = 0.055$, coeficiente correspondiente a un chorro puro.

$\alpha_2 = 0.6$, coeficiente correspondiente a una pluma pura.

$\alpha_3 = 0.055$: coeficiente correspondiente a una estela pura.

$\alpha_4 = 0.5$, coeficiente correspondiente a una pluma advectiva.

La Figura 2, Jirka. (2004) muestra un esquema gráfico de estos dos términos transversal y acimutal de incorporación de agua del medio receptor al chorro.

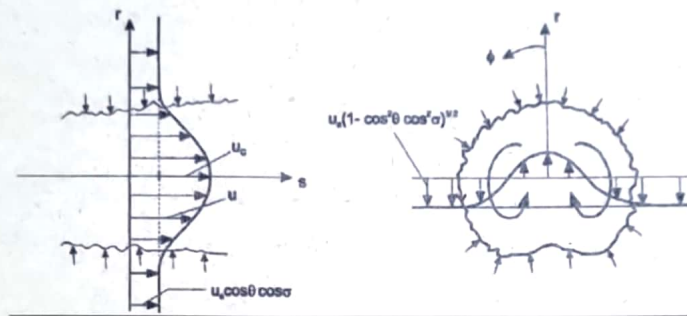


Figura 2: Términos que definen la incorporación de agua del medio receptor al chorro ("entrainment") en el modelo brlHne-Jet. Izquierda: término transversal. Derecha: término acimutal.

En relación con la componente transversal, el exceso de velocidad del eje del chorro (U_c) respecto del medio receptor genera inestabilidades en los bordes del chorro en forma de vórtices aximétricos, que junto con las inestabilidades secundarias que se superponen, acaban rompiendo y generando turbulencia en las tres direcciones, Jirka. (2004). Según esta aproximación, la incorporación de agua se produce de forma uniforme a lo largo del perímetro del chorro.

Respecto a la componente acimutal, la corriente del medio receptor, con componente normal: $U_A(1 - \cos^2 \theta \cos^2 \sigma)^{0.5}$ interactúa con cada rebanada del chorro y el rozamiento provoca de nuevo inestabilidades que motivan una incorporación de agua adicional. Si el medio receptor está en reposo ($U_A = 0$), la componente acimutal es nula. Para este caso, la fórmula clásica de *entrainment*, en un chorro sin curvatura, responde a la expresión, Priestley *et al.* (1955):

$$E = 2\pi b U_c \left(\alpha_1 + \frac{\alpha_2}{F_1^2} \right)$$

Para tener en cuenta la curvatura del chorro de flotabilidad negativa, Jirka. (2004) introduce el término $\sin \theta$ en la anterior ecuación de *entrainment*, que es el término que incorpora el módulo CORJET de Cormix, y también, por el momento, brlHne-Jet. Sin embargo, la validación con datos experimentales, Palomar *et al.* (2012), refleja que esta aproximación no es capaz de simular con precisión el complejo comportamiento de los chorros con flotabilidad negativa y curvatura, razón por la cual ambos modelos infravaloran la dilución del efluente.

Algunos autores han propuesto otras modificaciones a la fórmula original de *entrainment* para considerar la curvatura. En particular, Papakonstantis *et al.* (2008) sugiere modificar el valor de los coeficientes α_1 y α_2 para conseguir un mejor ajuste con los experimentales en el caso de chorros inclinados de flotabilidad negativa. Sin embargo, el valor de estos coeficientes universales ha sido teórica y experimentalmente contrastado por Fischer *et al.* (1979), Papanicolaou *et al.* (1988) y Wang *et al.* (2002), entre otros. Por tanto, esta modificación de los valores de los coeficientes, aparte de que no implica mejoras significativas en los resultados de la formulación, no puede considerarse rigurosa.

El segundo término de cierre de las ecuaciones integradas en la fuerza de arrastre o rozamiento sobre cada elemento de chorro, generado por la presencia de una corriente en el medio receptor, según la expresión:

$$F_d = C_D \sqrt{2} b U_A^2 (1 - \cos^2 \theta \cos^2 \sigma).$$

Siendo: C_D , el coeficiente de arrastre del chorro por efecto de la presencia de una corriente en el medio receptor. *BrIHne-Jet* toma como valor de este parámetro el propuesto por Jirka. (2004): $C_D = 1.3$.

Las ecuaciones de conservación de propiedades del flujo, junto con las ecuaciones de trayectoria del eje, la ecuación de estado y las ecuaciones de cierre forman un sistema de nueve ecuaciones con nueve incógnitas ($Q, M, J, Q_c, \sigma, \theta, x, y, z$), que en *brlHne-Jet* se resuelven mediante el método de Runge - Kutta de cuarto orden.

4. PERFILES TRANSVERSALES DEL CHORRO

4.1. Sección transversal asumida por *brlHne-Jet*

Los modelos numéricos de ecuaciones integradas (como los modelos comerciales UM3, Corjet y JetLag) asumen auto semejanza entre las secciones del chorro, lo que implica que, una vez adimensionalizados, los perfiles de las distintas secciones convergen, simplificando significativamente la resolución de las ecuaciones de gobierno.

BrIHne_Jet, análogamente a CORJET, asume también auto semejanza entre secciones y una forma del perfil transversal de tipo Gauss, que responde a las expresiones:

$$U = U_c e^{\left(\frac{-r^2}{b_u^2}\right)}$$

$$C = C_c e^{\left(\frac{-r^2}{\lambda b_c^2}\right)}$$

Siendo:

b_c : distancia radial (en la perpendicular al eje) donde la concentración es un 50% de la concentración en el eje.

b_u : distancia radial (en la perpendicular al eje) donde la velocidad es un 37% de la velocidad en el eje.

U_c : velocidad en el eje del chorro, relativa a la velocidad en el medio receptor.

C_c : concentración en el eje del chorro, relativa a la concentración en el medio receptor.

r : posición (distancia) radial desde el eje del chorro.

λ : ratio de dispersión entre la concentración y la velocidad en la sección transversal del chorro (relacionada con el N° de Schmidt). $\lambda = 1.2$, (Jirka, 2004).

La Figura 4 muestra los perfiles de tipo Gauss, asumidos por brIHne-Jet para el perfil de concentración (panel izquierdo) y de velocidad (panel derecho) en las secciones transversales del chorro de salmuera.

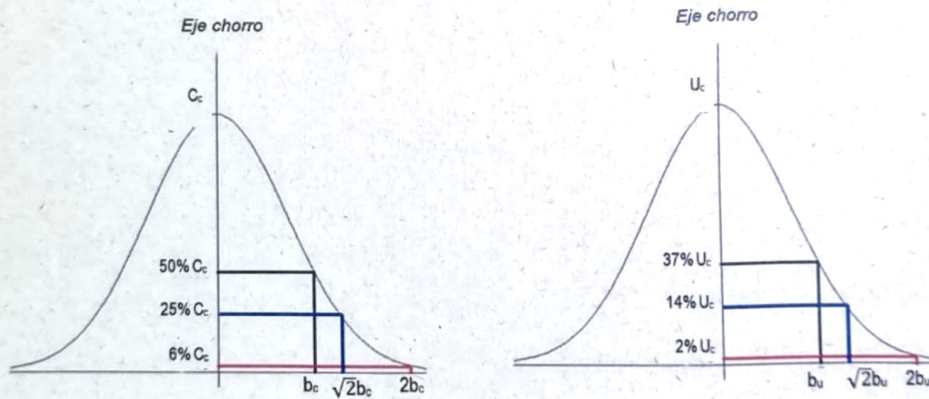


Figura 4. Perfiles transversales de concentración y velocidad del chorro de salmuera. Radios.

Para definir los bordes del chorro, es necesario sumar a cada punto de la trayectoria del eje (X, Y, Z) su correspondiente radio. Un perfil de tipo Gauss no está acotado en sus extremos, por lo que el radio se determina como una distancia radial donde la velocidad y concentración representan un determinado porcentaje respecto a su valor en el eje. De acuerdo con esto, se definen convencionalmente los siguientes radios del chorro para esta sección.

$r = b_c$: distancia radial donde la concentración es un 50% de la correspondiente al eje del chorro.

$r = b_u$: distancia radial donde la velocidad es un 37% de la correspondiente al eje del chorro

$r = \sqrt{2}b_c$: distancia radial donde la concentración es un 25% de la correspondiente al eje del chorro

$r = \sqrt{2}b_u$: distancia radial donde la velocidad es un 14% de la correspondiente al eje del chorro

$r = 2b_c$: distancia radial donde la concentración es un 6% de la correspondiente al eje del chorro

$r = 2b_u$: distancia radial donde la velocidad es un 2% de la correspondiente al eje del chorro

El modelo brIHne-Jet incluye entre sus resultados los valores de los radios: b_c , b_u , y de $2b_c$, $2b_u$ para toda la trayectoria del chorro hasta el punto de retorno, donde el eje alcanza el nivel de la boquilla ($Z = 0$).

Para definir el contorno del chorro se han considerado como radios los valores $2b_c$ y $2b_u$.

Conocidos el valor del radio y la curva a la que se ajusta el perfil, quedan definidas las secciones transversales del flujo.

5. DATOS DE ENTRADA

Como datos de entrada al modelo, el usuario debe introducir las siguientes variables:

H_A : profundidad media en la columna de agua en la zona de descarga.

ρ_A : densidad del medio receptor.

C_A : salinidad media en el medio receptor.

U_A : velocidad de la corriente en el medio receptor.

d_o : diámetro de la boquilla.

h_o : altura de la boquilla de vertido

U_o : velocidad inicial del chorro en la descarga.

ρ_o : densidad del efluente salmuera vertido.

C_o : concentración salina del efluente salmuera.

θ_o : ángulo de inclinación del chorro respecto al fondo en la descarga.

σ : ángulo (proyección horizontal) del eje del chorro con respecto a la corriente en el medio receptor.

De lo que resulta un número de Froude Densimétrico inicial: $F_o = \frac{U_o}{\sqrt{d_o g}}$.

5.1. Rango admisible de valor de las variables

Considerando el ámbito de aplicación para el modelo brIHne-Jet (vertido al mar de la salmuera procedente de las plantas desalinizadoras), se ha establecido una serie de limitaciones y condiciones a cumplir por los datos de entrada. En el caso de que estas condiciones no se cumplan, el modelo no ejecuta.

La Tabla 1 sintetiza estas condiciones, mientras que la Tabla 2 muestra el rango de valores admisibles para los parámetros del medio receptor, y la Tabla 3 para los parámetros del efluente y del dispositivo de descarga.

Condición	Justificación
$\rho_o > \rho_A$	El efluente ha de tener una densidad mayor que el fluido del medio donde se realiza el vertido, dado que simula una descarga de salmuera.
$C_o > C_A$	El efluente ha de tener una concentración salina mayor que el fluido del medio donde se realiza el vertido, dado que simula una descarga de salmuera.
$\frac{U_o}{U_A} > 1.25$	
$Z_t < 0.95 * H_A$	Si el borde superior del chorro (Z_t) impacta con la superficie libre (H_A), <i>brIHne-Jet</i> no ejecuta, dado que una de la hipótesis asumidas es un medio receptor ilimitado (sin choque del chorro con los contornos).
$\theta_o < 75^\circ$ $\theta_o > 5^\circ$	El modelo no simula vertido de chorros verticales, dado que no es capaz de modelar efectos de intrusión. Tampoco simula chorros horizontales, ya que tampoco es capaz de modelar efectos de adhesión tipo COANDA.

Tabla 1. Condicionantes a los datos de entrada del modelo *BrIHne-Jet*

Variable	H_A	ρ_A	C_A	U_A
Unidad	m	Kg/m ³	psu	m/s
Rango de valores admisibles	1 - 200	900 - 1200	0 - 100	0 - 2.5

Tabla 2. Rango de valores admisibles para las condiciones en el medio receptor, en los datos de entrada al modelo *BrIHne-Jet*

Variable	d_o	h_o	U_o	ρ_o	C_o	θ_o	σ
Unidad	m	m	m/s	Kg/m ³	psu	°	°
Rango de valores admisibles	0 - 3	0 - 4	0 - 10	900-1200	0 - 100	5 - 75	0 - 360

Tabla 3. Rango de valores admisibles para las condiciones del efluente y el diseño del dispositivo de descarga, en los datos de entrada al modelo *BrIHne-Jet*.

6. RESULTADOS DEL MODELO

Introducidos los datos de entrada y ejecutado el modelo, se obtienen los siguientes resultados:

- Valor de los flujos iniciales (de caudal, *momentum* y flotabilidad) y de las escalas de longitud características.
- Variables de la zona de desarrollo de los perfiles auto-semejantes (previamente a alcanzar la zona donde se asume la auto-semejanza entre secciones).
- Valor de las variables en los puntos característicos de la trayectoria del chorro: punto de máxima altura, punto de retorno (donde el eje del chorro alcanza el nivel de la boquilla en su rama descendente) y punto de impacto del chorro con el fondo.
- Evolución de las siguientes variables en la trayectoria del chorro, desde la boquilla hasta el punto de impacto con el fondo:
 - Trayectoria del eje del chorro ($X_{eje}, Y_{eje}, Z_{eje}$).
 - Dilución en el eje (S_{eje}), considerando un perfil transversal de concentraciones de tipo Gauss, y valor de la dilución media (S_{ave}), considerando un perfil de concentraciones uniforme.
 - Concentración salina en el eje del chorro (C_{eje}).
 - Semiancho o radio del chorro (b), definido como la distancia radial (a partir del eje) para la cual la concentración es un 50% y la velocidad un 37% de la correspondiente al eje.
 - Número de Froude densimétrico (F_{eje} o F_{rd}).
 - Velocidad en el eje del efluente (U_{eje}).
 - Inclinación de la trayectoria del chorro respecto al fondo (θ).

Estos resultados se presentan de forma gráfica y analítica en la interfaz de la aplicación, así como en tablas en formato Excel, que el usuario puede descargar desde el portal web.

El modelo ha sido además programado para que, una vez ejecutado (siempre que los datos de entrada cumplan con las condiciones descritas en el apartado 5.1), se genere automáticamente un **informe de resultados** en formato "pdf". Dicho informe incluye la información de interés en relación con la simulación del comportamiento del vertido, mencionada en los anteriores apartados.

7. CALIBRACIÓN

Por el momento el modelo brIHne-Jet ha sido calibrado con la aproximación numérica a las ecuaciones diferenciales y los valores de los coeficientes experimentales propuestos en Jirka. (2004) y definidos en las secciones previas. Esta aproximación y coeficientes son también los que asume el módulo CORJET del software comercial CORMIX, razón por la cual brIHne-Jet obtiene, por el momento, resultados análogos a los de este módulo.

Sin embargo, la validación de CORJET llevada a cabo en Palomar *et al.* (2012), y de brIHne-Jet, presentada en la sección 8 de este documento, evidencian un ajuste pobre de los resultados numéricos respecto a datos experimentales de diversos autores, especialmente para la variable dilución.

Ensayos experimentales llevados a cabo con técnicas ópticas muy precisas en el Instituto de Hidráulica Ambiental han evidenciado las razones de la desviación entre los resultados de brIHne-Jet (y también de CORJET, UM3 o JetLag) y los datos experimentales.

La primera justificación se encuentra en el hecho de que, si bien las hipótesis de auto-semejanza entre secciones y perfil de tipo Gauss son válidas en chorros neutros o con flotabilidad sin curvatura, no son hipótesis aceptables en el caso de chorros con flotabilidad negativa y con inclinación. Los ensayos realizados en el IH Cantabria, así como los presentados por otros autores: Kikkert *et al.* (2007), Shao *et al.* (2010), Papakonstantis *et al.* (2011,b), evidencian que ambas hipótesis se cumplen razonablemente bien en el contorno superior de este tipo de chorros, pero no son sin embargo asumibles en el contorno inferior. El borde inferior experimenta un continuo aumento de su ancho con respecto al borde superior del chorro, debido al *entrainment* adicional generado por la rotura del flujo y la caída de vórtices desde el contorno inferior, como consecuencia de la fuerza gravitacional.

La Figura 5, obtenida de los ensayos realizados en el IH Cantabria, ilustra este comportamiento mostrando los perfiles transversales adimensionalizados de velocidad (paneles izquierdos) y de concentración (paneles derechos) de un chorro de salmuera con inclinación de 30º en la descarga.

Los paneles superiores muestran mediante líneas solidas de color blanco la posición de los distintos perfiles en la trayectoria del chorro, mientras que en los paneles inferiores se representan los perfiles adimensionales en las posiciones X/D seleccionadas (siendo D : diámetro de la boquilla y X : distancia horizontal desde la boquilla). En estos perfiles, el eje de ordenadas representa los valores de concentración (C) y velocidad (U) media, adimensionalizados con sus correspondientes valores en el eje (C_c y U_c , respectivamente). El eje de abscisas muestra la distancia radial desde el eje (r) adimensionalizada con radio de concentración (b_c) y de velocidad (b_u) correspondiente a dicha posición. Los valores $r/b < 0$ corresponden al contorno superior del chorro y los valores $r/b > 0$, al contorno inferior. El valor $r/b = 0$ marca la posición del eje del chorro.

Sobre estos perfiles, medidos experimentalmente y adimensionalizados, se han dibujado las curvas de tipo Gauss asumidas por brIHne-Jet y presentadas en la Figura 4:

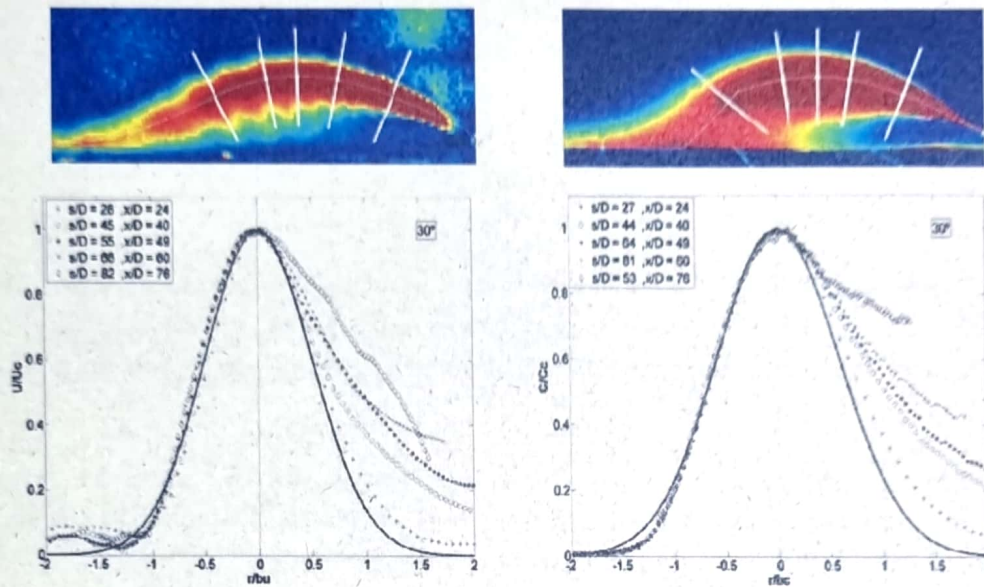


Figura 5. Perfiles transversales adimensionalizados de velocidad (panel izquierdo) y de concentración (panel derecho) de un chorro con inclinación en la descarga de 30° .

Como se observa en la Figura 5, en las secciones cercanas a la boquilla (valores más pequeños de X/D), los perfiles adimensionalizados de velocidad y concentración convergen en curvas de tipo Gauss, con su valor máximo en el eje del chorro. Por tanto, estos perfiles se ajustan bien a las hipótesis de auto semejanza entre secciones y perfil de tipo Gauss. Sin embargo, en secciones más alejadas de la boquilla (valores más grandes de X/D), dicha convergencia solo se mantiene en el contorno superior del chorro ($r/b < 0$), mientras que el contorno inferior ($r/b > 0$) se deforma, aumentando progresivamente su ancho respecto al contorno superior, con una forma distorsionada, donde las hipótesis de auto semejanza y perfil de tipo Gauss dejan de ser válidas.

El modelo *brIHne-Jet* (al igual que *CORJET*, *UM3* y *JetLag*) no considera, por el momento, este comportamiento singular de los chorros con flotabilidad negativa y curvatura en su trayectoria. Por esta razón, sus ecuaciones no simulan rigurosamente el ratio de incorporación de agua del fluido receptor al chorro (*entrainment*) y sus resultados infravaloran la dilución en el eje, como se observa en la próxima sección.

Próximamente, el modelo *brIHne-Jet* será re-calibrado gracias a datos experimentales obtenidos con técnicas óptica no-intrusivas de anemometría láser en el Instituto de Hidráulica de Cantabria.

8. VALIDACIÓN CON DATOS EXPERIMENTALES DE OTROS AUTORES

Para validar el modelo BrIHne-Jet se han comparado sus resultados con datos experimentales publicados por los siguientes varios autores, correspondientes a vertidos en medio receptor en reposo y en movimiento: Roberts *et al.* (1987), Roberts *et al.* (1997), Cipollina *et al.* (2005), Kikkert *et al.* (2007), Shao *et al.* (2010), Papakonstantis *et al.* (2011, a), Papakonstantis *et al.* (2011, b), cuyas referencias se encuentran al final del presente documento.

Estos estudios experimentales presentan ensayos de chorros hipersalinos con distintos ángulo de descarga (θ_o) y número de Froude densimétrico (F_{Td}), vertidos en un medio receptor en reposo o en movimiento, con distintos valores relativos entre la corriente en el medio y la velocidad del chorro. Realizados los ensayos y analizados los datos, los autores los utilizan la calibrar fórmulas de análisis dimensional correspondientes a este tipo de chorros.

8.1. Validación para un medio receptor en reposo

En las Figuras 6 a 8 se comparan con datos experimentales los resultados de brIHne-Jet para vertidos de chorros hipersalinos con las siguientes inclinaciones en la descarga: $\theta_o = 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$. Los resultados se han validado para varias variables en los dos puntos característicos de la trayectoria del chorro: punto de máxima altura y punto de retorno, donde el chorro alcanza, en su rama descendente, el nivel de la boquilla de vertido.

En los gráficos, las variables se han adimensionalizado de acuerdo con el análisis dimensional para este tipo de chorros. Para las variables de trayectoria, se utiliza la escala de longitud: L_M , que se relaciona con el número de Froude densimétrico (F_o) y el diámetro de la boquilla (d_o) mediante la expresión: $L_M = \left(\frac{\pi}{4}\right)^{1/4} d_o F_o$. Los valores de dilución (S) se han adimensionalizado con el número de Froude (F_o).

La Figura 6 muestra la posición horizontal (X_m) y vertical (Z_m) del eje del chorro en el punto de máxima altura de su trayectoria.

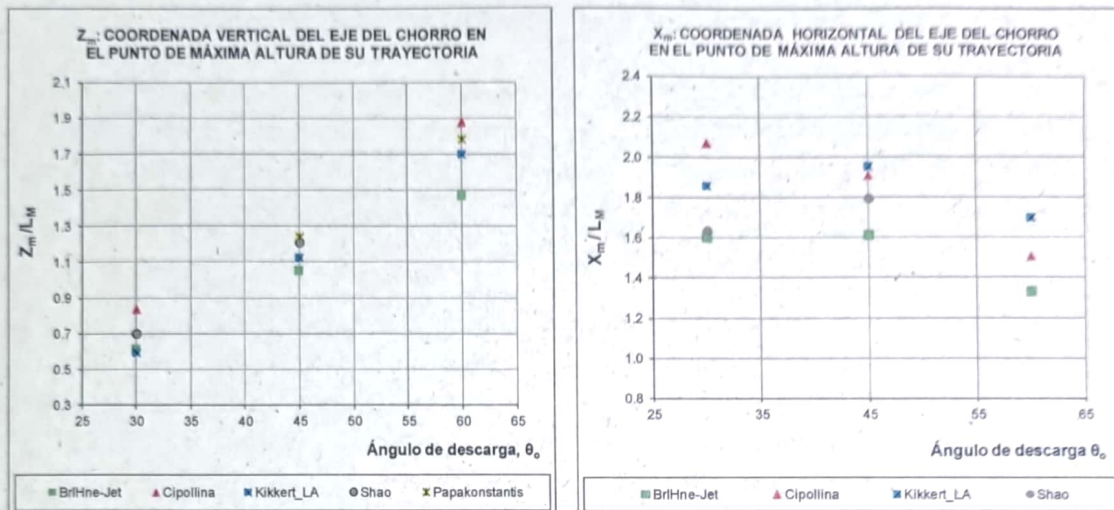


Figura 6. Validación de brIHne-Jet para la posición del eje en el punto de máxima altura (X_m, Z_m)

En la Figura 7 se comparan los valores adimensionalizados de la máxima altura del borde superior del chorro (Z_t) en dicho punto de máxima altura del eje del chorro, considerando un radio $R = 2b$. Este radio equivale en un perfil de tipo Gauss como el que brIHne-Jet asume, a la distancia radial para la cual la concentración es un 6% del valor en el eje.

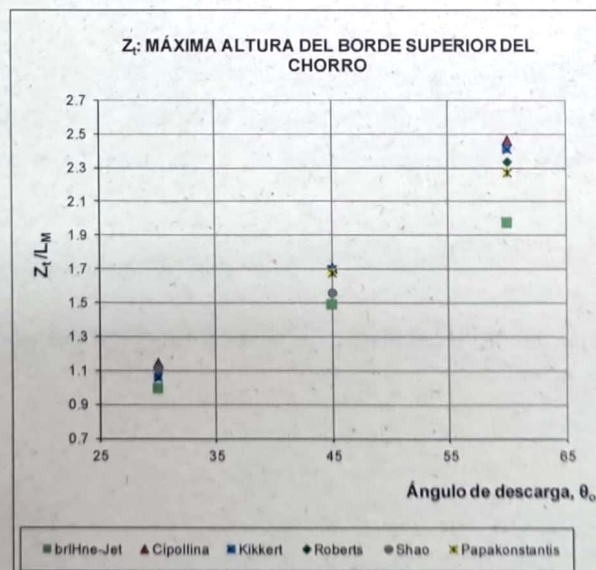


Figura 7. Validación de brIHne-Jet para la máxima altura del borde superior del chorro en el punto de máxima altura (Z_t).

De acuerdo con las Figuras 6 y 7, el modelo brIHne-Jet presenta un ajuste razonablemente bueno de la posición del eje en el punto de máxima altura (X_m, Z_m), así como de la altura del borde superior del chorro en dicho punto (Z_t), infra-estimando ligeramente el valor de estas variables.

La Figura 8 compara con datos experimentales el valor del alcance horizontal del eje o distancia desde la boquilla hasta el punto de retorno (X_r), mientras que en la Figura 9 se validan los valores de la dilución en el eje en este punto (S_r).

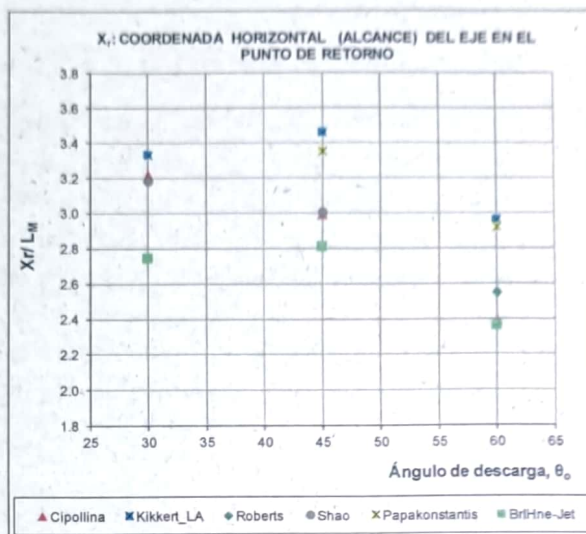


Figura 8. Validación de briHne-Jet para el alcance horizontal del chorro en el punto de retorno (X_r).

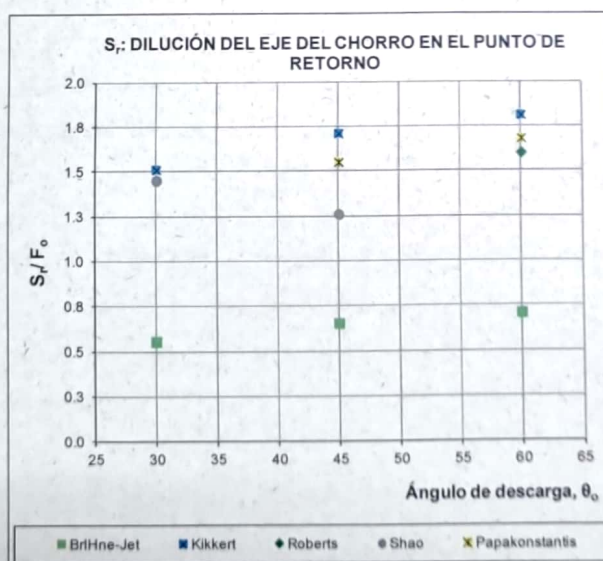


Figura 9. Validación de BriHne-Jet para la dilución en el eje en el punto de retorno (S_r).

Análogamente a la validación de la trayectoria del chorro en el punto de máxima altura, los resultados de briHne-Jet presentan un ajuste razonable para los valores de alcance horizontal del chorro en el punto de retorno (X_r), infravalorando ligeramente su valor respecto a los datos experimentales (desviaciones de aproximadamente un 15% respecto a la media de los valores experimentales). Los valores de dilución en el punto de retorno (S_r) presentan sin embargo con peor ajuste, con diferencias (infra-estimaciones) en torno a un 60% respecto a los datos experimentales para todos los ángulos. Esta desviación es similar a la que presentan los modelos comerciales CORJET, UM3 o JetLag según la validación realizada en Palomar *et al.* (2012).

Este hecho refleja que el modelo brIHne-Jet, al igual que los otros modelos comerciales, no es capaz de reproducir el complejo proceso de mezcla y dilución del chorro de salmuera con el medio receptor, siendo una aproximación básica del fenómeno.

8.2. Validación en caso de medio receptor en movimiento

En esta sección, se presenta la validación del modelo brIHne-Jet para un vertido de salmuera en un medio receptor dinámico. Para eso, se han comparado los resultados numéricos del modelo con los datos experimentales publicados por Roberts *et al.* (1987) y por Gungor *et al.* (2009), que son los hasta el momento disponibles en la literatura científica para medio en movimiento. Los ensayos realizados por estos autores se centran en chorros con ángulos de descarga: $\theta_o = 60^\circ, 90^\circ$.

La velocidad de la corriente en el medio receptor (U_A) se presenta en relación con la velocidad del chorro en la descarga (U_o), mediante una expresión de velocidad relativa ($U_r = \frac{U_A}{U_o}$). La dirección de la corriente se mide a través del ángulo relativo (σ) que forma con el chorro en la descarga.

Como variables para la validación, se utilizan la máxima altura del borde superior del chorro (Z_t) y la dilución en el eje en el punto de impacto del chorro con el fondo (S_i). La primera variable se ha adimensionalizado con el diámetro de la boquilla (d_o) y el número de Froude densimétrico (F_o), mientras que la dilución, con el número de Froude.

La Figura 10 muestra la validación de los resultados de brIHne-Jet para un chorro con una inclinación en la descarga de 60° en un medio receptor con una corriente de la misma dirección y sentido que en chorro en la descarga (*coflowing*).

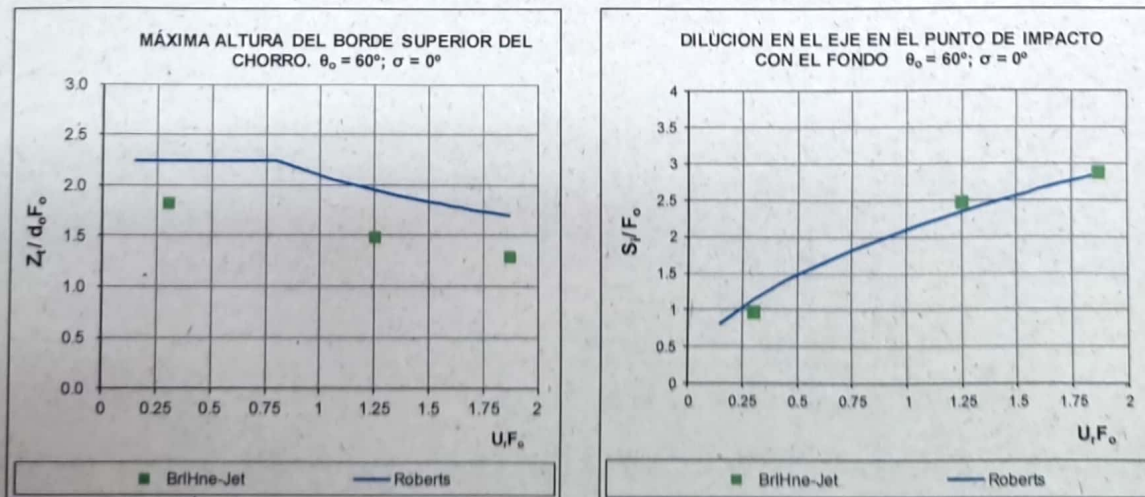


Figura 10. Validación de BrIHne-Jet para un chorro de 60° vertido en un medio con corriente en la dirección y sentido del chorro ($\sigma = 0^\circ$).

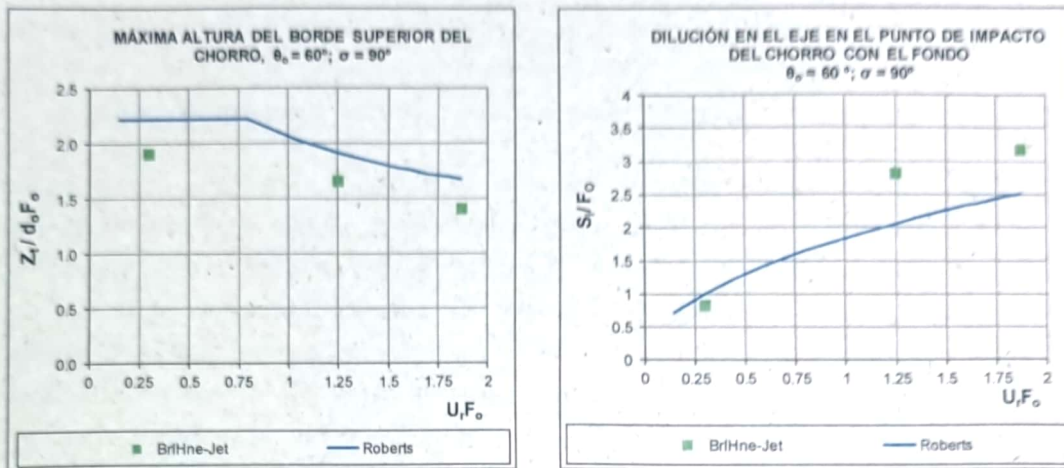


Figura 10. Validación de BrIHne-Jet para un chorro de 60° vertido en un medio receptor con una corriente perpendicular al chorro en la descarga ($\sigma = 90^\circ$).

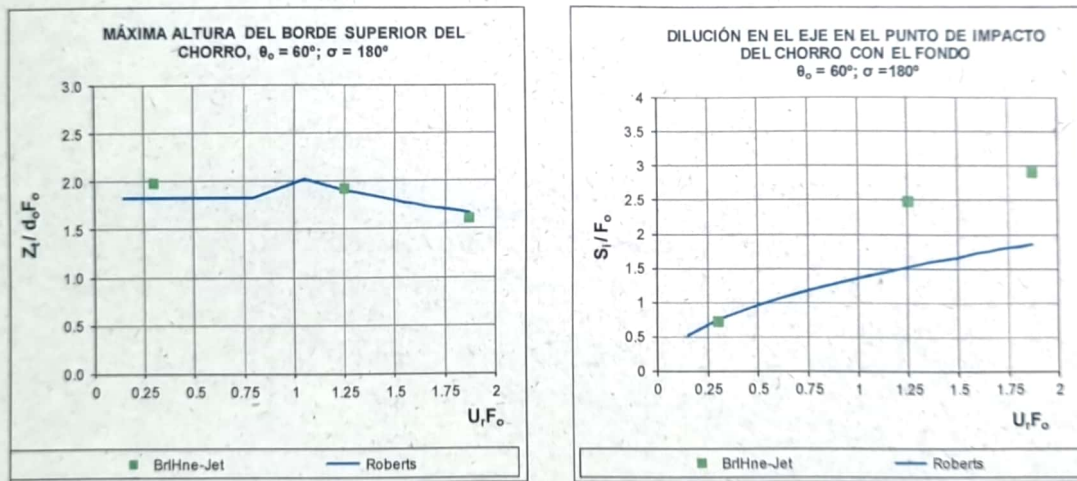


Figura 11. Validación de BrIHne-Jet para un chorro de 60° vertido en un medio receptor con una corriente de la misma dirección pero sentido opuesto al chorro en la descarga ($\sigma = 180^\circ$).

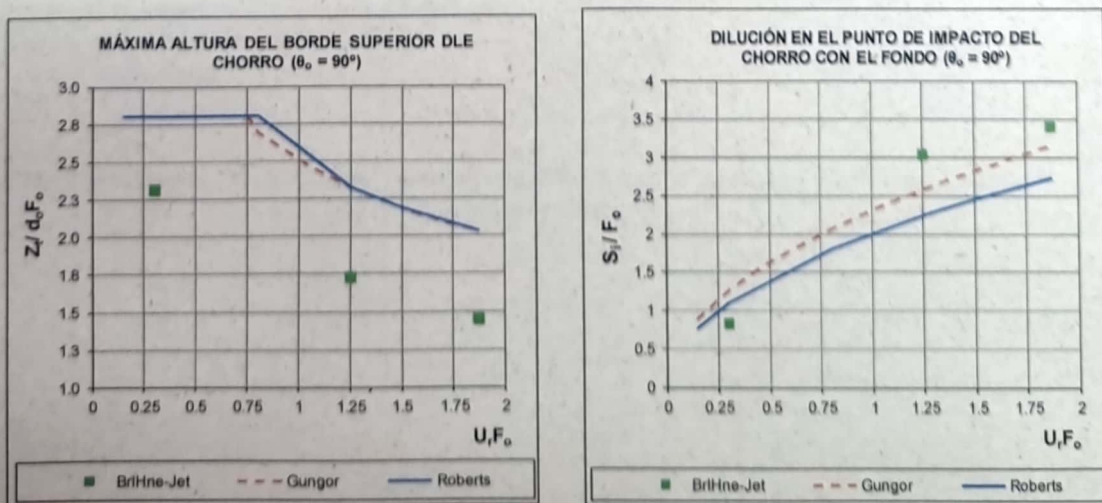


Figura 12. Validación de BrIHne-Jet para un chorro de 90° vertido en un medio con corriente.

Las Figuras 9 a 12 muestran que los resultados de brlHne-Jet siguen en general las tendencias obtenidas de los datos experimentales, disminuyendo la altura máxima alcanzada por el chorro y aumentando la dilución a mayor velocidad relativa (U_r) de la corriente respecto al chorro.

Como se observa en los gráficos, brlHne-Jet infra-estima en todos los casos la máxima altura del borde superior del chorro (Z_t) obtenida experimentalmente, siendo esta infraestimación más significativa en el caso de un chorro vertical ($\theta_o = 90^\circ$). Respecto a la dilución en el eje en el punto de impacto del chorro con el fondo (S_i), se observa que el modelo ajusta correctamente en el caso de velocidades relativas pequeñas (es decir, velocidades de chorro mucho más grandes que la velocidad de la corriente en el medio receptor). Sin embargo, para velocidades en el medio receptor iguales o superiores a las del chorro en la descarga, brlHne-Jet sobreestima el valor de la dilución respecto a lo obtenido experimentalmente. Para el caso de una corriente de la misma dirección y sentido que el chorro en la descarga, $\sigma = 0^\circ$ (Figura 10), el ajuste de la dilución es bueno para todos los valores de velocidad relativa validados.

La Tabla 3 sintetiza las desviaciones obtenidas entre los resultados de brlHne-Jet y los datos experimentales, para chorros de salmuera con inclinación en la descarga, vertidos en medio receptor estático y dinámico.

ERROR ESTIMADO DE LOS MODELOS COMERCIALES AL SIMULAR VERTIDOS EN CHORRO DE SALMUERA (↓: infravaloración; ↑: sobrevaloración)				
MEDIO RECEPTOR EN REPOSO	Variable	$\theta = 30^\circ$, inclinación del chorro	$\theta = 45^\circ$, inclinación del chorro	$\theta = 60^\circ$, inclinación del chorro
	Z_t :	~10%↓	~10%↓	~15%↓
	S_r :	~60%↓	~60%↓	~60%↓
	X_r :	~15%↓	~10%↓	~15%↓
MEDIO RECEPTOR EN MOVIMIENTO Chorro inclinado 60°	Variable	Corriente paralela al chorro y mismo sentido $\theta = 60^\circ, \sigma = 0^\circ$	Corriente paralela y de sentido opuesto al chorro $\theta = 60^\circ, \sigma = 180^\circ$	Corriente perpendicular al chorro $\theta = 60^\circ, \sigma = 90^\circ$
	Z_t :	~25%↓	10%↑ a 5%↓	~30%↓
	S_r :	15%↓ a 1%↑	2%↓ a 60%↑	25%↓ a 25%↑

Tabla 3. Síntesis de las desviaciones entre los resultados de brlHne-Jet y los datos experimentales publicados por varios autores.

9. INFORMACIÓN ADICIONAL

Junto al presente documento de especificaciones técnicas, el modelo brIHne-Jet incluye un fichero de valores realistas y recomendados para los datos de entrada al modelo, considerando valores óptimos de diseño de la configuración de la descarga y enfocado a vertidos de salmuera en el Mar Mediterráneo. Para obtener datos de clima marino en el Mediterráneo (temperatura, salinidad, corrientes) enfocados a vertidos de plantas desaladoras, se recomienda acceder y descargar el "Atlas de clima marino para vertidos de salmuera" desarrollado en el marco del proyecto MEDVSA (www.medvsa.es ; pestaña de clima marino).

El modelo brIHne-Jet ha sido programado por el Instituto de Hidráulica Ambiental, basado en la aproximación numérica y coeficientes experimentales propuestos por Jirka. (2004), análogamente al modelo CORJET de Cormix. Bajo esta aproximación, ambos modelos infravaloran ligeramente la trayectoria e infravaloran significativamente la dilución a lo largo del chorro, en relación con lo obtenido experimentalmente por diversos autores.

Próximamente, brIHne-Jet será re-calibrado con datos experimentales de precisión obtenidos en el laboratorio de IH Cantabria mediante técnicas ópticas no intrusivas de anemometría láser, a fin de obtener un mejor ajuste con los datos experimentales.

Para más información sobre el modelo: brihnesupport@ihcantabria.com.

10. REFERENCIAS

Cipollina, A., Brucato, A., Grisafi, F., Nicosia, S. (2005). "Bench-Scale Investigation of Inclined Dense Jets". *Journal of Hydraulic Engineering*, vol. 131, no 11, pp. 1017 - 1022.

Fischer, H. B., List, E. J., Imberger, J., Brooks, N. H. (1979). "Mixing in inland and coastal waters". Academic Press, N.Y.

Jirka, G. H. (2004). "Integral model for turbulent buoyant jets in unbounded stratified flows. Part I: The single round jet". *Environmental Fluid Mechanics*, vol. 4, pp. 1 - 56.

Kikkert, G. A., Davidson, M. J., Nokes, R. I. (2007). "Inclined Negatively Buoyant Discharges". *Journal of Hydraulic engineering*, vol. 133, pp. 545 - 554.

Palomar, P, Lara, J.L., Losada, I.J. (2012). "Near field brine discharge modeling. Part 2: Validation of commercial tools". *Desalination*, vol. 290, pp. 28 - 42.

Papakonstantis, I. G., Papanicolau, P. N., Christodoulou, G. C. (2008). "On the entrainment coefficient in negatively buoyant jets". *Journal of Fluids Mechanics*, vol. 614, pp. 447 - 470.

Papakonstantis, I. G., Christodoulou, G. C., Papanicolau, P.N. (2011, a). "Inclined negatively buoyant jets 2: Concentration measurements". *Journal of Hydraulics Research*, Taylor and Francis Group, vol. 49, No .1, pp. 3 - 12.

Papakonstantis, I. G., Christodoulou, G. C., Papanicolau, P.N. (2011, b). "Inclined negatively buoyant jets 1: Geometrical characteristics". *Journal of Hydraulics Research*, vol. 49, No. 1, pp. 13 - 22.

Papanicolaou, P. N., List, E. J. (1988). "Investigations of round vertical turbulent buoyant jets". *Journal of Fluid Mechanics*, vol. 195, pp. 341 - 391.

Pincince, A. B., List, E. J. (1973). "Disposal of brine into an estuary". *Journal of the Water Pollution Control Federation*, vol. 45, pp. 2335 - 2444.

Priestley, C. H. B., Ball (1955). "Continuous convection from an isolated source of heat". *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, vol. 81, pp. 144 - 157.

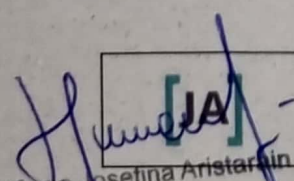
Roberts, P. J. W., Toms, G. (1987). "Inclined dense jets in a flowing current". *Journal of Hydraulic Engineering*, vol. 113, nº 3, pp. 323 - 341.

Roberts, P. J. W; Ferrier, A; Daviero, G. (1997). "Mixing in inclined dense jets". *Journal of Hydraulic Engineering*, vol. 123, No 8, pp. 693 - 699.

Shao, D., Law, A. W. K. (2010). "Mixing and boundary interactions of 30° and 45° inclined dense jets". *Environmental Fluid Mechanics*, vol. 10, nº 5, pp. 521 - 553.

Wang, H., Law, A. W. K. (2002). "Second-order integral model for a round turbulent buoyant jet". *Journal of Fluid Mechanics*, vol. 459, pp. 397 - 428.

Anexo X. Influencia de Puerto Madryn en Bahía Nueva mediante Salinidad y Temperatura. Evidencia de Fenómenos de Surgencia. Centro Nacional Patagónico (1978). Contribución N° 26.


[IA]
María Josefina Aristarain
Ing. Ambiental
M.P. 2212



CENTRO NACIONAL PATAGONICO
CONTRIBUCION N°. 26

**Influencia de Puerto Madryn en Bahía Nueva
Mediante Salinidad y Temperatura.
Evidencia de Fenómenos de Surgencia.**

por

José Luis Esteves y
Norma De Vido de Mattio

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas - CONICET
Secretaría de Estado de Ciencia y Tecnología - SECYT
Centro Nacional Patagónico

28 de Julio esq. J. A. Roca - PUERTO MADRYN 9120
Chubut - Argentina



SUMMARY

PUERTO MADRYN'S INFLUENCE AT BAHÍA NUEVA BY MEANS OF SALINITY AND
TEMPERATURE ANALYSIS. THE UPWELLING'S PHENOMENON IN THIS AREA.

To know the Puerto Madryn's influence at Golfo Nueve we have done a study, along thirteem months, od different chemical and physical parameters.

Due to coastal efluents the salinity has some variations that can be easily identified, but their influrnvr id lovs1 yet and it can not be seen at deep stations or those far from the coast.

The evolution of the salinity cycle is not annual but its mean value is nearly 33,740 ‰; howeve we can see the fluctuations along the time; the lowers mainly in December 77 (33.677 ‰) and October 78 (33.695 ‰).

In summer, here was a direct relationship with the temperature and we found a good lineal correlation.

The temperature shows variations and its figure seems to accord with the mathematical model found to this area, except in January, when it falls under the stated limit.

By means of chemical and physical analysis we can associate the falling of temperature with an upwelling process which was responsible for the renewal of the Bahía Nueva waters.-

This phenomenon has a very great importance in the autodepuration process of Bahía Nueva waters.-



RESUMEN

INFLUENCIA DE PUERTO MADRYN EN BAHIA NUEVA MEDIANTE SALINIDAD Y TEMPERATURA.- EVIDENCIA DE FENOMENOS DE SURGENCIA.-

Con el fin de conocer la influencia de Puerto Madryn en el Golfo Nuevo, se ha llevado a cabo un estudio durante trece meses en la zona del Golfo denominada Bahía Nueva.

La salinidad varía como consecuencia de los vertidos costeros que se identifican fácilmente, pero su influencia es aún local y no se manifiesta en estaciones profundas ó alejadas de la costa. La salinidad general no parece obedecer a ningún ciclo anual y su valor medio se halla en bs 33.740‰, si bien presenta fluctuaciones a lo largo del año con dos picos de baja salinidad en Diciembre/77 (33,677‰) y Octubre/78 (33.695‰).

En los meses de verano su relación con la temperatura es directa en esta zona y se encuentra una buena correlación lineal.

La temperatura presenta un ciclo anual normal y responde bien a un modelo establecido a partir de doce años de muestreos, a excepción del mes de Enero en que esta desciende por debajo de los límites fijados.

Mediante el análisis de varios parámetros químicos y físicos, se observa que esta disminución de la temperatura del agua ha sido debida a un fenómeno de surgencia, responsable de la renovación total de las aguas de Bahía Nueva. Esto es un fenómeno de gran importancia, ya que aumenta el poder autodepurador de las aguas de Bahía Nueva.-

I. INTRODUCCION

La existencia de Puerto Madryn en la costa Oeste del Golfo Nuevo (zona de Bahía Nueva) produce alteraciones más ó menos notables en las



características de sus aguas adyacentes.

Por las características del Golfo y por la tendencia de la zona de Bahía Nueva, de no renovar fácilmente sus aguas (Mattio y Esteves, 1978) surge la necesidad de ejercer un control estricto de varios parámetros indicadores de la evolución de este sistema.

Para la mayor comprensión de los procesos involucrados en este biotopo, analizaremos primero la relación Temperatura-Salinidad, dejando para un próximo estudio los análisis de nutrientes, oxígeno disuelto, clorofila y alcalinidad.

Hacemos esta diferenciación por el comportamiento típico de la salinidad como un parámetro conservativo que nos dará las características de la masa de agua involucrada y su variación producida por factores externos o internos.-

II. DESCRIPCION DEL AREA EN ESTUDIO

Las características físicas de esta zona han sido suficientemente analizadas por Mattio y Esteves (1978), por lo que no nos detendremos aquí en esas consideraciones.

La Figura 1 muestra el Golfo Nuevo y su posición relativa.

En la Figura 2 se observan las estaciones escogidas en la zona de muestreo, en Bahía Nueva y Punta Loma. Los puntos elegidos han sido ubicados de tal forma que cubren todo el área de Bahía Nueva y una zona de referencia en Punta Loma.-

III. TOMAS DE MUESTRAS Y METODOS UTILIZADOS

La toma de muestras se realizó mensualmente en las 21 Estaciones y a tres profundidades: 0 m., 5 m. y fondo, mediante el empleo de botellas Nansen. La temperatura se observó con una frecuencia semanal en tres estaciones. En superficie se ha determinado por medio de termómetro de cubeta y en profundidad utilizando termómetros de inversión adosados a las botellas Nansen.

Los análisis de salinidad se realizaron mediante un salinómetro inductométrico (Plessey Environmental Systems), calibrado con agua

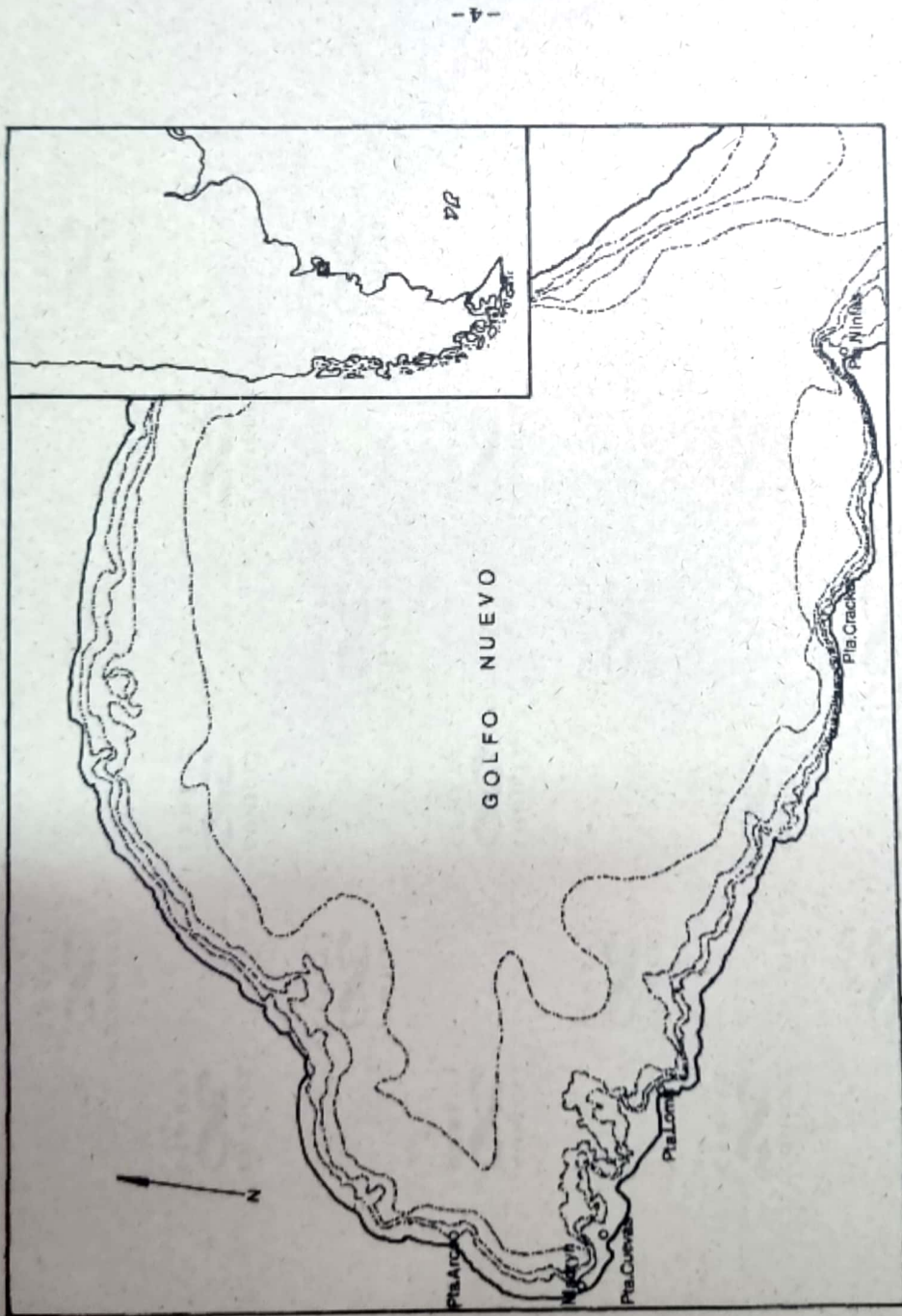


Figura 1

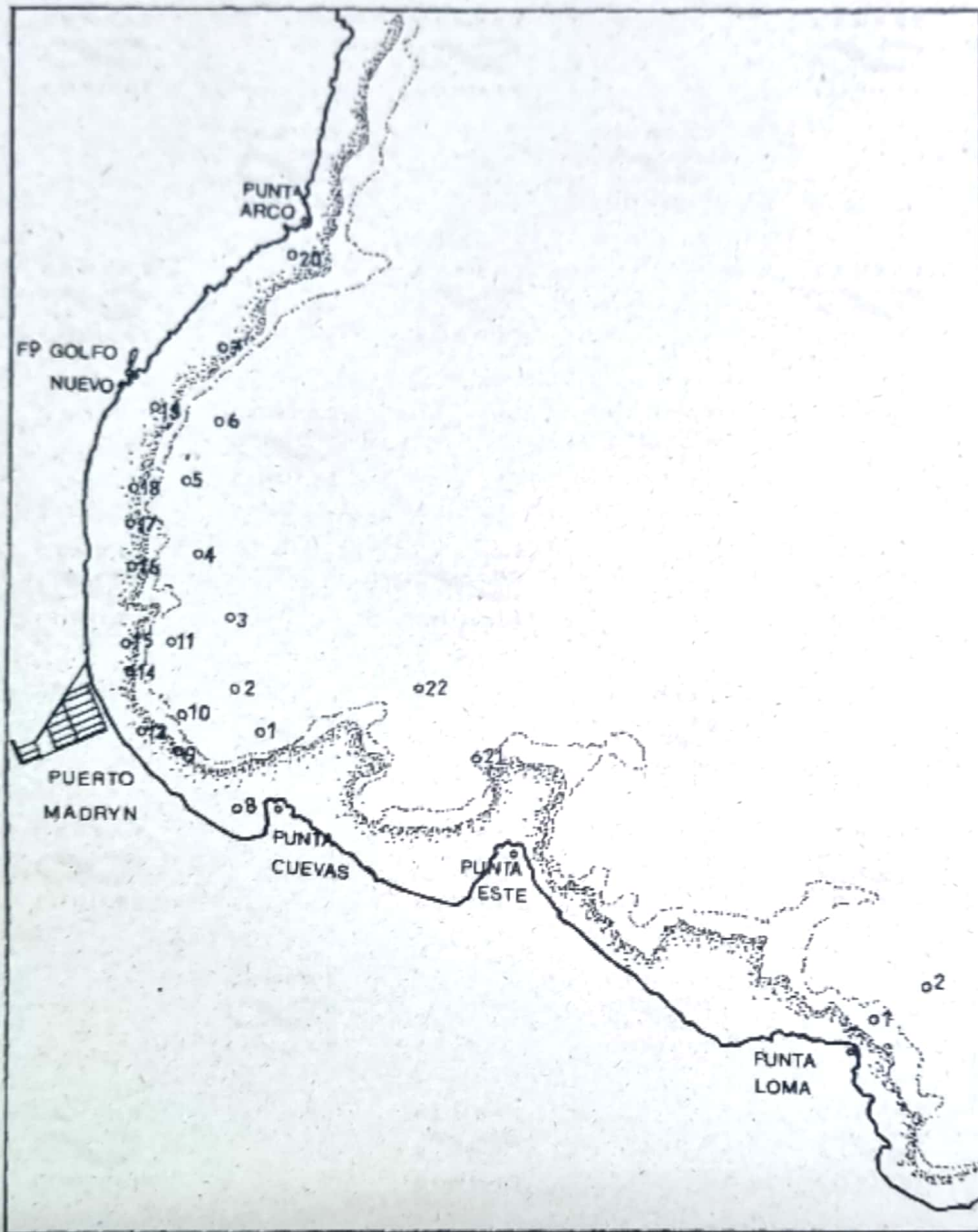


Figure 2

substandard, cuya salinidad exacta fue determinada con agua de mar Standard provista por el I.A.P.S.O. (Institute of Oceanographic Sciences, Wormley, Godalming, Surrey, England). La precisión del equipo está en el rango de $\pm 0.003 \%$. -

IV. INTERPRETACION DE RESULTADOS

Las Tablas 1 y 2 muestran los datos de Salinidad y Temperatura respectivamente, obtenidos en las 21 Estaciones ubicadas en la zona Bahía Nueva y en dos estaciones correspondientes a la zona de Punta Loma.

En la Figura 3 se observa la variación de salinidad con la temperatura en las estaciones más profundas ó con menos influencia de la ciudad de Puerto Madryn; corresponden a las Estaciones Nros.: 1,2,3,4, 5,6,10,11,21 y 22 y Punta Loma.

Se identifican aquí tres zonas limitadas por un salto térmico del orden de $0,5^{\circ}\text{C}$. Cada una de estas zonas coinciden con diferentes épocas del año.

La primera, comprendida entre $16,8^{\circ}$ y 20°C , corresponde a los meses de Diciembre a Marzo, son los meses de verano y en donde la relación con la salinidad parecería ser directa.

La segunda zona es mucho más amplia en lo que respecta a rangos de temperatura como así también a salinidad. Corresponde a los meses de primavera y otoño. A esta zona la podríamos subdividir a su vez en otras dos. La primera con temperaturas comprendidas entre $15,2^{\circ}$ y 16° , corresponde a Diciembre y Abril, ó sea principio de otoño y fin de primavera; la segunda entre $13,1^{\circ}$ y $14,6^{\circ}$ que corresponde a los meses de Mayo y Noviembre, ó sea otoño y primavera.

La tercera de estas zonas estaría definida por una variación de temperatura entre $10,4^{\circ}$ y $12,4^{\circ}$ y encontramos valores de salinidad dispersos entre $33,60 \%$ y $33,85 \%$.

Si bien las precipitaciones en Puerto Madryn y alrededores no son importantes como para influir en la salinidad natural del Golfo, es interesante notar tres núcleos que corresponden a campañas realizadas

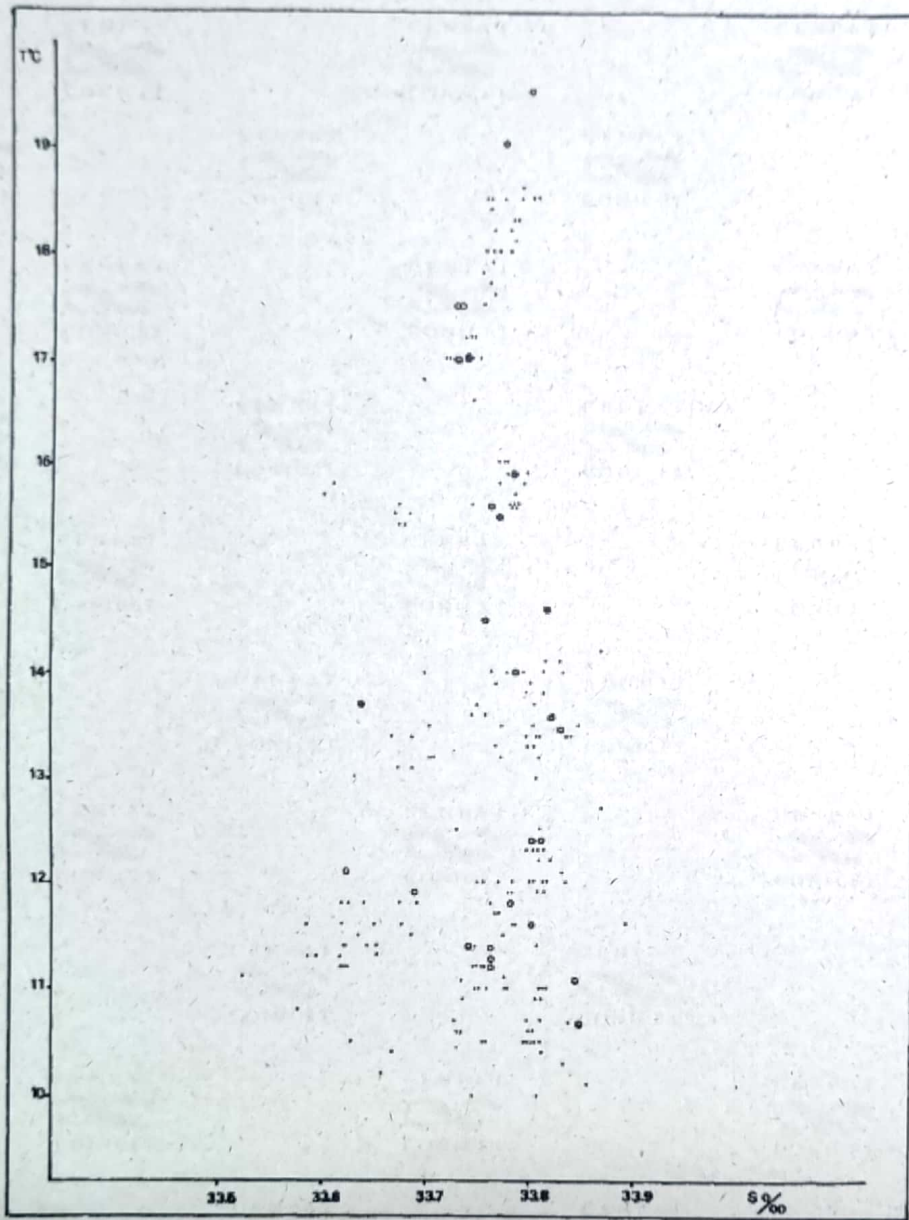


Figura 3



en épocas lluviosas; el primero ubicado entre 11,2°C y 11,8 °C de temperatura y 33,62 ‰ y 33,69 ‰ de salinidad; el segundo entre 13,1 °C y 13,8 °C con salinidad entre 33,6 ‰ y 33,70 ‰; y el tercero entre 15,4 y 15,8 °C y salinidades comprendidas entre 33,60 ‰ y 33,68 ‰.-

La dilución no afectaría para nada las condiciones físicas del Golfo, sin embargo vemos que la metodología (Técnica utilizada) es particularmente sensible frente a pequeños cambios de salinidad. Observando la Figura 3 y haciendo una abstracción momentánea de los núcleos de baja salinidad que encontramos hacia la izquierda de la figura y que corresponden, como hemos dicho, a períodos de lluvia, podríamos decir que existiría una salinidad entre 33,80 gr/lt. entre 10 y 14 °C. A partir de los 14 °C y hasta los 17 °C la salinidad disminuiría lentamente desde 33,80 gr./lt. hasta 33,73 gr./lt.. A partir de los 17 °C y ya en los meses de verano, la salinidad parecería elevarse progresivamente hasta alcanzar un valor similar al de los meses de invierno. La dispersión es mucho menor que en invierno y en la Figura 4 se ubican los puntos correspondientes a esta parte del año. La relación Temperatura-Salinidad muestra aquí una buena correlación lineal.

La ecuación encontrada para la zona de Bahía Nueva es :

$$T = 22,76 S - 750,72 ; r = 0,91$$

Donde:

T = temperatura °C

S = Salinidad o/oo (gr./lt.)

De la misma manera sucede con las estaciones ubicadas en Punta Loma aunque la recta tiene una pendiente mayor, la ecuación es:

$$T = 34,28 S - 1.139,27 ; r = 0,96$$

El aumento de salinidad en la superficie está relacionada con varios factores, entre los que se cuentan principalmente: Temperatura del Agua, Temperatura del Aire, Viento, Humedad Relativa, Presión Atmos-

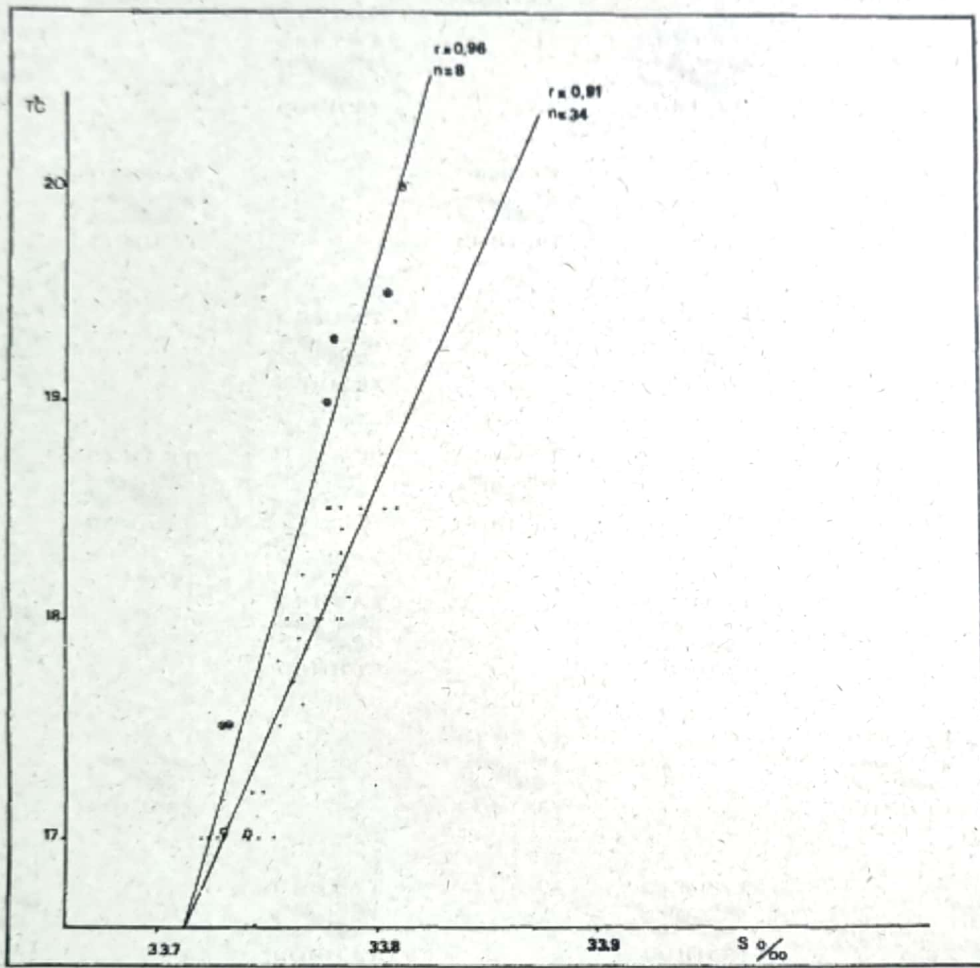


Figura 4



férica, etc..

En la Figura 4 vemos que la relación entre Temperatura del Agua y Salinidad es directa y ajustada mediante regresión lineal, podríamos deducir que en esta época del año hay una predominancia de la temperatura sobre los otros factores.-

El Gráfico 5 muestra la variación mensual de la Salinidad, tomada como la media de todas las estaciones en un caso y como la media de las estaciones profundas, en el otro. Está representada igualmente la temperatura media de todas las estaciones.

Las diferencias de salinidad entre estaciones profundas y el total de estaciones se mantiene prácticamente constante en todos los meses.

En la observación de la variación estacional, vemos que en el mes de Diciembre/77 y también Octubre/78, los valores son muy bajos, mientras que en los meses de otoño e invierno la salinidad se mantiene alta. Su variación no cumple necesariamente un ciclo anual. Sin embargo la temperatura se comporta tal como se predijo en un trabajo anterior (Mattio-Esteves, 1978).

La hipótesis de dilución por vertidos costeros debe ser descartada directamente, ya que tanto el volumen de agua vertido como el caudal del mismo, son aún insuficientes para producir una variación de salinidad apreciable en toda la zona analizada; como se verá más adelante, se observa sin embargo su influencia local.

En el Gráfico 6 observamos la variación de la temperatura media del agua tomada entre los años 1962 y 1973, con un límite de confianza de 95% (Mattio-Esteves, 1978); y los valores encontrados para este período. Como vemos, las temperaturas medidas están dentro de los límites establecidos, salvo en el mes de Enero en que el valor se halla por debajo del intervalo de confianza.

La Figura 7 muestra los valores de densidad y temperatura para el año de muestreo.

En el mes de Enero observamos un pico de mayor densidad coincidente con la disminución de temperatura para la misma época.

Analizando las Figuras 5,6 y 7, vemos que el comportamiento de la

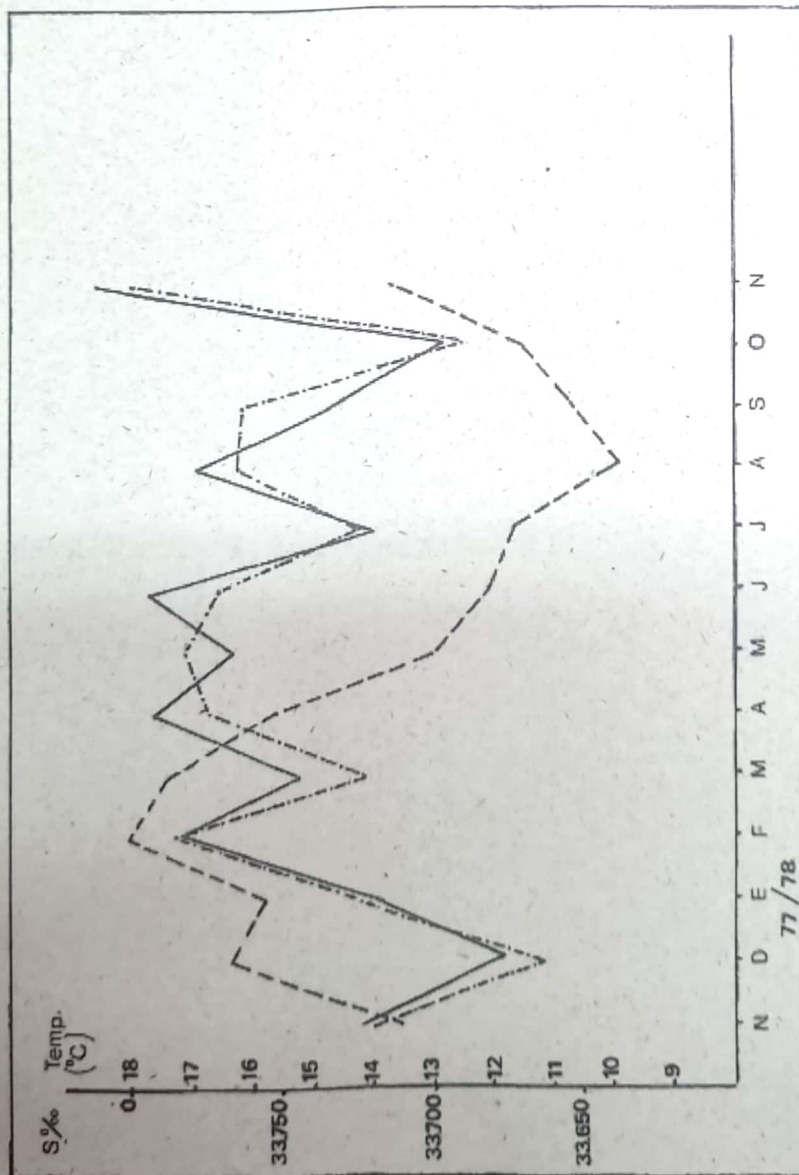


Figura 5: Salinidad media. Todas las estaciones (—), Estaciones profundas (-.-.-.-), Temperatura media (- - - - -).

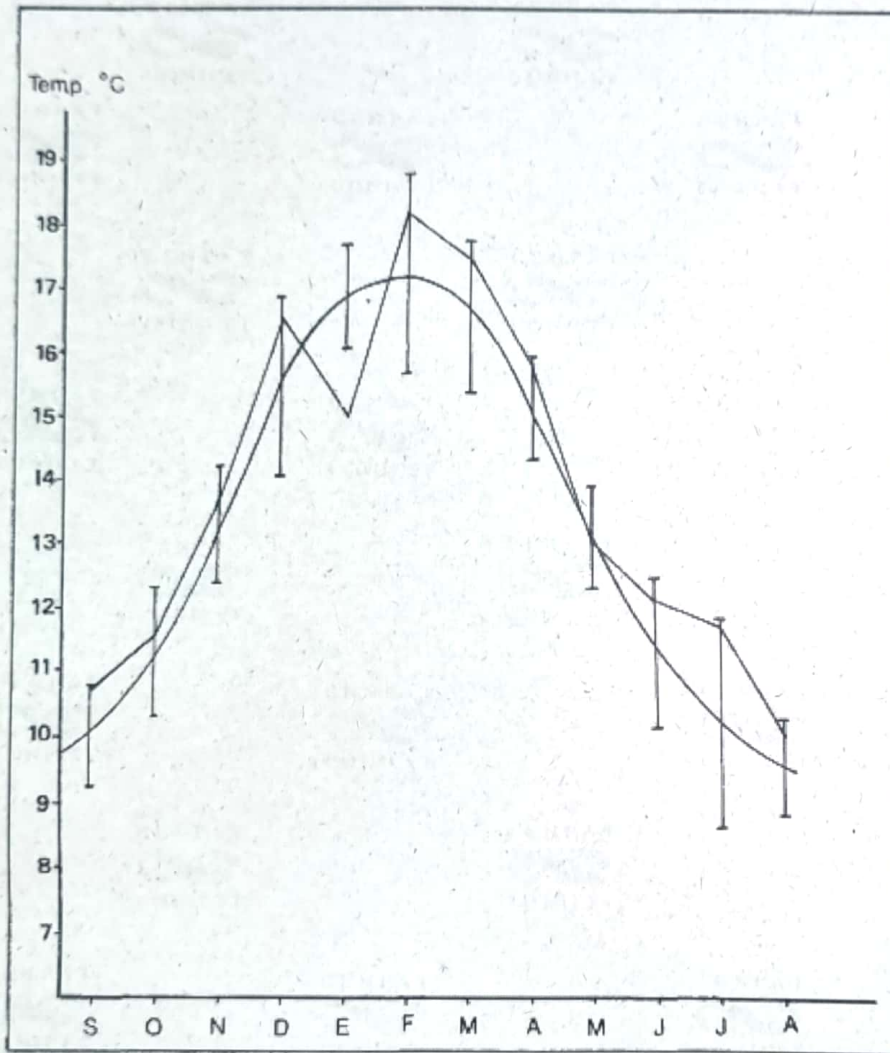


Figura 6

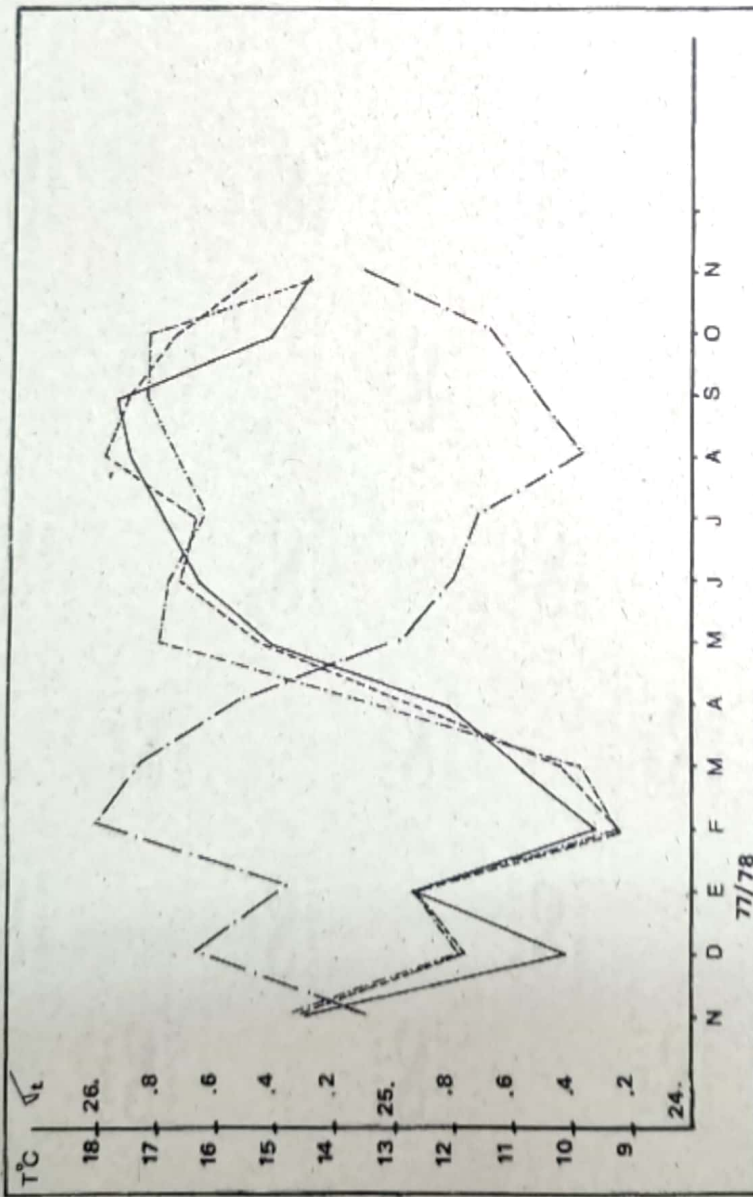


Figura 7:
 Variación de temperatura media (---) y densidad: Estación 5 (---) Estación 14 (---) y Estación 21 (---).



temperatura, la salinidad y la densidad, es normal a excepción del mes de Enero en que la temperatura y la densidad muestran valores anómalos.

La Figura 8 muestra la velocidad y dirección del viento para el mes de Enero en los días previos y durante la campaña de muestreo para la zona de Madryn.

Durante todos los días observados la dirección predominante fue del Sudoeste con intensidades del orden de los 30 Km./h. (Datos de Física Ambiental (CNP), comunicación interna).

Debido a la existencia de este viento, podemos suponer una tendencia regular de las capas superficiales de agua, a desplazarse hacia el interior del Golfo, provocando de este modo un vacío que será ocupado por aguas profundas con otras características de temperatura. Datos diarios de este parámetro, obtenidos por el Mareógrafo de Puerto Madryn perteneciente al Servicio de Hidrografía Naval, confirman igualmente el descenso de la temperatura mencionado.

La temperatura media para todo el mes de Enero fue, de acuerdo con estos datos, de 16,9 °C y para los días de campaña (17,18 y 19 de Enero), la media se situó en 15,2 °C.

La Figura 9 muestra esta variación de temperatura.

Por los resultados observados además en las Figuras 5,6 y 7 vemos que el tipo de agua que aparece en la Bahía en el mes de Enero es más denso y más frío que en los meses anteriores, corroborando así la hipótesis de afloramiento en esta zona y en esta época del año.

Este fenómeno, que se ha comprobado aquí por primera vez, tiene una importancia muy grande desde el punto de vista de renovación de las aguas costeras, en particular de la zona de influencia de Puerto Madryn.

Sin embargo, no se conoce aún si esta surgencia se manifiesta de una manera aislada ó si es un proceso cíclico y cuál es su frecuencia.

Variación superficial en zonas costeras

Los Gráficos 10 al 22 muestran la variación de Salinidad y Temperatura en superficie, en la zona de estudio.

Por la gran influencia que ejerce el viento en el área costera, la di

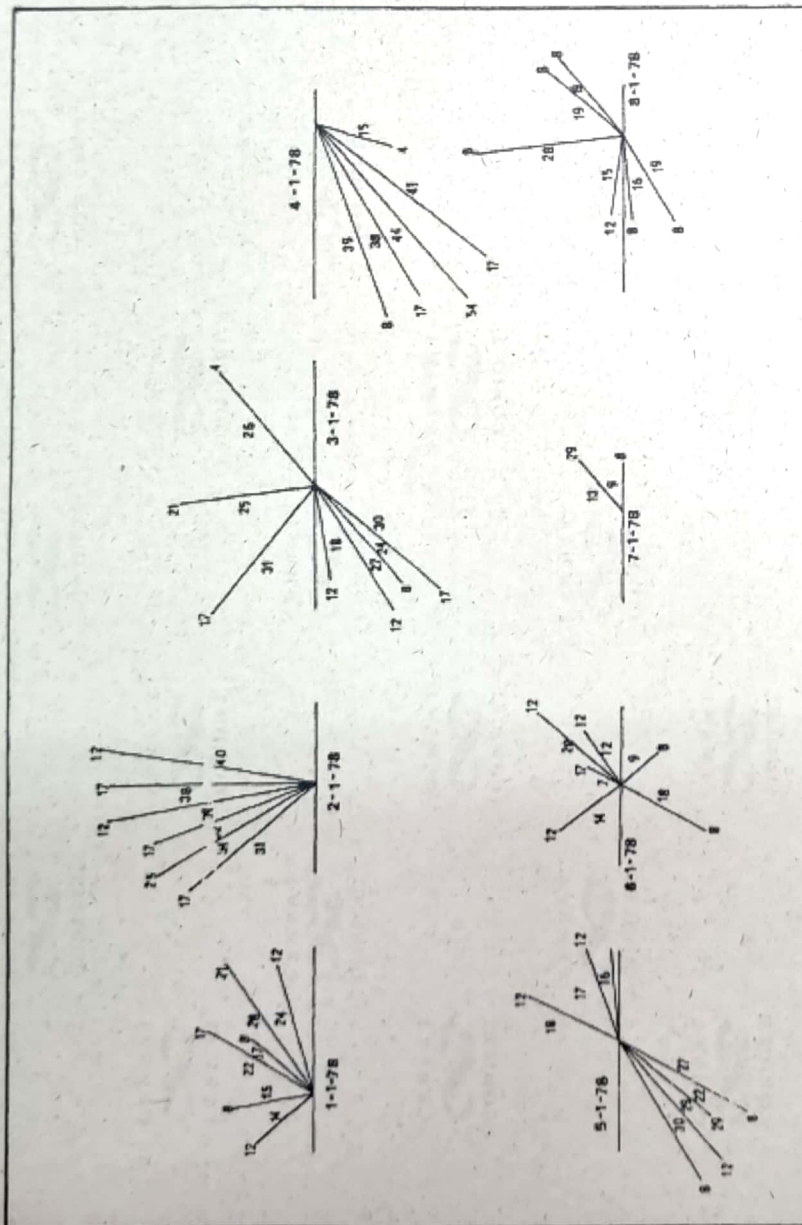


Figura 8: Velocidad media del viento en Km/h, y dirección predominante. VELOCIDAD: indicada en el medio de la flecha. DIRECCION: marcada por la ubicación de la flecha en el cuadrante. FRECUENCIA: Porcentaje de tiempo que sopló en esa dirección indicado por el número en el extremo de la misma.

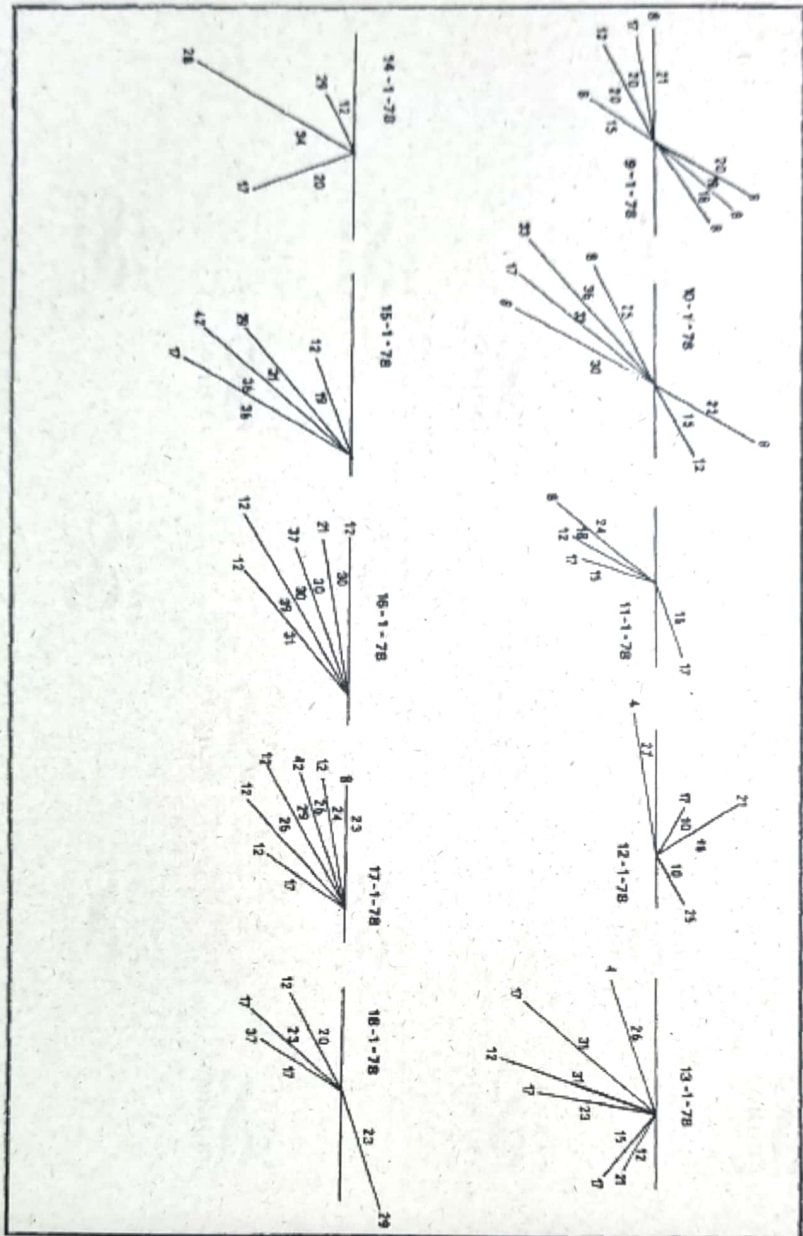


Figura 8 (Continuación)

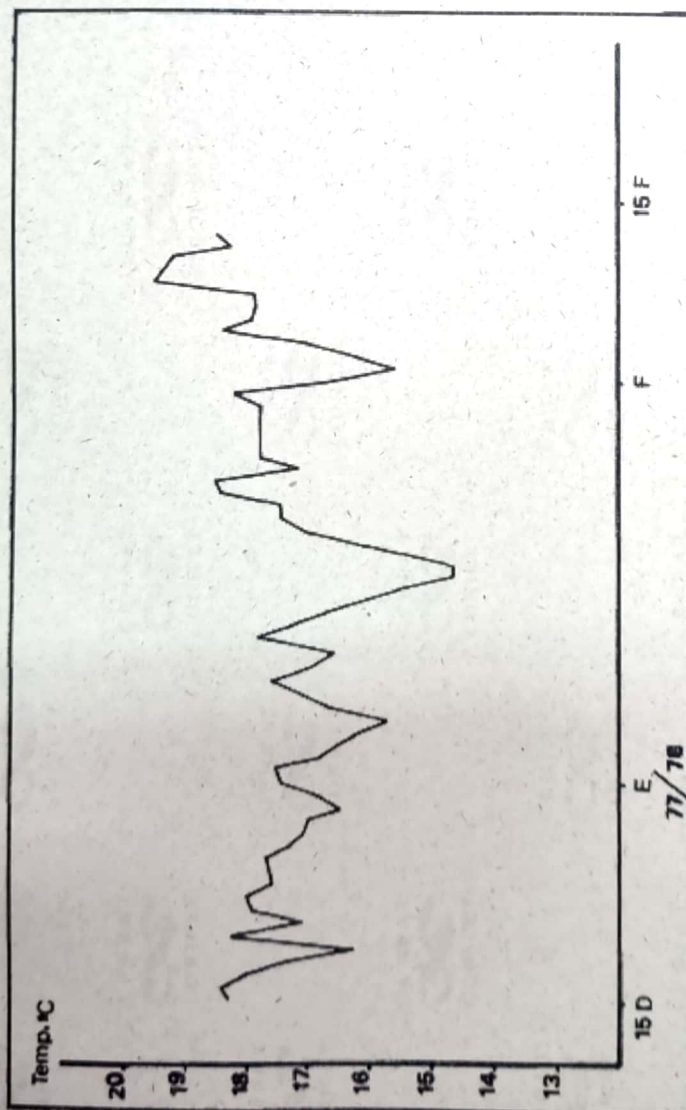


Figure 9



fusión vertical se produce rápidamente, uniformando así los parámetros analizados en toda la columna de agua.

Por este motivo los datos volcados se refieren a valores hallados en superficie.

La salinidad de esta zona corresponde como hemos visto a una misma masa de agua. Sin embargo, la influencia que ejercen los vertidos costeros se muestra evidente en muchos meses.

Así en los Gráficos 10,11,12,18,19 y 20, correspondientes a sendos meses de muestreo, vemos claramente en toda la zona costera los vertidos de agua dulce en la Bahía.

En todas estas figuras las zonas de baja salinidad encontradas en la costa, coinciden de manera unívoca con los emisarios ubicados sobre la playa. Así la Estación N°19 corresponde a Ventura S.A., una fábrica procesadora de pescados; la Estación 17 a Aluar S.A.; y las Estaciones 9,13,14 y 15 corresponden a la ciudad de Puerto Madryn. En todos los casos analizados los núcleos de baja salinidad, correspondieron a estas estaciones, aunque en algunas oportunidades, desplazados por efectos del viento.

En la Figura 10 observamos una entrada de agua menos salina y fría por el lado Sur, correspondiendo en la zona Norte agua más concentrada y más cálida.

En el Gráfico 11b, esta masa de agua ha avanzado sobre la Bahía. Las isolíneas muestran la variación notable de temperatura.

Analizando la temperatura en la columna de agua, vemos que en la zona Norte ésta es homogénea y en la zona Sur, por el contrario, la temperatura de fondo es en general más fría que en superficie. Este fenómeno se verifica igualmente en Punta Loma.-

En el Gráfico 12 b, la masa de agua fría ha ocupado toda la bahía, observándose temperaturas más bajas en la zona central.

De estos gráficos podemos observar claramente la existencia de agua fría que ha penetrado por el fondo surgiendo en esta zona y que se corrobora con el análisis de la Figura 6, en donde la media encontrada para este mes está fuera de los límites establecidos para el comportamiento normal en 12 años de observaciones.

Los Gráficos 10,11 y 12 muestran, además, que la zona de menor tempe

fusión vertical se produce rápidamente, uniformando así los parámetros analizados en toda la columna de agua.

Por este motivo los datos volcados se refieren a valores hallados en superficie.

La salinidad de esta zona corresponde como hemos visto a una misma masa de agua. Sin embargo, la influencia que ejercen los vertidos costeros se muestra evidente en muchos meses.

Así en los Gráficos 10,11,12,18,19 y 20, correspondientes a sendos meses de muestreo, vemos claramente en toda la zona costera los vertidos de agua dulce en la Bahía.

En todas estas figuras las zonas de baja salinidad encontradas en la costa, coinciden de manera unívoca con los emisarios ubicados sobre la playa. Así la Estación N°19 corresponde a Ventura S.A., una fábrica procesadora de pescados; la Estación 17 a Aluar S.A.; y las Estaciones 9,13,14 y 15 corresponden a la ciudad de Puerto Madryn. En todos los casos analizados los núcleos de baja salinidad, correspondieron a estas estaciones, aunque en algunas oportunidades, desplazados por efectos del viento.

En la Figura 10 observamos una entrada de agua menos salina y fría por el lado Sur, correspondiendo en la zona Norte agua más concentrada y más cálida.

En el Gráfico 11b, esta masa de agua ha avanzado sobre la Bahía. Las isolíneas muestran la variación notable de temperatura.

Analizando la temperatura en la columna de agua, vemos que en la zona Norte ésta es homogénea y en la zona Sur, por el contrario, la temperatura de fondo es en general más fría que en superficie. Este fenómeno se verifica igualmente en Punta Loma.

En el Gráfico 12 b, la masa de agua fría ha ocupado toda la bahía, observándose temperaturas más bajas en la zona central.

De estos gráficos podemos observar claramente la existencia de agua fría que ha penetrado por el fondo surgiendo en esta zona y que se corrobora con el análisis de la Figura 6, en donde la media encontrada para este mes está fuera de los límites establecidos para el comportamiento normal en 12 años de observaciones.

Los Gráficos 10,11 y 12 muestran, además, que la zona de menor tempe

ratura es también la menos salina, definiendo claramente las características de esta surgencia.

Las Figuras 13 a 22 muestran los datos obtenidos en superficie para el resto del año de muestreo de salinidad y de temperatura.

La evolución en todos los meses se manifiesta normal, con pequeñas variaciones que no exigen un análisis detallado.

Es interesante observar (Figuras 17,18,19 y 20) que la variación de salinidad en Bahía Nueva es gradual, mientras que el cambio en Punta Loma es brusco. Esto contribuiría a la idea de que el agua de Bahía Nueva es más difícilmente renovable que en otro punto del Golfo (Mattio-Esteves, 1978), a pesar de la existencia del fenómeno de surgencia descrito.

En el mes de Octubre (Figura 21) encontramos una variación apreciable de salinidad siendo el valor medio bajo. Pero esta situación no es comparable a aquella encontrada en el mes de Enero.

V. CONCLUSIONES

Basándonos en los resultados obtenidos en este año de muestreo podríamos decir:

- La influencia de la ciudad de Puerto Madryn se observa de manera muy particular en las estaciones costeras principalmente. Su efecto no ha sido analizado aún a nivel de comunidad marina, pero éste es puramente local, ya que la evolución de la salinidad en estaciones profundas es similar a la observada para todas las estaciones analizadas.

Las estaciones con menores concentraciones salinas corresponden unívocamente a vertidos costeros perfectamente identificados. El viento ejerce una influencia local muy marcada, desplazando las plumas con baja salinidad.

Igualmente se comprueba que el método inductométrico es suficientemente preciso para detectar estos pequeños cambios.

- El análisis mes a mes permite observar una mayor lentitud de Bahía Nueva para variar su salinidad con respecto a Punta Loma; esto se-

ría índice de un mayor tiempo de estadía de las aguas dentro de la Bahía.

- Dos meses antes del mes de Enero de 1978, se observa una entrada de agua menos salina y fría por el lago Sur de Bahía Nueva. La existencia de este tipo de agua lo atribuimos a un fenómeno de surgencia, observado por primera vez en nuestros muestreos de esta zona.

Debido a esto habría una renovación profunda de esta masa de agua que verificamos en la concentración de oxígeno disuelto al pasar de valores muy bajos a valores de saturación (datos no publicados), pero su frecuencia no es desconocida y no sabemos si esto es un fenómeno aislado.-

###

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento al personal técnico del laboratorio, Sres. Jorge Cejas y Jorge Frontali, por su participación activa en la recolección y análisis de muestras. Al Dr. Vicente Barros, Director del área de Física Ambiental, por poner a nuestra disposición datos meteorológicos de esta zona. Al servicio de Hidrografía Naval por el aporte de datos de temperatura registrados en el mareógrafo de Puerto Madryn.-

###

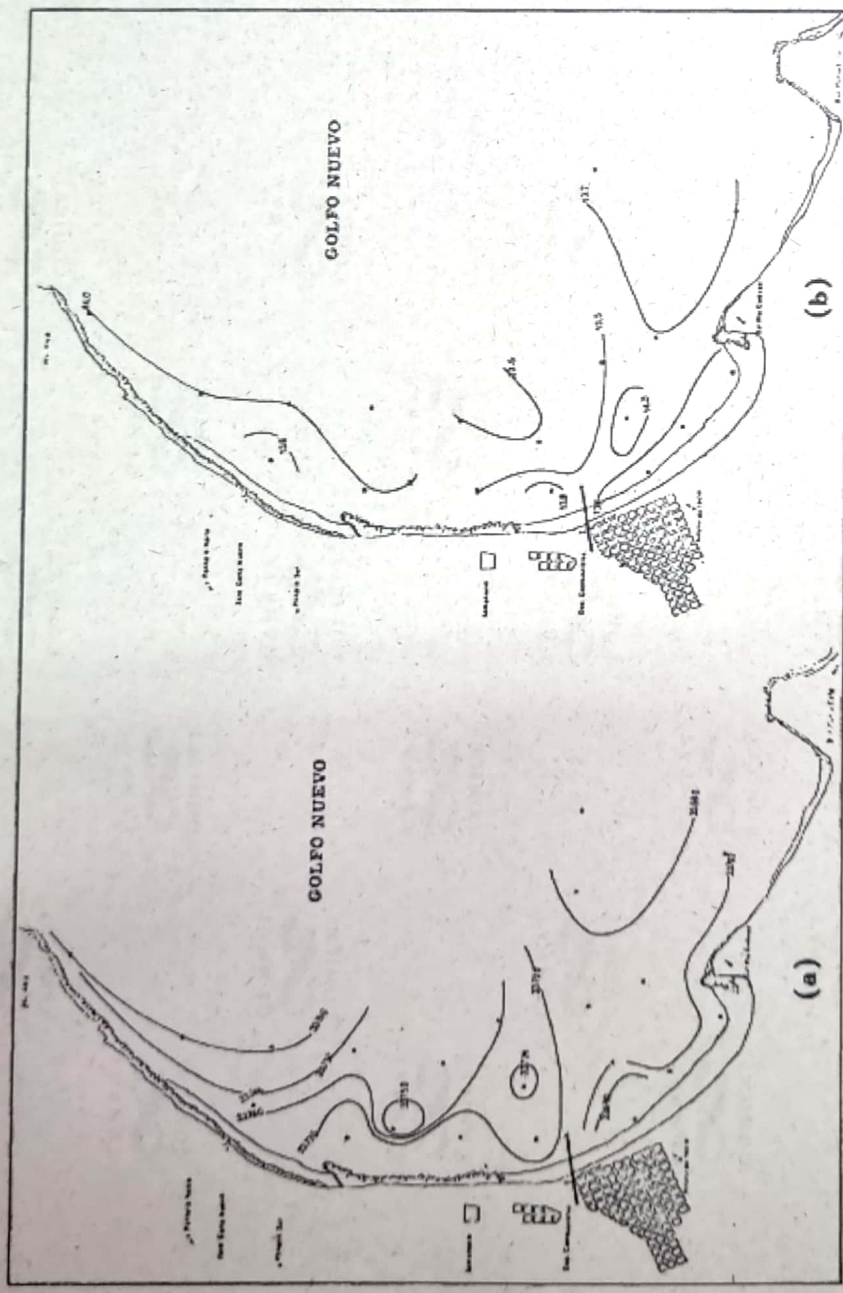


Figure 10: Datos de salinidad (a) y Temperatura (b) correspondiente al mes de noviembre de 1977.

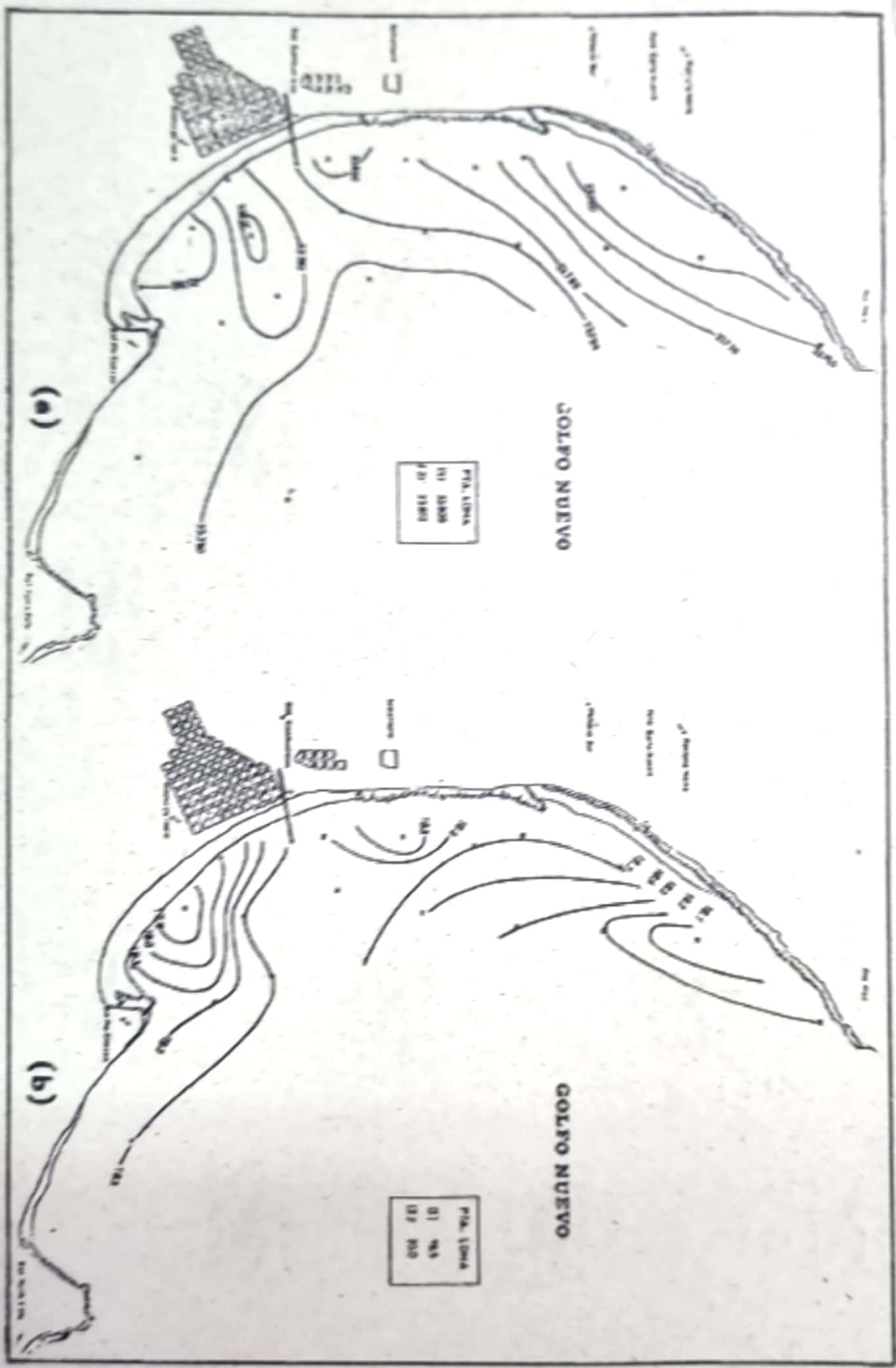


Figura 13: Datos de salinidad (a) y Temperatura (b) correspondiente al mes de febrero de 1978.

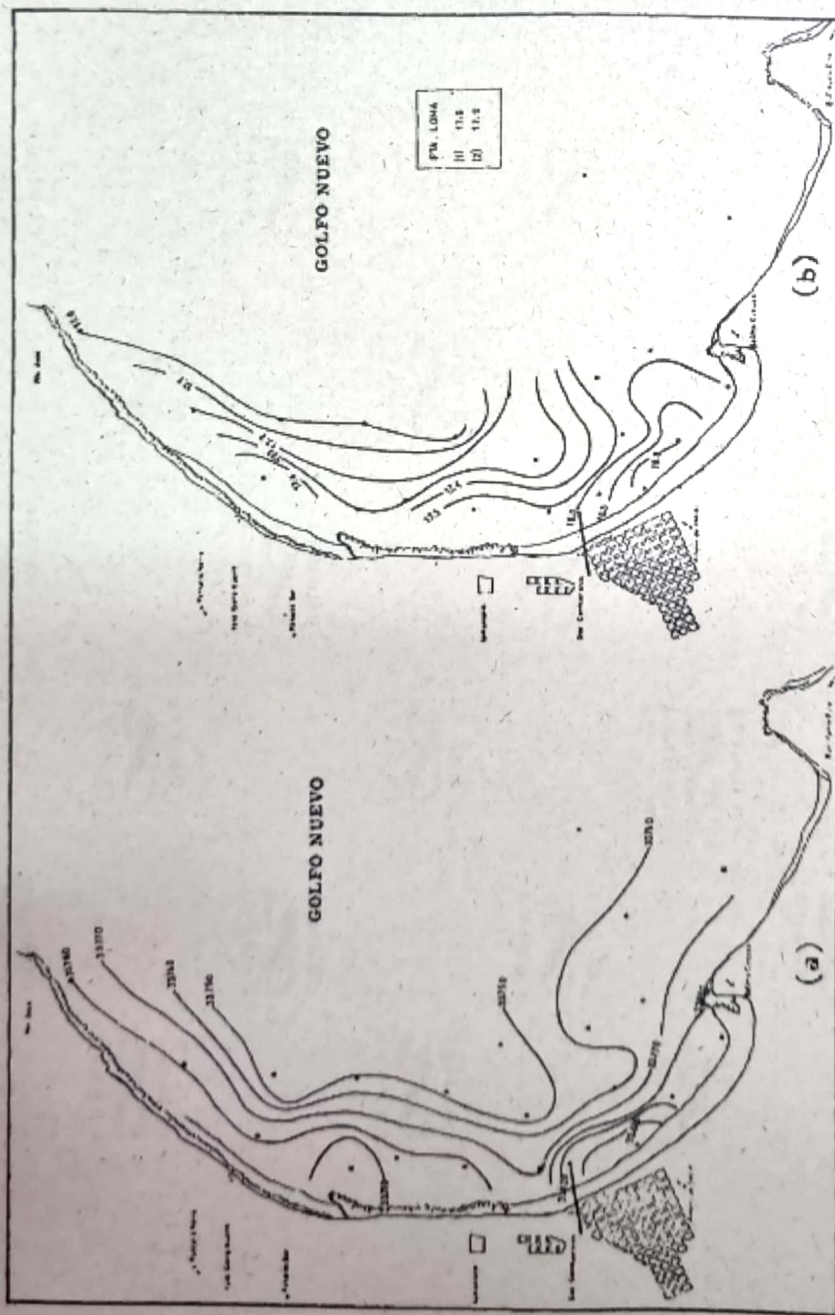


Figura 14: Datos de salinidad (a) y Temperatura (b) correspondiente al mes de marzo de 1978.

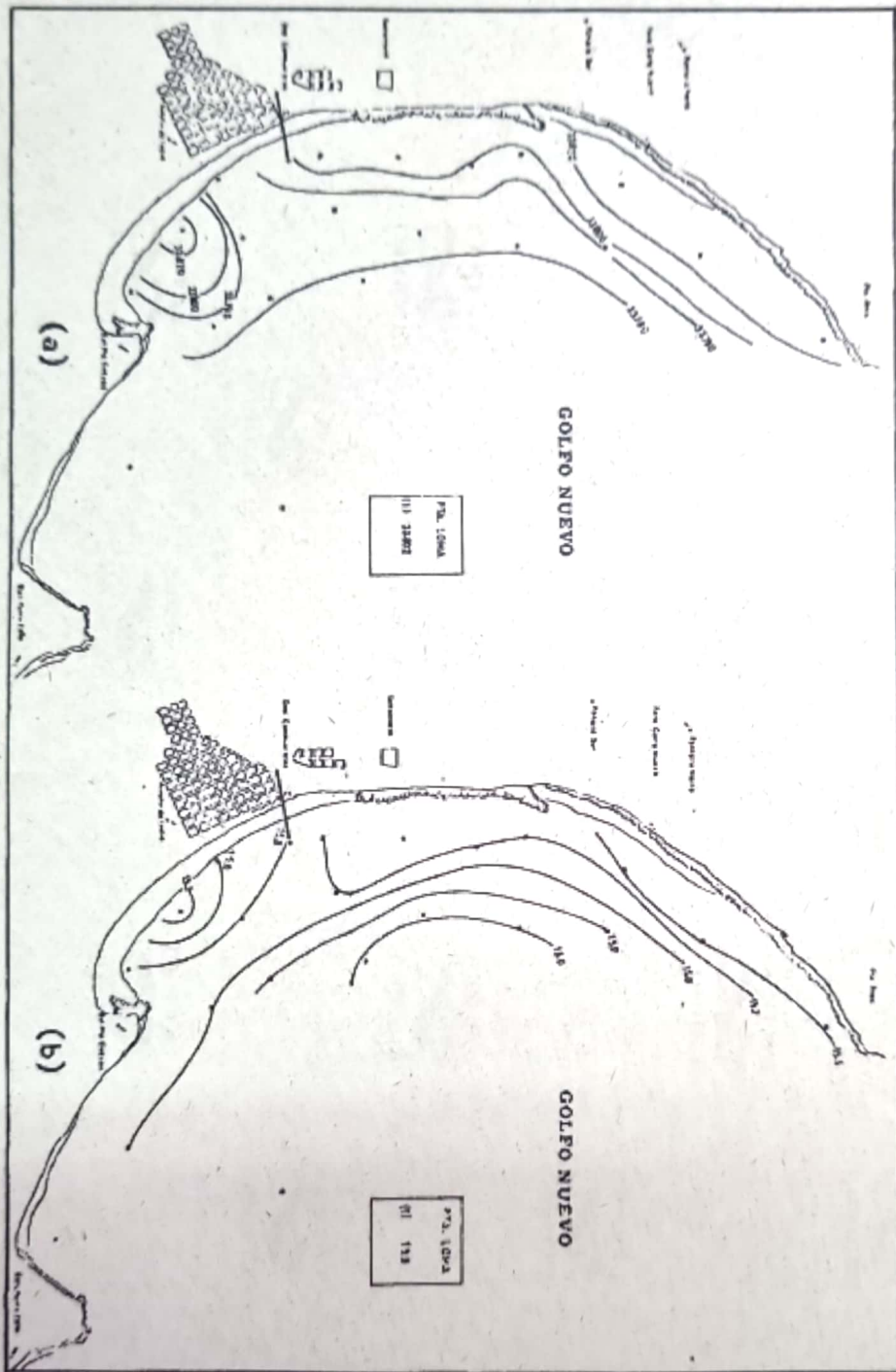


Figura 15: Datos de salinidad (a) y Temperatura (b) correspondiente al mes de Abril de 1978.

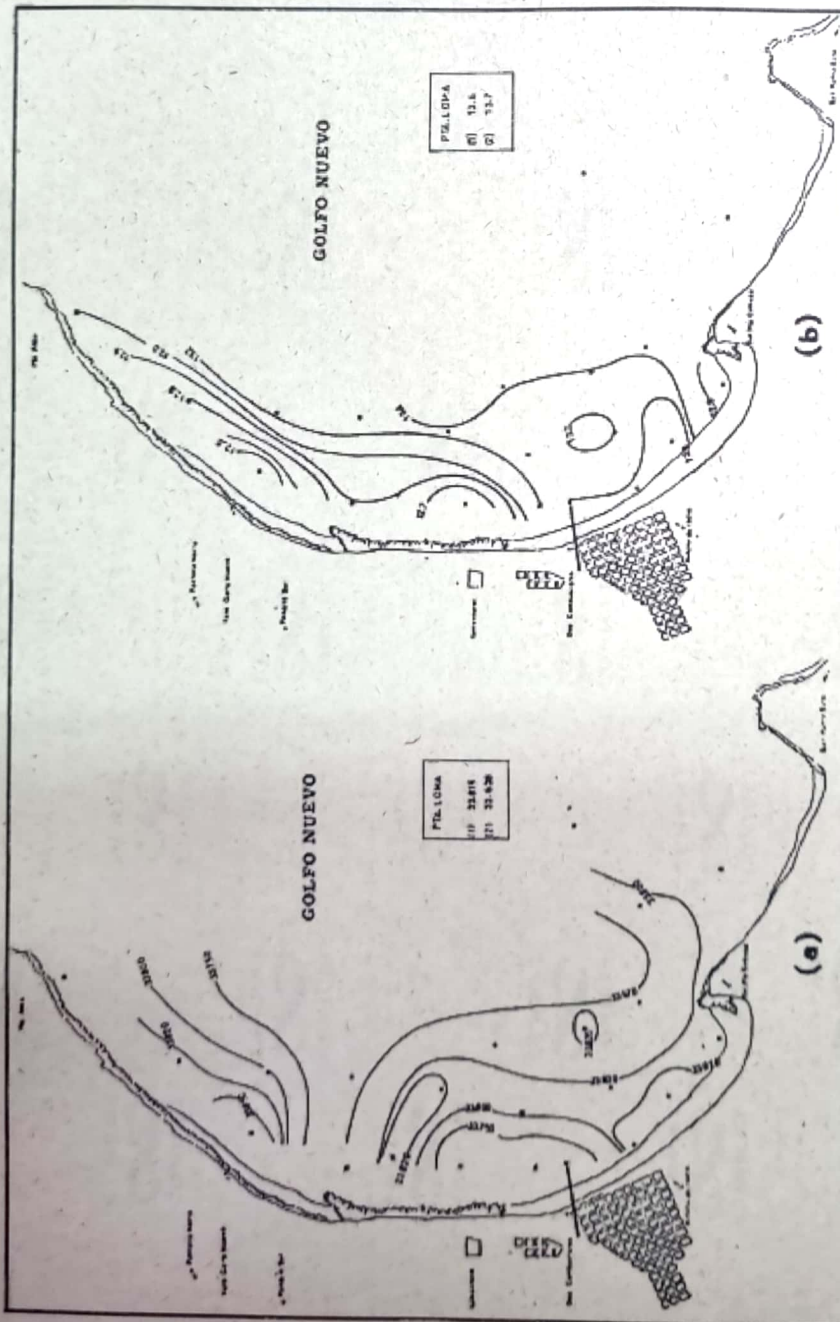


Figura 16: Datos de salinidad (a) y Temperatura (b) correspondiente al mes de mayo de 1978.

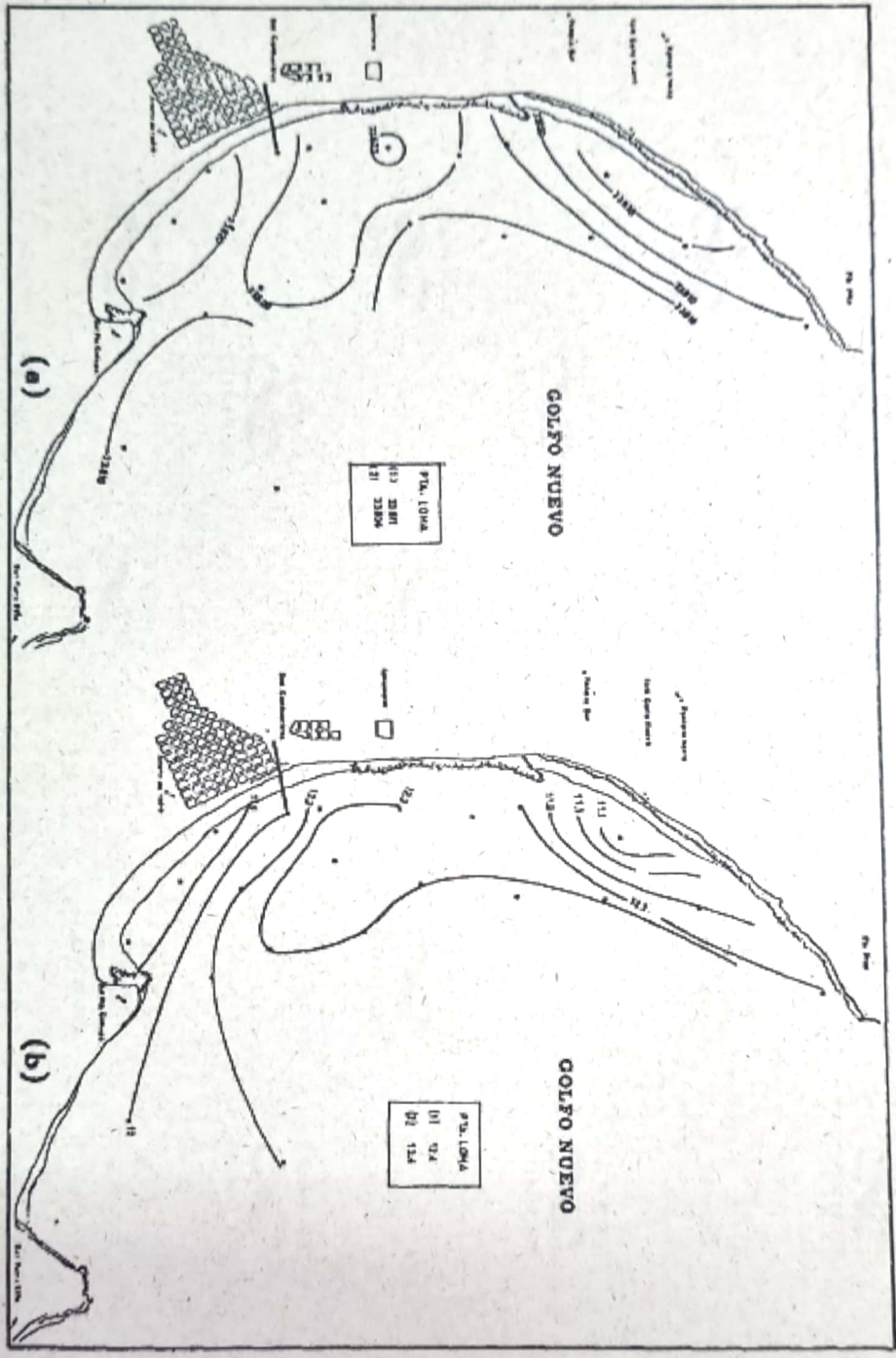


Figure 17: Datos de salinidad (a) y Temperatura (b) correspondiente al mes de junio de 1978.

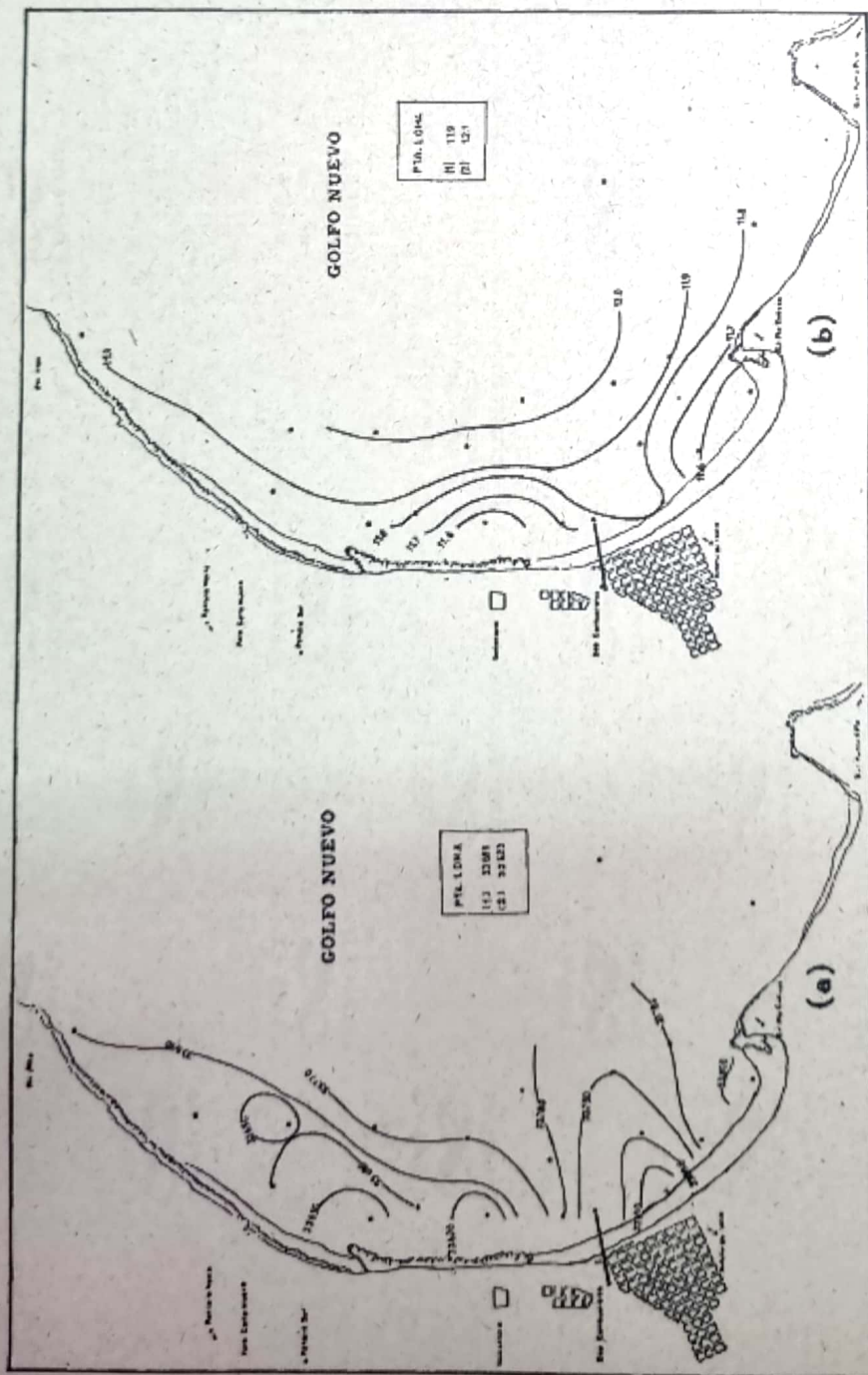


Figura 18: Datos de salinidad (a) y Temperatura (b) correspondiente al mes de julio de 1978.

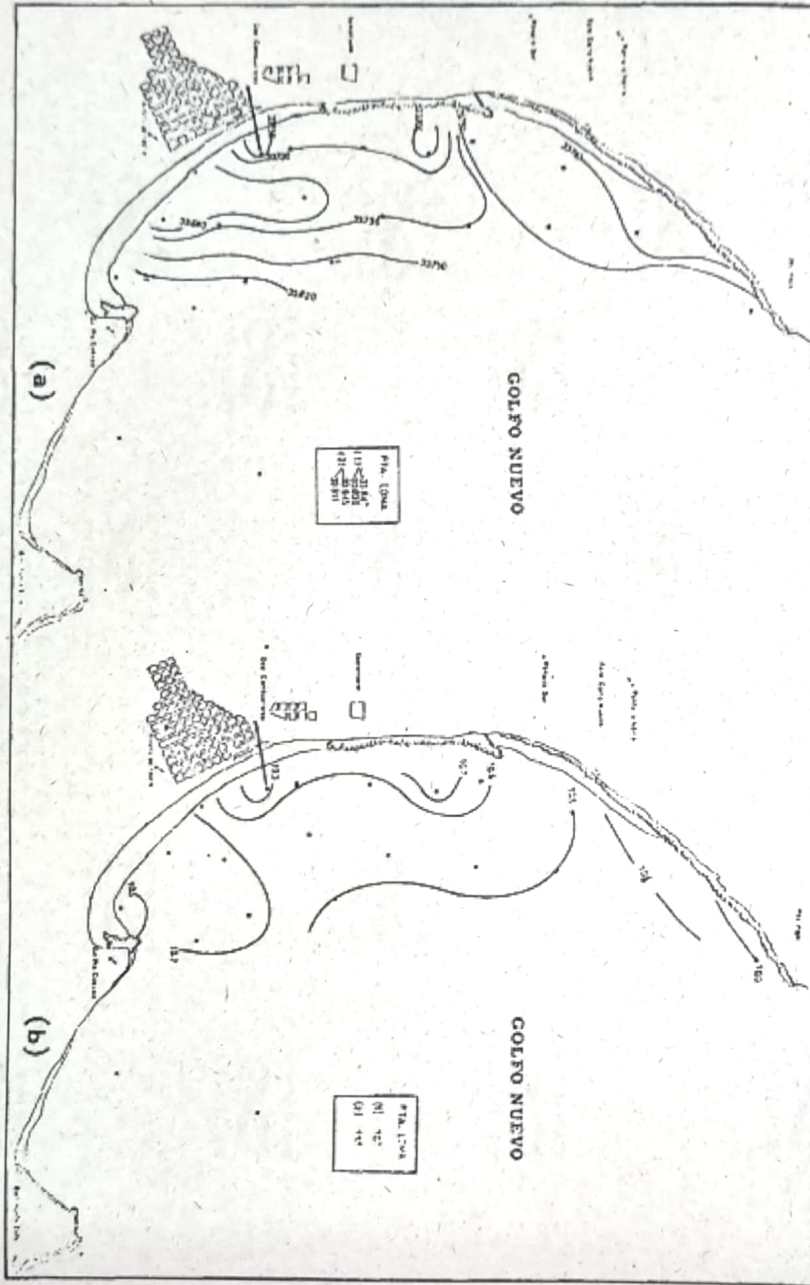


Figura 19. Datos de salinidad (a) y Temperatura (b) correspondiente al mes de agosto de 1978.

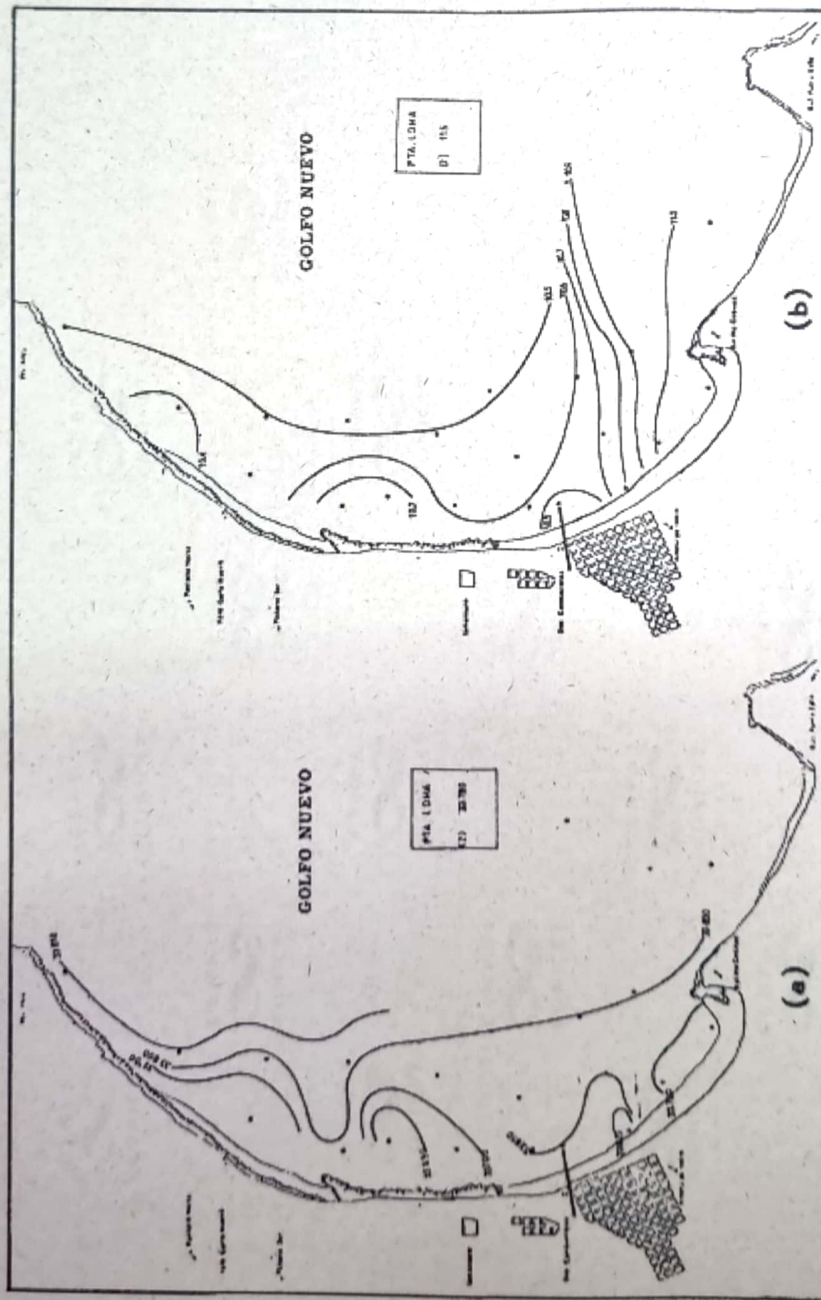


Figura 20: Datos de salinidad (a) y Temperatura (b) correspondiente al mes de setiembre de 1978

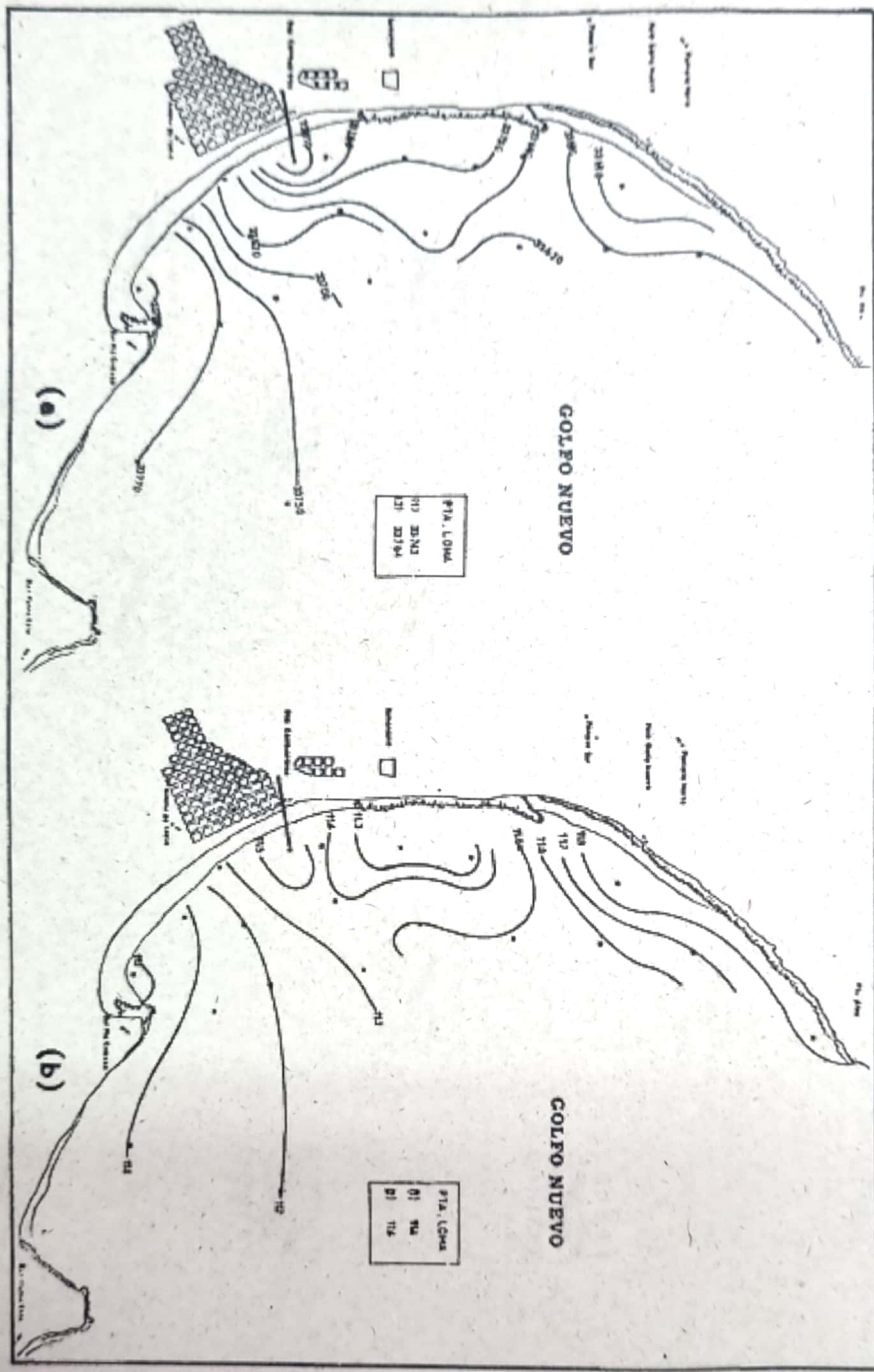


Figura 21: Datos de salinidad (a) y Temperatura (b) correspondiente al mes de octubre de 1978.

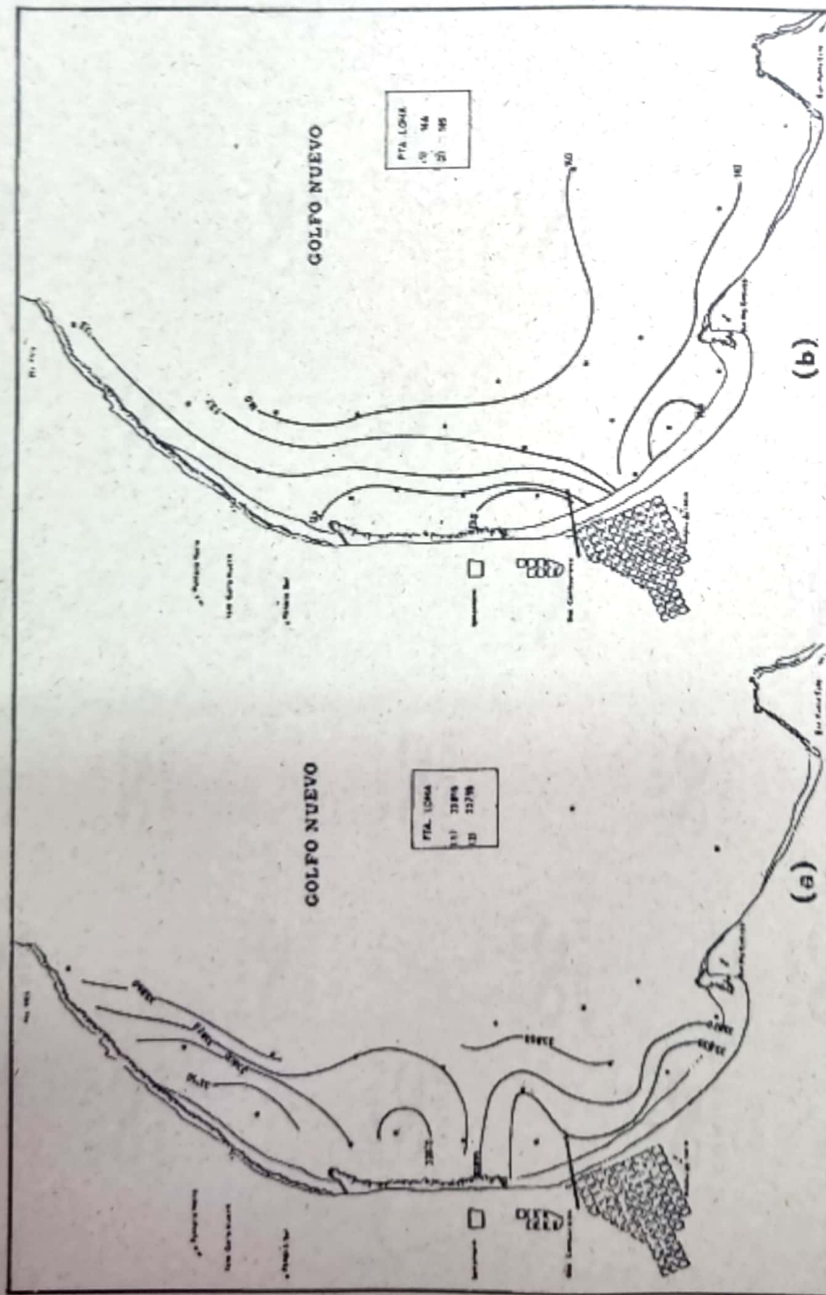


Figura 22: Datos de salinidad (a) y Temperatura (b) correspondiente al mes de noviembre de 1978.



SALINIDAD g/100

Estación	1			2			3			4			5			6			7			8	
	Prof.	0	5	32	0	5	20	0	5	32	0	5	20	0	5	14	0	5	14	0	5	0	3
Fecha																							
NOV/77	33.700	----	----	33.702	----	----	33.740	----	----	33.744	----	----	33.749	----	----	33.761	----	----	33.760	----	----	33.699	----
DIC/77	----	33.680	----	33.604	33.675	----	----	----	----	----	----	----	33.728	----	----	----	----	----	33.724	33.750	----	----	33.683
ENE/78	33.755	----	----	33.749	33.732	----	33.703	----	----	33.696	33.695	----	33.722	33.690	----	33.724	33.729	----	33.743	33.667	33.755	----	----
FEB/78	33.793	33.784	----	33.793	33.787	----	33.777	33.781	----	33.784	33.782	----	33.784	33.774	----	33.766	33.759	----	33.748	----	33.750	----	----
MAR/78	33.764	----	----	33.766	----	----	33.743	----	33.728	33.746	----	33.723	33.753	----	33.695	33.739	----	33.746	33.788	33.783	33.808	----	----
ABR/78	33.796	33.787	----	33.783	33.778	----	33.779	33.772	----	33.776	33.772	----	33.779	33.612	----	33.789	33.755	----	33.829	33.843	33.790	33.808	----
MAY/78	33.656	----	----	33.835	----	----	33.666	----	----	33.820	----	----	33.686	----	33.849	33.797	----	----	33.821	33.818	33.816	----	----
JUN/78	33.809	----	33.770	33.803	----	33.816	33.797	----	33.813	33.809	----	33.803	33.812	----	33.807	33.815	----	33.894	33.831	33.954	33.819	33.827	----
JUL/78	33.780	----	33.753	33.750	----	33.768	33.754	----	33.651	33.770	----	33.626	33.775	----	33.762	33.623	33.583	----	33.684	----	33.805	----	----
AGO/78	----	----	----	33.818	----	33.745	33.758	----	33.856	33.731	----	33.813	33.733	----	33.667	33.758	----	33.834	33.735	33.888	33.841	----	----
SEP/78	33.806	----	33.603	33.803	----	33.800	33.800	----	33.601	33.798	----	33.797	33.806	----	33.811	33.797	----	33.797	33.815	33.813	33.685	----	----
OCT/78	33.776	33.760	33.736	33.747	33.752	33.754	33.653	33.595	33.562	33.678	33.617	33.578	33.620	33.636	33.621	33.687	33.654	33.644	33.650	33.625	33.684	----	----
NOV/78	----	----	33.799	33.777	----	33.765	33.793	----	33.805	33.813	----	33.796	33.814	----	33.774	33.867	----	33.845	33.793	33.833	33.819	----	----

TABLA I

SALINIDAD p/oo																								
Estación	9			10			11			13			14			15			16			17		
	Prof.	0	4	0	5	22	0	5	21	0	5	0	5	7	0	5	0	5	7	0	5	7		
Fecha																								
NOV/77	33.706	33.720	33.699	----	----	33.752	33.745	33.729	33.655	----	33.708	33.744	----	33.741	----	33.702	----	----	33.763	----	----			
DIC/77	----	----	33.670	33.686	----	----	----	----	33.699	----	33.581	33.577	----	----	----	33.735	33.700	----	33.569	33.695	----			
ENE/78	33.750	33.730	33.745	33.741	----	33.715	33.702	----	33.756	----	33.746	33.741	----	33.709	33.678	33.720	33.538	----	33.720	33.702	----			
FEB/78	33.771	----	33.803	----	----	33.783	33.783	----	33.792	33.768	33.784	33.792	----	33.821	----	33.781	----	----	33.773	----	----			
MAR/78	33.823	----	33.756	----	33.739	33.748	----	33.720	33.806	----	33.847	----	33.596	33.771	33.747	33.781	33.605	----	33.722	33.773	----			
ABR/78	33.824	----	33.785	33.754	----	33.783	33.781	----	33.780	33.808	----	----	----	33.804	33.806	33.806	33.809	----	33.800	33.786	----			
MAY/78	33.828	33.643	33.808	----	33.810	33.803	----	33.810	33.828	33.811	----	33.750	----	33.659	33.807	33.701	33.800	33.803	33.803	33.852	33.849	33.835		
JUN/78	33.823	33.833	33.831	----	33.808	33.801	----	33.804	33.819	33.822	33.814	33.816	----	33.798	33.806	33.823	----	----	33.799	33.814	----			
JUL/78	33.792	----	33.692	----	33.802	33.783	----	33.776	33.613	33.787	33.736	33.749	----	33.785	33.706	33.617	33.771	----	33.679	33.640	----			
AGO/78	33.666	----	33.729	----	33.809	33.629	----	33.658	33.649	33.667	33.770	33.852	----	33.727	33.882	33.726	33.832	----	33.697	33.855	----			
SEP/78	33.682	----	33.811	----	33.799	----	----	----	33.824	33.726	33.809	33.735	----	33.809	33.777	33.675	33.666	----	33.624	33.698	----			
OCT/78	33.769	----	33.621	33.619	33.745	33.623	33.587	33.524	33.614	33.761	33.821	33.733	----	33.805	33.745	33.735	33.779	----	33.732	33.775	----			
NOV/78	33.836	----	33.800	----	33.806	33.832	----	33.776	33.830	33.775	33.829	33.842	----	33.836	33.849	33.816	33.820	----	33.879	----	33.798			

TABLA I (Continuación)





SALINIDAD ‰

Estación	SALINIDAD ‰																		Medias Mensuales	
	18			19			20			21			22			Punta Loma		Grupo "A"	Grupo "B"	
	0	5	9	0	3	0	5	0	5	10	0	5	8	0	5	0	5			25
NOV/77	33.712	----	----	33.710	----	33.709	----	33.702	----	----	33.672	33.676	----	----	----	----	----	----	33.724	33.722
DIC/77	33.690	33.695	----	33.656	----	33.690	33.800	33.674	33.503	----	----	----	----	----	----	----	----	----	33.677	33.663
ENE/78	33.713	33.700	----	33.704	----	33.737	33.727	33.771	----	----	33.707	----	----	33.677	----	33.680	33.680	----	33.664	33.622
FEB/78	33.764	----	----	33.740	----	33.759	----	33.809	33.775	----	33.772	33.765	----	33.805	33.770	33.812	33.778	----	33.783	33.787
MAR/78	33.808	33.777	----	33.774	----	33.783	33.780	33.765	----	33.762	33.755	----	----	33.730	33.730	33.741	33.732	----	33.743	33.721
ABR/78	33.789	33.751	----	33.539	----	33.524	33.520	----	----	----	----	----	----	33.802	33.755	----	----	----	33.791	33.774
MAY/78	33.668	33.781	----	33.878	----	33.813	33.813	33.821	----	33.771	33.845	----	----	33.819	33.825	33.635	33.784	----	33.765	33.782
JUN/78	33.810	33.803	----	33.837	----	33.524	33.820	33.814	----	33.814	33.820	33.802	----	33.811	----	33.804	----	----	33.794	33.771
JUL/78	33.634	----	33.623	33.679	----	33.694	----	33.641	----	33.784	33.676	----	33.620	33.689	33.804	33.621	33.781	----	33.718	33.727
AGO/78	33.765	----	33.547	33.753	33.653	33.769	33.923	----	----	----	----	----	----	33.847	----	33.845	----	----	33.777	33.764
SEP/78	33.500	----	33.501	33.607	----	33.518	33.709	33.535	----	33.817	33.812	33.800	----	----	----	33.759	33.781	----	33.734	33.763
OCT/78	33.673	33.654	33.660	33.690	----	33.650	33.603	33.775	33.779	33.749	33.740	33.750	33.749	33.743	33.704	33.704	33.764	----	33.695	33.658
NOV/78	33.503	----	33.814	33.715	----	33.884	----	33.929	----	33.503	33.833	----	33.803	33.816	33.816	33.755	33.758	----	33.814	33.803

TABLA I (Continuación): Grupo "A": Todas las estaciones. - Grupo "B": Estaciones profundas.

TEMPERATURA °C																							
Estación	1			2			3			4			5			6			7			8	
	Prof																						
Fecha	0	5	32	0	5	20	0	5	32	0	5	29	0	5	19	0	5	14	0	5	7	0	3
NOV/77	13.2	13.2	13.2	13.5	--	--	13.6	--	--	13.6	--	--	13.7	--	--	14.0	--	--	14.0	--	--	13.4	--
DIC/77	15.4	15.4	15.0	15.7	15.4	14.6	17.1	17.1	17.0	--	17.5	--	17.5	17.5	16.2	--	--	--	17.5	--	17.5	15.7	15.8
ENE/78	15.6	15.5	15.0	15.5	15.4	15.0	14.2	14.5	13.0	14.0	14.7	14.0	15.8	14.7	14.8	14.5	14.7	14.6	15.0	14.8	14.8	15.5	--
FEB/78	15.3	15.0	10.7	15.5	15.1	17.0	15.5	15.2	16.7	15.3	15.0	17.2	15.3	15.0	17.3	15.2	15.0	15.0	15.0	15.3	15.3	15.2	--
MAR/78	17.9	17.5	16.9	17.6	17.5	17.0	17.2	17.1	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	16.8	17.0	17.0	16.6	17.2	--	17.2	15.0	--
ARR/78	15.8	15.6	15.6	15.9	15.9	15.9	16.0	15.5	15.8	16.0	16.0	15.9	16.0	15.6	15.6	15.9	15.7	15.6	15.6	--	15.6	15.8	15.7
MAY/78	13.4	13.0	13.0	13.4	13.2	13.2	13.4	13.0	13.0	13.4	12.9	12.9	13.1	13.0	12.7	13.3	12.8	12.8	12.8	--	12.8	12.8	--
JUN/78	12.2	11.8	11.7	12.3	11.6	12.0	12.3	11.9	11.9	12.3	11.5	12.0	12.3	11.6	11.9	12.3	11.5	11.6	11.8	11.6	11.6	11.9	11.5
JUL/78	11.9	11.6	11.6	12.0	11.7	11.7	12.0	11.5	11.6	12.0	11.8	11.8	12.0	11.5	11.8	11.8	11.6	11.6	11.9	--	11.6	11.5	--
AGO/78	--	--	--	10.7	10.1	10.0	10.5	10.2	10.1	10.6	10.4	10.4	10.6	10.4	10.4	10.5	10.3	10.3	10.4	9.5	10.3	10.5	--
SEP/78	10.9	10.5	10.6	10.6	10.6	10.6	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.4	10.5	10.5	11.0	--
OCT/78	11.1	11.0	11.1	11.2	11.0	11.2	11.3	11.3	11.0	11.6	11.3	11.0	11.6	11.5	11.2	11.5	11.5	11.5	11.7	11.5	11.5	11.1	--
NOV/78	13.9	13.6	13.4	14.0	13.5	13.3	14.0	13.6	13.0	13.8	13.5	13.4	14.1	13.5	13.5	14.2	13.7	13.5	13.6	13.2	13.5	14.1	--

TABLA II





TEMPERATURA °C																						
Estación	9		10			11			13		14			15			16			17		
Pref. Fecha	0	4	0	5	22	0	5	21	0	5	0	5	7	0	5	6	0	5	7	0	5	7
NOVIEMBRE/77	13.4	--	14.0	--	--	13.6	--	12.5	13.4	--	13.5	--	--	13.6	--	--	13.5	--	--	14.0	--	--
DICIEMBRE/77	16.0	--	15.5	15.5	15.3	18.0	17.5	17.0	16.0	--	15.6	15.6	--	--	--	--	15.6	15.5	--	15.5	15.5	--
ENERO / 78	15.5	15.2	15.2	15.2	15.0	16.2	16.8	14.2	15.5	15.4	15.5	15.4	--	14.5	14.5	--	14.6	14.5	14.4	15.0	14.6	14.5
FEBRERO / 78	17.6	17.0	15.5	17.5	17.0	15.4	15.5	17.0	15.0	15.0	16.5	15.5	16.2	15.6	15.0	--	15.5	15.0	--	15.5	15.5	--
MARZO / 78	18.8	18.8	17.5	17.2	17.0	17.2	17.2	17.0	19.0	--	18.0	17.5	17.5	17.5	--	--	17.6	17.6	--	17.3	17.3	--
ABRIL / 78	15.3	--	15.5	15.6	15.6	15.7	15.7	15.6	15.6	15.5	15.5	15.5	15.5	15.7	15.5	15.5	15.6	15.4	15.4	15.7	15.5	15.5
MAYO / 78	13.0	13.2	13.2	12.5	12.5	13.3	12.5	11.0	13.5	13.3	13.5	--	13.0	13.2	--	12.4	12.4	12.0	12.0	12.9	12.5	12.5
JUNIO / 78	11.8	11.4	12.2	11.6	11.4	12.1	12.0	12.0	11.9	11.4	12.0	11.5	--	12.3	12.0	--	12.3	12.0	--	12.2	12.0	--
JULIO / 78	11.6	--	11.5	11.6	11.6	11.9	11.6	11.5	11.5	11.6	11.5	11.6	--	11.7	11.8	--	11.5	11.4	--	11.8	11.6	--
AGOSTO / 78	10.7	--	10.7	10.1	10.0	10.5	10.2	10.2	10.7	10.0	10.3	10.2	--	10.6	9.7	--	10.6	10.1	--	10.7	10.0	--
SEPTIEMBRE/78	11.0	--	10.7	10.7	10.7	--	--	--	10.5	10.6	10.5	10.5	--	10.6	10.5	--	10.5	10.5	--	10.7	10.5	--
OCTUBRE / 78	11.0	--	11.2	11.2	11.4	11.4	11.3	11.1	11.3	11.4	11.5	11.2	--	11.4	11.1	--	11.3	11.2	--	11.3	11.2	--
NOVIEMBRE/78	14.0	--	13.9	13.6	13.4	14.0	13.5	13.9	14.2	14.1	13.0	13.0	--	12.8	12.7	--	13.1	12.5	--	--	--	--

TABLA II (Continuación)

- 38 -

TEMPERATURA °C																					
Estación	18			19		20		21			22			Punta Loma						Medias Mensuales	
	0	5	9	0	3	0	5	0	5	10	0	5	8	1			2				
Prof. Fecha	0	5	9	0	3	0	5	0	5	10	0	5	8	0	5	10	0	5	25		
NOVIEMBRE/77	14.0	--	--	13.7	--	14.0	--	13.2	--	--	13.1	--	--	--	--	--	--	--	--	13.5	
DICIEMBRE/77	18.0	17.5	--	16.5	--	17.6	17.2	15.6	15.5	15.2	--	--	--	17.1	16.5	16.5	17.2	16.6	15.2	16.4	
ENERO / 78	14.5	14.4	14.5	14.4	--	14.9	14.5	15.5	15.0	15.2	15.7	15.7	15.6	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.9	
FEBRERO / 78	18.5	18.4	18.5	18.5	--	18.2	18.2	18.5	18.5	17.5	18.0	18.0	17.6	19.5	19.0	18.8	20.0	19.3	18.5	18.1	
MARZO / 78	17.3	17.3	17.3	17.5	--	17.0	--	18.0	17.7	17.7	17.8	17.3	--	17.0	17.5	18.0	17.0	17.5	18.0	17.4	
ABRIL / 78	15.7	15.6	15.5	15.6	--	15.6	15.5	15.8	15.6	15.6	--	--	--	15.9	15.6	15.6	--	--	--	15.7	
MAYO / 78	12.9	12.2	12.2	12.4	--	13.0	12.5	13.6	13.2	13.0	13.5	13.0	12.8	13.6	13.5	--	13.7	14.0	14.0	13.0	
JUNIO / 78	12.1	12.0	--	11.1	--	12.1	11.0	12.0	12.0	11.0	12.2	12.0	--	12.4	12.2	12.0	12.4	12.0	12.0	12.1	
JULIO / 78	11.9	11.5	11.8	11.9	--	11.8	--	11.8	11.6	11.6	11.8	11.8	11.8	11.9	11.6	11.6	12.1	11.8	11.8	11.7	
AGOSTO / 78	10.6	10.4	10.3	10.5	9.7	10.0	9.2	--	--	--	--	--	--	10.7	10.5	10.8	11.1	10.7	10.4	9.9	
SEPTIEMBRE/78	10.7	10.4	10.6	10.5	--	10.5	--	11.2	11.0	11.0	10.9	10.8	--	--	--	--	--	11.5	11.6	11.6	10.7
OCTUBRE / 78	11.6	11.5	11.5	11.9	--	11.9	11.5	11.0	11.0	11.0	11.2	11.2	11.2	11.4	11.3	11.3	11.4	11.2	11.0	11.5	
NOVIEMBRE/78	13.2	13.0	13.0	13.5	--	13.5	13.1	14.1	14.0	13.7	14.0	13.5	13.5	14.6	14.6	14.5	14.5	14.5	14.5	13.7	

TABLA II (Continuación)





BIBLIOGRAFIA


DE VIDO de MATTIO, Norma A. y ESTEVES, José Luis. 1978.

"Estudio preliminar de la variación estacional
de parámetros físicos y químicos en el área de
Bahía Nueva" (Golfo Nuevo - Chubut).

Contribución N°17 , C.N.P.


* * *



	INFORME AMBIENTAL DE PROYECTO PLANTA POTABILIZADORA DE OSMOSIS INVERSA	Versión Julio 2023
---	---	-----------------------

Anexo XI. Informes completos de las corridas del modelo briHne-Jet correspondiente al ejercicio de delimitación de la Zona de mezcla.


María Josefina Arias Carain
Ing. Ambiental
M.P. 2212

	CONSULTORA AMBIENTAL N°287 Dec. N°185/09, 1.003/16 y modificatorias del MACyDS - Chubut	Página 157 de 162
---	--	----------------------

Informe de ejecución brIHne_JET (Versión 1.0) - Proyecto 'Proyecto PPOI'

Salinidad Agua de mar - 33.75 psu

Parámetros de entrada

Condiciones del medio receptor	Profundidad media en la zona de vertido [Ha (m)]	6.5
	Salinidad [Ca (psu)]	33.75
	Densidad [ρ_a (Kg/m ³)]	1025
	Velocidad de la corriente [Ua (m/s)]	0.02
Características del efluente	Concentración salina [Co (psu)]	61.36
	Densidad [ρ_o (Kg/m ³)]	1044
	Velocidad de salida del chorro [Uo (m/s)]	1.14
Características del dispositivo de vertido	Diámetro boquilla [do (m)]	0.17
	Altura de la boquilla con respecto al fondo [ho (m)]	3
	Ángulo de inclinación del chorro [θ_o (sexages)]	45
	Ángulo horizontal entre el chorro y la corriente [σ_o (sexages)]	45

Flujos iniciales y escalas de longitud

Qo, flujo de caudal	0.03 m ³ /s
Mo, flujo de cantidad de movimiento	0.03 m ⁴ /s ²
Jo, flujo de flotabilidad	-0.00 m ⁴ /s ³
Qco, flujo de masa de contaminante	0.71 psu*m ³ /s
LQ, escala de longitud de flujo - caudal	0.15 m
LM, escala de longitud de cantidad de movimiento - flotabilidad	-1.04 m
Lm, escala de longitud de cantidad de movimiento - corriente en medio receptor	8.59 m
Lb, escala de longitud de cantidad de flotabilidad - corriente en medio receptor	-588.17 m
Número de Froude densimétrico, Fo	6.5

Zona de desarrollo de los perfiles autosemejantes

Le, longitud del eje al final de la zona de desarrollo de perfiles autosemejantes (ZOFE)	0.76 m
xe, coordenada horizontal al final de la ZOFE	0.38 m
ye, coordenada lateral al final de la ZOFE	0.38 m
ze, coordenada vertical al final de la ZOFE	3.54 m
θ_{ae} , ángulo del eje del chorro con la horizontal al final de la ZOFE	44.79 sexag
σ_{ae} , ángulo del eje del chorro con dirección de la corriente en el medio receptor al final de la ZOFE	44.59 sexag
γ_{ae}	59.64 sexag

Principales características del chorro

Zm, máxima altura del eje del chorro	4.16 m
Zt, máxima altura del borde superior del chorro, correspondiente al 6% de la concentración en el eje ($C=6\%C_{eje}$)	4.71 m
Xm, posición horizontal del eje (distancia desde la boquilla) en el punto de máxima altura del chorro	1.18 m
Sm, dilución en el eje (mínima) en el punto de máxima altura	2.3

Cm, concentración salina en el eje (máxima) en el punto de máxima altura	46.0 psu
Xr, posición horizontal del eje del chorro en el punto de retorno (donde el eje alcanza el nivel de la boquilla)	2.16 m
Sr, dilución en el eje (mínima) en el punto de retorno	4.8
Sr_ave, dilución media en el punto de retorno	8.0
Cr, concentración salina en el eje (máxima) en el punto de retorno	39.5 psu
b_r, radio del chorro en el punto de retorno (C=50%Ceje)	0.37 m
r_r, radio del chorro en el punto de retorno (C=25%Ceje)	0.52 m
R_r, radio del chorro en el punto de retorno (C=6%Ceje)	0.74 m
Xi, posición horizontal del eje en el punto de impacto del chorro con el fondo	3.01 m
Si, dilución en el eje (mínima) en el punto de impacto con el fondo	11.8
Si_ave, dilución media en el punto de impacto con el fondo	19.9
Ci, concentración salina en el eje (máxima) en el punto de impacto con el fondo	36.1 psu

Gráficas de evolución de variables

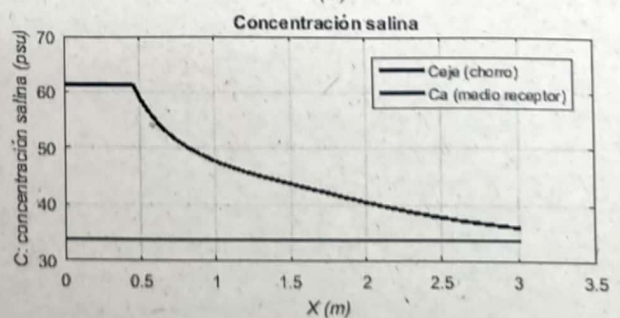
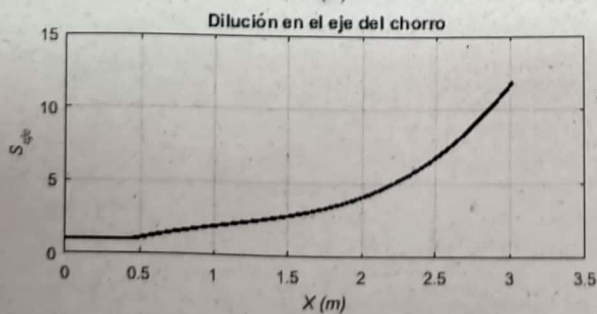
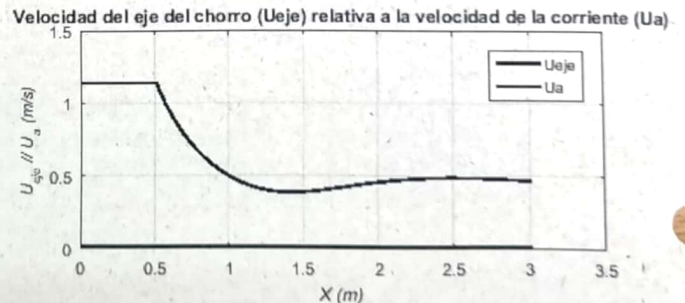
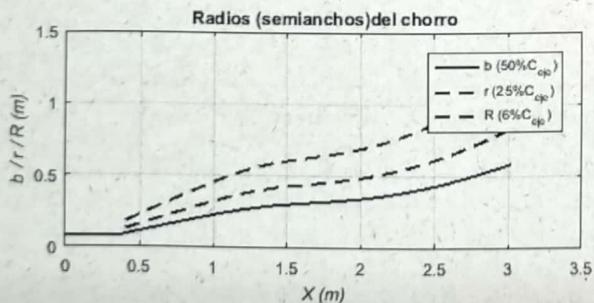
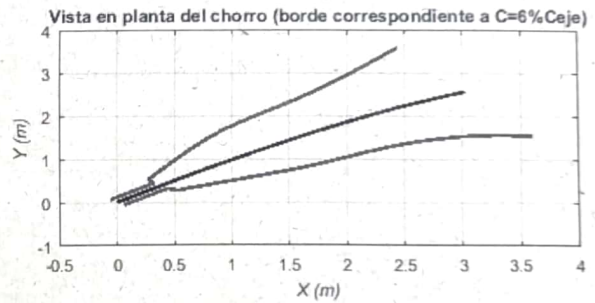
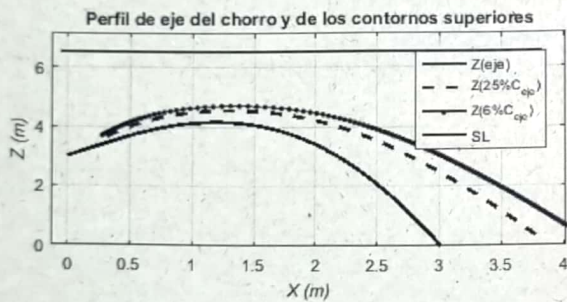


Tabla de resultados numéricos

Xeje	Yeje	Zeje	Seje	Ceje-Ca	Ceje	Save	b	Gp_eje	F_eje	Ueje	theta	sigma
0.00	0.00	3.00	1.00	27.61	61.36	1.00	0.09	-0.18	6.48	1.14	45.00	45.00
0.48	0.48	3.67	1.06	26.06	59.81	1.79	0.11	-0.17	8.82	1.14	42.35	44.40
0.62	0.61	3.83	1.33	20.69	54.44	2.25	0.14	-0.14	6.48	0.90	37.83	43.91
0.77	0.75	3.98	1.60	17.22	50.97	2.70	0.18	-0.11	4.90	0.69	31.18	43.44
0.93	0.91	4.09	1.87	14.76	48.51	3.14	0.21	-0.10	3.78	0.54	21.44	42.97
1.11	1.07	4.15	2.14	12.88	46.63	3.58	0.25	-0.08	3.05	0.44	7.78	42.50
1.29	1.24	4.15	2.42	11.39	45.14	4.04	0.28	-0.08	2.72	0.39	-8.83	42.02
1.47	1.40	4.08	2.72	10.17	43.92	4.54	0.30	-0.07	2.73	0.39	-24.75	41.52
1.63	1.54	3.95	3.03	9.11	42.86	5.07	0.31	-0.06	2.94	0.40	-37.17	40.97
1.77	1.66	3.78	3.37	8.20	41.95	5.65	0.32	-0.05	3.21	0.42	-46.07	40.39
1.90	1.76	3.59	3.73	7.40	41.15	6.27	0.33	-0.05	3.47	0.44	-52.42	39.79
2.01	1.86	3.39	4.12	6.71	40.46	6.92	0.35	-0.04	3.70	0.46	-57.09	39.16
2.11	1.94	3.17	4.53	6.10	39.85	7.62	0.36	-0.04	3.91	0.47	-60.63	38.52
2.20	2.01	2.95	4.96	5.57	39.32	8.34	0.37	-0.04	4.08	0.48	-63.39	37.86
2.29	2.07	2.73	5.41	5.11	38.86	9.11	0.39	-0.03	4.22	0.48	-65.61	37.18
2.37	2.13	2.50	5.88	4.70	38.45	9.90	0.40	-0.03	4.34	0.49	-67.43	36.50
2.44	2.19	2.27	6.37	4.34	38.09	10.73	0.42	-0.03	4.44	0.49	-68.93	35.82
2.51	2.24	2.03	6.87	4.02	37.77	11.59	0.44	-0.03	4.53	0.49	-70.21	35.13
2.58	2.29	1.80	7.40	3.73	37.48	12.48	0.45	-0.02	4.60	0.49	-71.30	34.44
2.64	2.33	1.56	7.94	3.48	37.23	13.40	0.47	-0.02	4.67	0.49	-72.24	33.75
2.71	2.37	1.32	8.50	3.25	37.00	14.35	0.49	-0.02	4.72	0.48	-73.05	33.06
2.77	2.41	1.08	9.08	3.04	36.79	15.32	0.51	-0.02	4.77	0.48	-73.77	32.38
2.82	2.45	0.84	9.67	2.85	36.60	16.32	0.53	-0.02	4.82	0.48	-74.40	31.70
2.88	2.48	0.60	10.28	2.69	36.44	17.34	0.54	-0.02	4.85	0.48	-74.97	31.04
2.94	2.51	0.36	10.90	2.53	36.28	18.40	0.56	-0.02	4.89	0.47	-75.47	30.38
2.99	2.54	0.11	11.54	2.39	36.14	19.47	0.58	-0.02	4.92	0.47	-75.92	29.72

Observaciones:

El modelo ha sido desarrollado por el Instituto de Hidráulica Ambiental.

Para dudas, consultas y más información sobre el modelo: brlHnesupport@ihcantabria.com

Calibración del modelo:

El modelo simula el comportamiento de un vertido en chorro de salmuera resolviendo las ecuaciones de gobierno de acuerdo con la aproximación numérica propuesta en [1]. Esta aproximación consiste en integrar las ecuaciones diferenciales a lo largo de la sección transversal del chorro, resolviendo numéricamente el sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias resultantes.

Por el momento, brlHne-Jet utiliza los coeficientes experimentales propuestos en [1], que son también los que utiliza el modelo CORJET de Cormix, por lo que sus resultados son análogos. Próximamente, brlHne-Jet será recalibrado con datos experimentales obtenidos en el Instituto de Hidráulica Ambiental, mediante técnicas ópticas no intrusivas de anemometría láser, a fin de conseguir un mejor ajuste de sus resultados numéricos con los datos experimentales.

Sección transversal:

El modelo considera que los perfiles transversales de concentración y velocidad del chorro se ajustan a una curva de tipo Gauss.

Variables

X_{eje} , Y_{eje} , Z_{eje} : coordenadas cartesianas del eje del chorro.

S_{eje} : dilución en el eje del chorro (dilución mínima en la sección).

$C_{eje} - C_a$: Exceso de concentración salina en el eje del chorro respecto a la salinidad en el medio receptor

C_{eje} : Concentración salina en el eje de chorro (concentración máxima en la sección).

b : semiancho del chorro. Distancia radial para la cual la velocidad es un 37% y la concentración un 50% de su valor en el eje del chorro.

S_{ave} : dilución media en la sección transversal del chorro.

G_{p-eje} : valor de la gravedad reducida en el eje del chorro.

F_{-eje} : número de Froude densimétrico, calculado a partir de valores en el eje del chorro.

U_{eje} : velocidad del eje del chorro (relativa a la velocidad de la corriente en el medio receptor).

Theta (θ): ángulo de descarga del chorro con respecto al fondo.

Sigma: ángulo (proyección horizontal) del eje del chorro con respecto a la corriente en el medio receptor.

Punto de máxima altura del chorro:

brHne-Jet calcula el borde superior del chorro, sumando a las coordenadas del eje en cada punto el correspondiente radio del chorro, proponiendo diferentes valores de radio, a partir de los valores de concentración y velocidad respecto a los valores en el eje. Para obtener el punto de máxima altura del chorro, brHne-Jet considera para calcular el radio del chorro un valor: $Radio=2b$, que corresponde a la distancia radial desde el eje del chorro, para la cual la concentración es un 6% y la velocidad un 2% de las correspondiente al eje del chorro.

Punto de impacto con la superficie:

brHne-Jet considera que el chorro impacta con la superficie cuando su borde superior (definido a partir de un radio: $Radio=2b$) impacta en algún punto a la superficie libre del medio receptor.

Punto de impacto con el fondo:

brHne-Jet distingue entre el punto de retorno y el punto de impacto del chorro con el fondo. El punto de retorno es la posición en la cual el eje del chorro alcanza en su rama descendente el nivel o altura de la boquilla de vertido, mientras que el punto de impacto es la posición donde el eje del chorro alcanza el fondo.

Referencias

[1] Jirka, G. H. (2004). "Integral model for turbulent buoyant jets in unbounded stratified flows. Part I: The single round jet." Environmental Fluid Mechanics, volume 4, pp. 1-56.

Informe de ejecución brIHne_JET (Versión 1.0) - Proyecto 'Proyecto PPOI'

Salinidad Agua de mar - 37.36 psu

Parámetros de entrada

Condiciones del medio receptor	Profundidad media en la zona de vertido [Ha (m)]	6.5
	Salinidad [Ca (psu)]	37.36
	Densidad [ρ_a (Kg/m ³)]	1026.8
	Velocidad de la corriente [Ua (m/s)]	0.02
Características del efluente	Concentración salina [Co (psu)]	67.8
	Densidad [ρ_o (Kg/m ³)]	1050
	Velocidad de salida del chorro [Uo (m/s)]	1.14
Características del dispositivo de vertido	Diámetro boquilla [do (m)]	0.17
	Altura de la boquilla con respecto al fondo [ho (m)]	3
	Ángulo de inclinación del chorro [θ_o (sexages)]	45
	Ángulo horizontal entre el chorro y la corriente [σ_o (sexages)]	45

Flujos iniciales y escalas de longitud

Qo, flujo de caudal	0.03 m ³ /s
Mo, flujo de cantidad de movimiento	0.03 m ⁴ /s ²
Jo, flujo de flotabilidad	-0.01 m ⁴ /s ³
Qco, flujo de masa de contaminante	0.79 psu*m ³ /s
LQ, escala de longitud de flujo - caudal	0.15 m
LM, escala de longitud de cantidad de movimiento - flotabilidad	-0.94 m
Lm, escala de longitud de cantidad de movimiento - corriente en medio receptor	8.59 m
Lb, escala de longitud de cantidad de flotabilidad - corriente en medio receptor	-716.92 m
Número de Froude densimétrico, Fo	5.9

Zona de desarrollo de los perfiles autosemejantes

Le, longitud del eje al final de la zona de desarrollo de perfiles autosemejantes (ZOFE)	0.74 m
xe, coordenada horizontal al final de la ZOFE	0.37 m
ye, coordenada lateral al final de la ZOFE	0.37 m
ze, coordenada vertical al final de la ZOFE	3.52 m
thetae, ángulo del eje del chorro con la horizontal al final de la ZOFE	44.79 sexag
sigmae, ángulo del eje del chorro con dirección de la corriente en el medio receptor al final de la ZOFE	44.59 sexag
gammae	59.64 sexag

Principales características del chorro

Zm, máxima altura del eje del chorro	4.07 m
Zt, máxima altura del borde superior del chorro, correspondiente al 6% de la concentración en el eje ($C=6\%C_{eje}$)	4.57 m
Xm, posición horizontal del eje (distancia desde la boquilla) en el punto de máxima altura del chorro	1.08 m
Sm, dilución en el eje (mínima) en el punto de máxima altura	2.1

Cm, concentración salina en el eje (máxima) en el punto de máxima altura	52.0 psu
Xr, posición horizontal del eje del chorro en el punto de retorno (donde el eje alcanza el nivel de la boquilla)	1.96 m
Sr, dilución en el eje (mínima) en el punto de retorno	4.4
Sr_ave, dilución media en el punto de retorno	7.4
Cr, concentración salina en el eje (máxima) en el punto de retorno	44.3 psu
b_r, radio del chorro en el punto de retorno (C=50%Ceje)	0.33 m
r_r, radio del chorro en el punto de retorno (C=25%Ceje)	0.47 m
R_r, radio del chorro en el punto de retorno (C=6%Ceje)	0.67 m
Xi, posición horizontal del eje en el punto de impacto del chorro con el fondo	2.74 m
Si, dilución en el eje (mínima) en el punto de impacto con el fondo	11.4
Si_ave, dilución media en el punto de impacto con el fondo	19.2
Ci, concentración salina en el eje (máxima) en el punto de impacto con el fondo	40.0 psu

as de evolución de variables

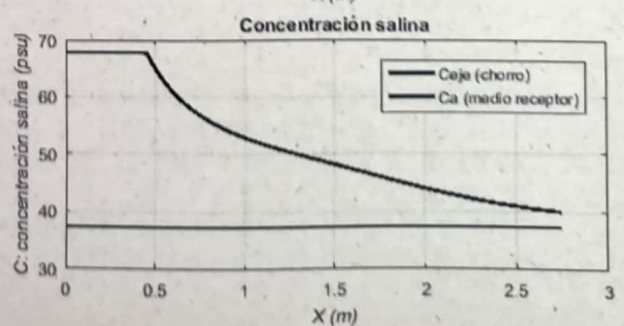
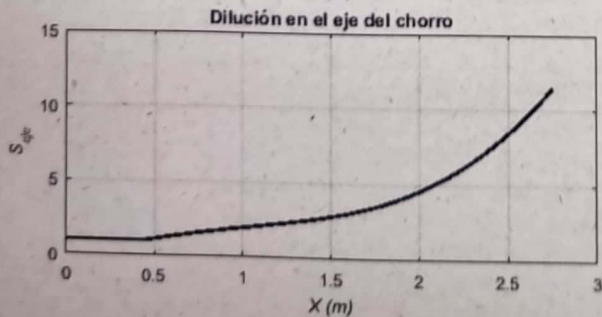
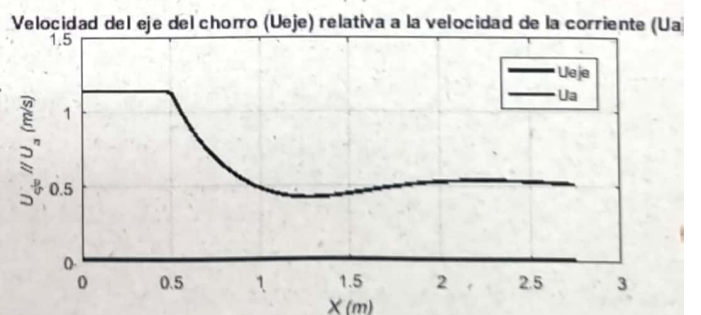
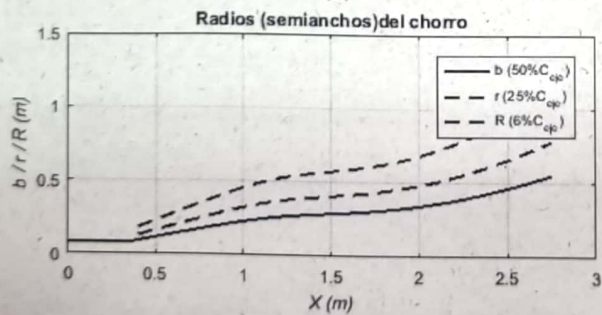
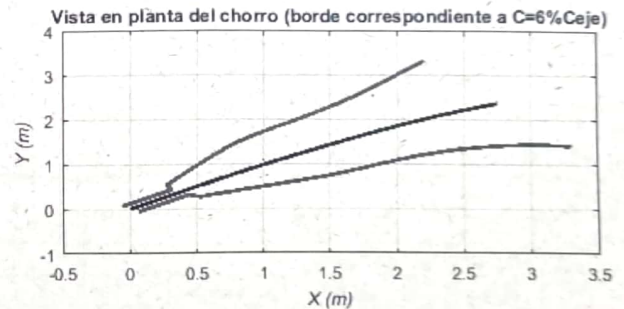
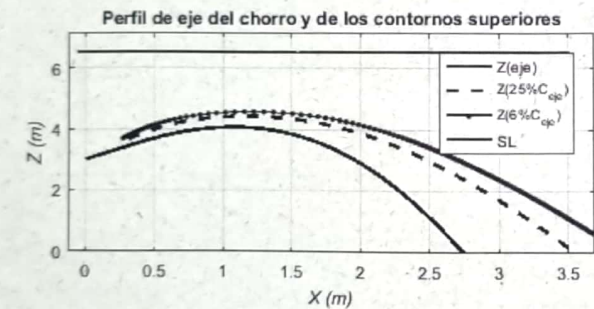


Tabla de resultados numéricos

Xeje	Yeje	Zeje	Seje	Coje-Ca	Coje	Save	b	Gp_eje	F_eje	Ueje	theta	sigma
0.00	0.00	3.00	1.00	30.44	67.80	1.00	0.09	-0.22	5.87	1.14	45.00	45.00
0.48	0.47	3.66	1.06	28.76	66.12	1.79	0.11	-0.21	7.91	1.14	41.81	44.40
0.62	0.61	3.82	1.33	22.89	60.25	2.24	0.14	-0.17	5.72	0.88	36.11	43.92
0.77	0.75	3.95	1.59	19.09	56.45	2.68	0.18	-0.14	4.25	0.67	27.35	43.45
0.94	0.91	4.04	1.86	16.36	53.72	3.12	0.22	-0.12	3.26	0.52	14.11	42.99
1.12	1.08	4.07	2.13	14.27	51.63	3.57	0.25	-0.10	2.75	0.44	-3.76	42.52
1.30	1.24	4.01	2.42	12.59	49.95	4.04	0.27	-0.09	2.70	0.43	-22.24	42.03
1.46	1.39	3.88	2.72	11.18	48.54	4.56	0.28	-0.08	2.92	0.44	-36.71	41.49
1.60	1.51	3.72	3.06	9.96	47.32	5.13	0.29	-0.07	3.22	0.47	-46.68	40.92
1.72	1.61	3.53	3.42	8.91	46.27	5.74	0.30	-0.06	3.52	0.49	-53.54	40.31
1.83	1.70	3.32	3.80	8.01	45.37	6.40	0.32	-0.06	3.77	0.51	-58.42	39.68
1.92	1.78	3.10	4.21	7.23	44.59	7.10	0.33	-0.05	3.99	0.52	-62.05	39.02
2.01	1.85	2.88	4.65	6.55	43.91	7.83	0.34	-0.05	4.17	0.53	-64.85	38.35
2.09	1.92	2.65	5.10	5.97	43.33	8.60	0.36	-0.04	4.31	0.54	-67.06	37.67
2.17	1.97	2.42	5.58	5.46	42.82	9.41	0.37	-0.04	4.44	0.54	-68.85	36.97
2.24	2.02	2.18	6.08	5.01	42.37	10.25	0.39	-0.04	4.54	0.54	-70.33	36.27
2.30	2.07	1.95	6.59	4.62	41.98	11.13	0.41	-0.03	4.62	0.54	-71.58	35.56
2.36	2.12	1.71	7.13	4.27	41.63	12.04	0.42	-0.03	4.69	0.54	-72.64	34.85
2.42	2.16	1.47	7.69	3.96	41.32	12.98	0.44	-0.03	4.76	0.54	-73.55	34.14
2.48	2.20	1.23	8.26	3.69	41.05	13.94	0.46	-0.03	4.81	0.53	-74.33	33.44
2.54	2.23	0.99	8.85	3.44	40.80	14.94	0.48	-0.03	4.86	0.53	-75.02	32.73
2.59	2.27	0.75	9.45	3.22	40.58	15.96	0.50	-0.02	4.90	0.53	-75.63	32.04
2.64	2.30	0.50	10.07	3.02	40.38	17.01	0.51	-0.02	4.93	0.52	-76.17	31.35
2.69	2.33	0.26	10.71	2.84	40.20	18.09	0.53	-0.02	4.96	0.52	-76.64	30.67
2.74	2.36	0.02	11.36	2.68	40.04	19.19	0.55	-0.02	4.99	0.52	-77.07	30.00

Observaciones:

El modelo ha sido desarrollado por el Instituto de Hidráulica Ambiental.

Para dudas, consultas y más información sobre el modelo: brIHnesupport@ihcantabria.com

Calibración del modelo:

El modelo simula el comportamiento de un vertido en chorro de salmuera resolviendo las ecuaciones de gobierno de acuerdo con la aproximación numérica propuesta en [1]. Esta aproximación consiste en integrar las ecuaciones diferenciales a lo largo de la sección transversal del chorro, resolviendo numéricamente el sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias resultantes.

Por el momento, brIHne-Jet utiliza los coeficientes experimentales propuestos en [1], que son también los que utiliza el modelo CORJET de Cormix, por lo que sus resultados son análogos. Próximamente, brIHne-Jet será recalibrado con datos experimentales obtenidos en el Instituto de Hidráulica Ambiental, mediante técnicas ópticas no intrusivas de anemometría láser, a fin de conseguir un mejor ajuste de sus resultados numéricos con los datos experimentales.

Sección transversal:

El modelo considera que los perfiles transversales de concentración y velocidad del chorro se ajustan a una curva de tipo Gauss.

Variables

$X_{eje}, Y_{eje}, Z_{eje}$: coordenadas cartesianas del eje del chorro.

S_{eje} : dilución en el eje del chorro (dilución mínima en la sección).

$C_{eje}-C_a$: Exceso de concentración salina en el eje del chorro respecto a la salinidad en el medio receptor.

C_{eje} : Concentración salina en el eje de chorro (concentración máxima en la sección).

b : semiancho del chorro. Distancia radial para la cual la velocidad es un 37% y la concentración un 50% de su valor en el eje del chorro.

S_{ave} : dilución media en la sección transversal del chorro.

G_{p_eje} : valor de la gravedad reducida en el eje del chorro.

F_{eje} : número de Froude densimétrico, calculado a partir de valores en el eje del chorro.

U_{eje} : velocidad del eje del chorro (relativa a la velocidad de la corriente en el medio receptor).

Theta (θ): ángulo de descarga del chorro con respecto al fondo.

Sigma: ángulo (proyección horizontal) del eje del chorro con respecto a la corriente en el medio receptor.

Punto de máxima altura del chorro:

brHne-Jet calcula el borde superior del chorro, sumando a las coordenadas del eje en cada punto el correspondiente radio del chorro, proponiendo diferentes valores de radio, a partir de los valores de concentración y velocidad respecto a los valores en el eje. Para obtener el punto de máxima altura del chorro, brHne-Jet considera para calcular el radio del chorro un valor: $Radio=2b$, que corresponde a la distancia radial desde el eje del chorro, para la cual la concentración es un 6% y la velocidad un 2% de las correspondiente al eje del chorro.

Punto de impacto con la superficie:

brHne-Jet considera que el chorro impacta con la superficie cuando su borde superior (definido a partir de un radio: $Radio=2b$) impacta en algún punto a la superficie libre del medio receptor.

Punto de impacto con el fondo:

brHne-Jet distingue entre el punto de retorno y el punto de impacto del chorro con el fondo. El punto de retorno es la posición en la cual el eje del chorro alcanza en su rama descendente el nivel o altura de la boquilla de vertido, mientras que el punto de impacto es la posición donde el eje del chorro alcanza el fondo.

Referencias

[1] Jirka, G. H. (2004). "Integral model for turbulent buoyant jets in unbounded stratified flows. Part I: The single round jet." Environmental Fluid Mechanics, volume 4, pp. 1-56.

Informe de ejecución brIHne_JET (Versión 1.0) - Proyecto 'Aluar Prueba 1'

Salinidad Rechazo Normal

Parámetros de entrada

Condiciones del medio receptor	Profundidad media en la zona de vertido [Ha (m)]	6.5
	Salinidad [Ca (psu)]	33.75
	Densidad [rho_a (Kg/m3)]	1025
	Velocidad de la corriente [Ua (m/s)]	0.02
Características del efluente	Concentración salina [Co (psu)]	61.36
	Densidad [rho_o (Kg/m3)]	1044
	Velocidad de salida del chorro [Uo (m/s)]	1.15
Características del dispositivo de vertido	Diámetro boquilla [do (m)]	0.17
	Altura de la boquilla con respecto al fondo [ho (m)]	3
	Ángulo de inclinación del chorro [thettag_o (sexaseg)]	45
	Ángulo horizontal entre el chorro y la corriente [sigmag_o (sexaseg)]	45

Flujos iniciales y escalas de longitud

Qo, flujo de caudal	0.03 m3/s
Mo, flujo de cantidad de movimiento	0.03 m4/s2
Jo, flujo de flotabilidad	-0.00 m4/s3
Qco, flujo de masa de contaminante	0.72 psu*m3/s
LQ, escala de longitud de flujo - caudal	0.15 m
LM, escala de longitud de cantidad de movimiento - flotabilidad	-1.05 m
Lm, escala de longitud de cantidad de movimiento - corriente en medio receptor	8.66 m
Lb, escala de longitud de cantidad de flotabilidad - corriente en medio receptor	-593.33 m
Número de Froude densimétrico, Fo	6.5

Zona de desarrollo de los perfiles autosemejantes

Le, longitud del eje al final de la zona de desarrollo de perfiles autosemejantes (ZOFE)	0.76 m
xe, coordenada horizontal al final de la ZOFE	0.38 m
ye, coordenada lateral al final de la ZOFE	0.38 m
ze, coordenada vertical al final de la ZOFE	3.54 m
thetgae, ángulo del eje del chorro con la horizontal al final de la ZOFE	44.79 sexag
sigmae, ángulo del eje del chorro con dirección de la corriente en el medio receptor al final de la ZOFE	44.59 sexag
gammae	59.64 sexag

Principales características del chorro

Zm, máxima altura del eje del chorro	4.17 m
Zt, máxima altura del borde superior del chorro, correspondiente al 6% de la concentración en el eje (C=6%Ceje)	4.72 m
Xm, posición horizontal del eje (distancia desde la boquilla) en el punto de máxima altura del chorro	1.22 m
Sm, dilución en el eje (mínima) en el punto de máxima altura	2.3

C_m , concentración salina en el eje (máxima) en el punto de máxima altura	45.7 psu
X_r , posición horizontal del eje del chorro en el punto de retorno (donde el eje alcanza el nivel de la boquilla)	2.19 m
S_r , dilución en el eje (mínima) en el punto de retorno	4.9
$S_{r\{ave\}}$, dilución media en el punto de retorno	8.2
C_r , concentración salina en el eje (máxima) en el punto de retorno	39.4 psu
b_r , radio del chorro en el punto de retorno ($C=50\%C_{qj}$)	0.37 m
r_r , radio del chorro en el punto de retorno ($C=25\%C_{qj}$)	0.53 m
R_r , radio del chorro en el punto de retorno ($C=6\%C_{qj}$)	0.74 m
X_i , posición horizontal del eje en el punto de impacto del chorro con el fondo	3.03 m
S_i , dilución en el eje (mínima) en el punto de impacto con el fondo	11.9
$S_{i\{ave\}}$, dilución media en el punto de impacto con el fondo	20.0
C_i , concentración salina en el eje (máxima) en el punto de impacto con el fondo	36.1 psu

Gráficas de evolución de variables

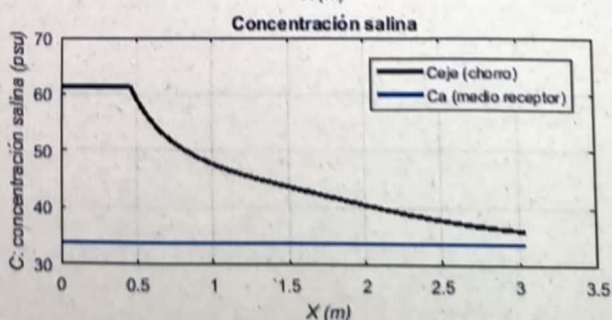
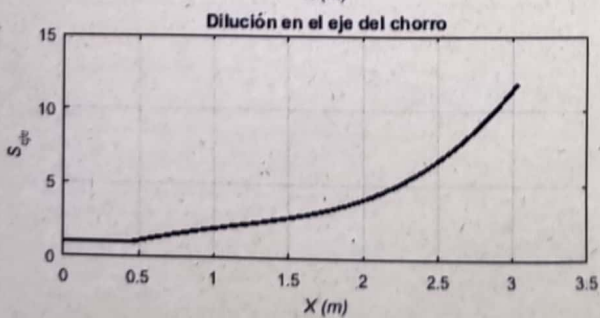
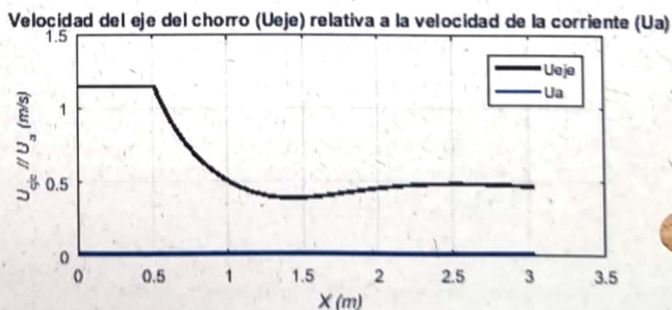
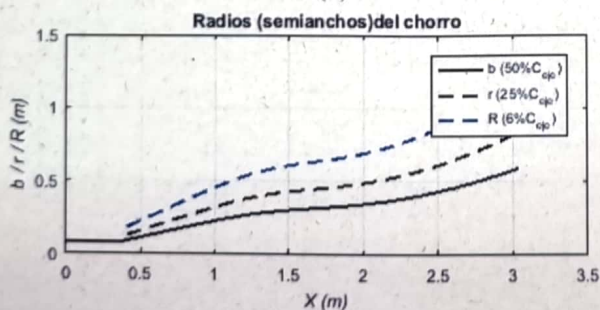
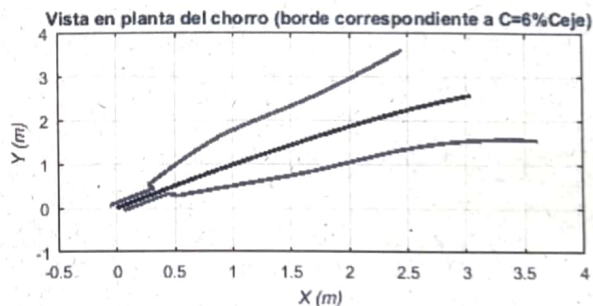
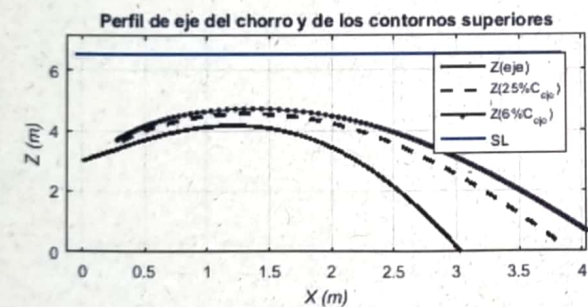


Tabla de resultados numéricos

Xeje	Yeje	Zeje	Seje	Ceje-Ca	Ceje	Save	b	Gp_eje	F_eje	Ueje	theta	sigma
0.00	0.00	3.00	1.00	27.61	61.36	1.00	0.09	-0.18	6.54	1.15	45.00	45.00
0.48	0.48	3.67	1.06	26.06	59.81	1.79	0.11	-0.17	8.91	1.15	42.40	44.40
0.62	0.61	3.84	1.33	20.69	54.44	2.25	0.14	-0.14	6.55	0.91	37.97	43.92
0.77	0.75	3.98	1.60	17.22	50.97	2.70	0.18	-0.11	4.96	0.70	31.47	43.45
0.93	0.91	4.09	1.87	14.76	48.51	3.14	0.21	-0.10	3.83	0.55	21.99	42.99
1.11	1.07	4.16	2.14	12.88	46.63	3.58	0.25	-0.08	3.09	0.45	8.68	42.53
1.29	1.24	4.16	2.42	11.40	45.15	4.04	0.28	-0.08	2.73	0.40	-7.67	42.05
1.47	1.40	4.09	2.71	10.17	43.92	4.53	0.30	-0.07	2.72	0.39	-23.61	41.55
1.63	1.54	3.97	3.03	9.13	42.88	5.06	0.31	-0.06	2.92	0.40	-36.23	41.02
1.78	1.66	3.81	3.36	8.21	41.96	5.64	0.32	-0.05	3.18	0.42	-45.33	40.45
1.90	1.77	3.62	3.72	7.42	41.17	6.25	0.34	-0.05	3.45	0.44	-51.83	39.85
2.01	1.86	3.41	4.11	6.73	40.48	6.90	0.35	-0.04	3.68	0.46	-56.61	39.23
2.12	1.94	3.20	4.51	6.12	39.87	7.59	0.36	-0.04	3.88	0.47	-60.23	38.59
2.21	2.02	2.98	4.94	5.59	39.34	8.32	0.38	-0.04	4.06	0.48	-63.06	37.94
2.29	2.08	2.76	5.39	5.13	38.88	9.07	0.39	-0.03	4.20	0.48	-65.32	37.27
2.38	2.14	2.53	5.85	4.72	38.47	9.87	0.41	-0.03	4.32	0.49	-67.17	36.60
2.45	2.20	2.30	6.34	4.35	38.10	10.69	0.42	-0.03	4.43	0.49	-68.71	35.92
2.52	2.25	2.06	6.85	4.03	37.78	11.54	0.44	-0.03	4.52	0.49	-70.01	35.24
2.59	2.30	1.83	7.37	3.75	37.50	12.43	0.46	-0.02	4.59	0.49	-71.11	34.56
2.66	2.34	1.59	7.91	3.49	37.24	13.34	0.47	-0.02	4.66	0.49	-72.07	33.87
2.72	2.38	1.35	8.47	3.26	37.01	14.28	0.49	-0.02	4.71	0.48	-72.90	33.19
2.78	2.42	1.11	9.04	3.05	36.80	15.25	0.51	-0.02	4.76	0.48	-73.63	32.51
2.84	2.46	0.87	9.63	2.87	36.62	16.25	0.53	-0.02	4.81	0.48	-74.27	31.84
2.89	2.49	0.63	10.23	2.70	36.45	17.26	0.54	-0.02	4.85	0.48	-74.84	31.18
2.95	2.53	0.39	10.85	2.55	36.30	18.31	0.56	-0.02	4.88	0.47	-75.35	30.52
3.00	2.56	0.15	11.48	2.40	36.15	19.38	0.58	-0.02	4.91	0.47	-75.81	29.87

Observaciones:

El modelo ha sido desarrollado por el Instituto de Hidráulica Ambiental.

Para dudas, consultas y más información sobre el modelo: brIHnesupport@ihcantabria.com

Calibración del modelo:

El modelo simula el comportamiento de un vertido en chorro de salmuera resolviendo las ecuaciones de gobierno de acuerdo con la aproximación numérica propuesta en [1]. Esta aproximación consiste en integrar las ecuaciones diferenciales a lo largo de la sección transversal del chorro, resolviendo numéricamente el sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias resultantes.

Por el momento, brIHne-Jet utiliza los coeficientes experimentales propuestos en [1], que son también los que utiliza el modelo CORJET de Cormix, por lo que sus resultados son análogos. Próximamente, brIHne-Jet será recalibrado con datos experimentales obtenidos en el Instituto de Hidráulica Ambiental, mediante técnicas ópticas no intrusivas de anemometría láser, a fin de conseguir un mejor ajuste de sus resultados numéricos con los datos experimentales.

Sección transversal:

El modelo considera que los perfiles transversales de concentración y velocidad del chorro se ajustan a una curva de tipo Gauss.

Variables

$X_{eje}, Y_{eje}, Z_{eje}$: coordenadas cartesianas del eje del chorro.

S_{eje} : dilución en el eje del chorro (dilución mínima en la sección).

$C_{eje} - C_a$: Exceso de concentración salina en el eje del chorro respecto a la salinidad en el medio receptor

C_{eje} : Concentración salina en el eje de chorro (concentración máxima en la sección).

b : semiancho del chorro. Distancia radial para la cual la velocidad es un 37% y la concentración un 50% de su valor en el eje del chorro.

S_{ave} : dilución media en la sección transversal del chorro.

G_{p-eje} : valor de la gravedad reducida en el eje del chorro.

F_{-eje} : número de Froude densimétrico, calculado a partir de valores en el eje del chorro.

U_{eje} : velocidad del eje del chorro (relativa a la velocidad de la corriente en el medio receptor).

Theta (θ): ángulo de descarga del chorro con respecto al fondo.

Sigma (σ): ángulo (proyección horizontal) del eje del chorro con respecto a la corriente en el medio receptor.

Punto de máxima altura del chorro:

brIHne-Jet calcula el borde superior del chorro, sumando a las coordenadas del eje en cada punto el correspondiente radio del chorro, proponiendo diferentes valores de radio, a partir de los valores de concentración y velocidad respecto a los valores en el eje. Para obtener el punto de máxima altura del chorro, brIHne-Jet considera para calcular el radio del chorro un valor: $Radio=2b$, que corresponde a la distancia radial desde el eje del chorro, para la cual la concentración es un 6% y la velocidad un 2% de las correspondiente al eje del chorro.

Punto de impacto con la superficie:

brIHne-Jet considera que el chorro impacta con la superficie cuando su borde superior (definido a partir de un radio: $Radio=2b$) impacta en algún punto a la superficie libre del medio receptor.

Punto de impacto con el fondo:

brIHne-Jet distingue entre el punto de retorno y el punto de impacto del chorro con el fondo. El punto de retorno es la posición en la cual el eje del chorro alcanza en su rama descendente el nivel o altura de la boquilla de vertido, mientras que el punto de impacto es la posición donde el eje del chorro alcanza el fondo.

Referencias

- [1] Jirka, G. H. (2004). "Integral model for turbulent buoyant jets in unbounded stratified flows. Part I: The single round jet." Environmental Fluid Mechanics, volume 4, pp. 1-56.

Informe de ejecución brIHne_JET (Versión 1.0) - Proyecto 'Aluar Prueba 1'

Salinidad Rechazo Normal

Parámetros de entrada

Condiciones del medio receptor	Profundidad media en la zona de vertido [Ha (m)]	6.5
	Salinidad [Ca (psu)]	33.75
	Densidad [ρ_a (Kg/m ³)]	1025
	Velocidad de la corriente [Ua (m/s)]	0.1
Características del efluente	Concentración salina [Co (psu)]	61.36
	Densidad [ρ_o (Kg/m ³)]	1044
	Velocidad de salida del chorro [Uo (m/s)]	1.15
Características del dispositivo de vertido	Diámetro boquilla [do (m)]	0.17
	Altura de la boquilla con respecto al fondo [ho (m)]	3
	Ángulo de inclinación del chorro [θ_o (sexages)]	45
	Ángulo horizontal entre el chorro y la corriente [σ_o (sexages)]	0

Flujos iniciales y escalas de longitud

Qo, flujo de caudal	0.03 m ³ /s
Mo, flujo de cantidad de movimiento	0.03 m ⁴ /s ²
Jo, flujo de flotabilidad	-0.00 m ⁴ /s ³
Qco, flujo de masa de contaminante	0.72 psu*m ³ /s
LQ, escala de longitud de flujo - caudal	0.15 m
LM, escala de longitud de cantidad de movimiento - flotabilidad	-1.05 m
Lm, escala de longitud de cantidad de movimiento - corriente en medio receptor	1.73 m
Lb, escala de longitud de cantidad de flotabilidad - corriente en medio receptor	-4.75 m
Número de Froude densimétrico, Fo	6.5

Zona de desarrollo de los perfiles autosemejantes

Le, longitud del eje al final de la zona de desarrollo de perfiles autosemejantes (ZOFE)	0.64 m
xe, coordenada horizontal al final de la ZOFE	0.46 m
ye, coordenada lateral al final de la ZOFE	0.00 m
ze, coordenada vertical al final de la ZOFE	3.45 m
thetae, ángulo del eje del chorro con la horizontal al final de la ZOFE	43.58 sexag
sigmae, ángulo del eje del chorro con dirección de la corriente en el medio receptor al final de la ZOFE	0.00 sexag
gammae	43.58 sexag

Principales características del chorro

Zm, máxima altura del eje del chorro	4.02 m
Zt, máxima altura del borde superior del chorro, correspondiente al 6% de la concentración en el eje ($C=6\%C_{eje}$)	4.56 m
Xm, posición horizontal del eje (distancia desde la boquilla) en el punto de máxima altura del chorro	1.70 m
Sm, dilución en el eje (mínima) en el punto de máxima altura	2.8

Cm, concentración salina en el eje (máxima) en el punto de máxima altura	43.5 psu
Xr, posición horizontal del eje del chorro en el punto de retorno (donde el eje alcanza el nivel de la boquilla)	3.55 m
Sr, dilución en el eje (mínima) en el punto de retorno	7.7
Sr _{ave} , dilución media en el punto de retorno	12.2
Cr, concentración salina en el eje (máxima) en el punto de retorno	37.3 psu
b _r , radio del chorro en el punto de retorno (C=50%Ceje)	0.48 m
r _r , radio del chorro en el punto de retorno (C=25%Ceje)	0.68 m
R _r , radio del chorro en el punto de retorno (C=6%Ceje)	0.96 m
Xi, posición horizontal del eje en el punto de impacto del chorro con el fondo	6.71 m
Si, dilución en el eje (mínima) en el punto de impacto con el fondo	29.2
Si _{ave} , dilución media en el punto de impacto con el fondo	45.4
Ci, concentración salina en el eje (máxima) en el punto de impacto con el fondo	34.7 psu

Gráficas de evolución de variables

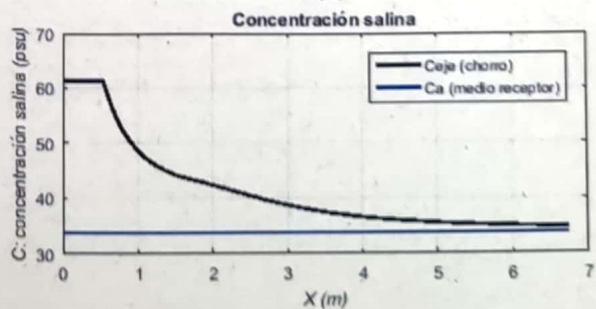
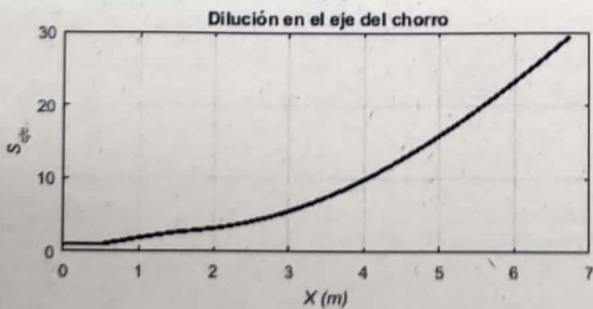
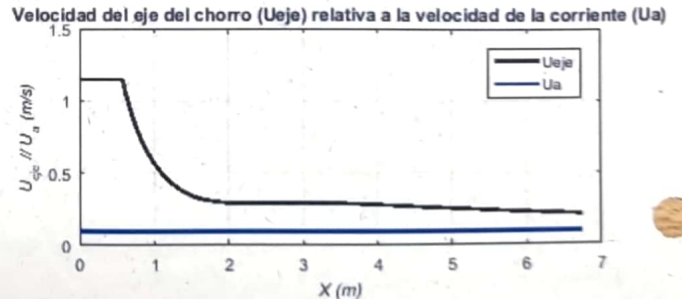
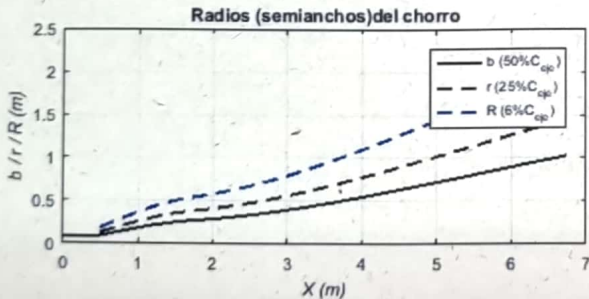
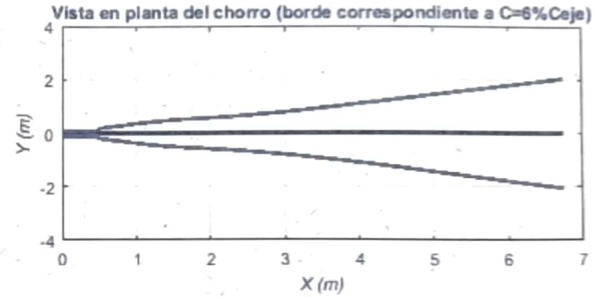
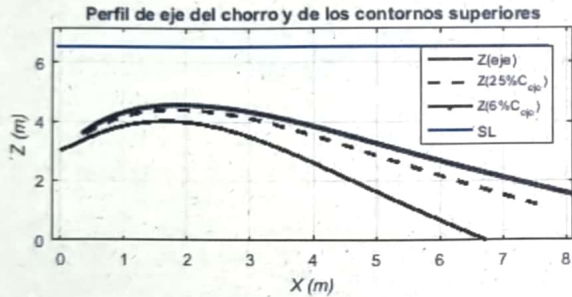


Tabla de resultados numéricos

Xeje	Yeje	Zeje	Seje	Ceje-Ca	Ceje	Save	b	Gp_eje	F_eje	Ueje	theta	sigma
0.00	0.00	3.00	1.00	27.61	61.36	1.00	0.09	-0.18	6.54	1.15	45.00	0.00
0.61	0.00	3.58	1.13	24.35	58.10	1.87	0.11	-0.16	7.95	1.07	40.15	0.00
0.81	0.00	3.73	1.51	18.28	52.03	2.46	0.15	-0.12	5.60	0.75	33.80	0.00
1.02	0.00	3.86	1.90	14.52	48.27	3.06	0.19	-0.10	4.11	0.55	26.12	0.00
1.25	0.00	3.95	2.29	12.07	45.82	3.63	0.22	-0.08	3.17	0.42	17.24	0.00
1.50	0.00	4.00	2.63	10.50	44.25	4.12	0.25	-0.07	2.61	0.34	7.53	0.00
1.75	0.00	4.01	2.89	9.54	43.29	4.51	0.27	-0.06	2.37	0.31	-2.44	0.00
1.99	0.00	3.98	3.19	8.65	42.40	4.97	0.29	-0.06	2.30	0.30	-11.93	0.00
2.23	0.00	3.91	3.58	7.71	41.46	5.58	0.31	-0.05	2.32	0.29	-20.06	0.00
2.46	0.00	3.81	4.05	6.81	40.56	6.34	0.33	-0.04	2.38	0.29	-26.49	0.00
2.68	0.00	3.69	4.60	6.00	39.75	7.21	0.36	-0.04	2.47	0.29	-31.38	0.00
2.89	0.00	3.56	5.21	5.30	39.05	8.19	0.39	-0.03	2.55	0.30	-35.02	0.00
3.09	0.00	3.41	5.88	4.69	38.44	9.26	0.41	-0.03	2.62	0.30	-37.71	0.00
3.29	0.00	3.25	6.61	4.18	37.93	10.41	0.44	-0.03	2.67	0.29	-39.70	0.00
3.48	0.00	3.09	7.39	3.74	37.49	11.65	0.47	-0.02	2.72	0.29	-41.16	0.00
3.66	0.00	2.92	8.22	3.36	37.11	12.96	0.50	-0.02	2.76	0.29	-42.23	0.00
3.85	0.00	2.75	9.10	3.03	36.78	14.35	0.53	-0.02	2.78	0.29	-43.01	0.00
4.03	0.00	2.58	10.02	2.75	36.50	15.80	0.56	-0.02	2.80	0.28	-43.55	0.00
4.21	0.00	2.41	11.00	2.51	36.26	17.33	0.59	-0.02	2.81	0.28	-43.92	0.00
4.39	0.00	2.23	12.02	2.30	36.05	18.93	0.62	-0.02	2.82	0.27	-44.15	0.00
4.57	0.00	2.06	13.09	2.11	35.86	20.60	0.65	-0.01	2.82	0.27	-44.27	0.00
4.75	0.00	1.89	14.21	1.94	35.69	22.34	0.68	-0.01	2.82	0.26	-44.30	0.00
4.93	0.00	1.71	15.37	1.80	35.55	24.14	0.71	-0.01	2.81	0.26	-44.27	0.00
5.11	0.00	1.54	16.58	1.67	35.42	26.02	0.74	-0.01	2.80	0.25	-44.18	0.00
5.29	0.00	1.36	17.83	1.55	35.30	27.96	0.77	-0.01	2.79	0.25	-44.05	0.00
5.47	0.00	1.19	19.14	1.44	35.19	29.97	0.80	-0.01	2.78	0.24	-43.88	0.00
5.65	0.00	1.02	20.48	1.35	35.10	32.04	0.83	-0.01	2.77	0.24	-43.69	0.00
5.83	0.00	0.84	21.88	1.26	35.01	34.18	0.87	-0.01	2.75	0.23	-43.47	0.00
6.01	0.00	0.67	23.31	1.18	34.93	36.39	0.90	-0.01	2.74	0.23	-43.24	0.00
6.19	0.00	0.50	24.80	1.11	34.86	38.66	0.93	-0.01	2.72	0.22	-42.99	0.00
6.38	0.00	0.33	26.32	1.05	34.80	41.00	0.96	-0.01	2.70	0.22	-42.73	0.00
6.56	0.00	0.16	27.90	0.99	34.74	43.40	1.00	-0.01	2.69	0.22	-42.46	0.00
6.74	0.00	-0.01	29.51	0.94	34.69	45.86	1.03	-0.01	2.67	0.21	-42.18	0.00

Observaciones:

El modelo ha sido desarrollado por el Instituto de Hidráulica Ambiental.

Para dudas, consultas y más información sobre el modelo: brIHnesupport@ihcantabria.com

Calibración del modelo:

El modelo simula el comportamiento de un vertido en chorro de salmuera resolviendo las ecuaciones de gobierno de acuerdo con la aproximación numérica propuesta en [1]. Esta aproximación consiste en integrar las ecuaciones diferenciales a lo largo de la sección transversal del chorro, resolviendo numéricamente el sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias resultantes.

Por el momento, brIHne-Jet utiliza los coeficientes experimentales propuestos en [1], que son también los que utiliza el modelo CORJET de Cormix, por lo que sus resultados son análogos. Próximamente, brIHne-Jet será recalibrado con datos experimentales obtenidos en el Instituto de Hidráulica Ambiental, mediante técnicas ópticas no intrusivas de anemometría láser, a fin de conseguir un mejor ajuste de sus resultados numéricos con los datos experimentales.

Sección transversal:

El modelo considera que los perfiles transversales de concentración y velocidad del chorro se ajustan a una curva de tipo Gauss.

Variables

$X_{eje}, Y_{eje}, Z_{eje}$: coordenadas cartesianas del eje del chorro.

S_{eje} : dilución en el eje del chorro (dilución mínima en la sección).

$C_{eje} - C_a$: Exceso de concentración salina en el eje del chorro respecto a la salinidad en el medio receptor

C_{eje} : Concentración salina en el eje de chorro (concentración máxima en la sección).

b : semiancho del chorro. Distancia radial para la cual la velocidad es un 37% y la concentración un 50% de su valor en el eje del chorro.

S_{ave} : dilución media en la sección transversal del chorro.

G_{p-eje} : valor de la gravedad reducida en el eje del chorro.

F_{-eje} : número de Froude densimétrico, calculado a partir de valores en el eje del chorro.

U_{eje} : velocidad del eje del chorro (relativa a la velocidad de la corriente en el medio receptor).

θ : ángulo de descarga del chorro con respecto al fondo.

σ : ángulo (proyección horizontal) del eje del chorro con respecto a la corriente en el medio receptor.

Punto de máxima altura del chorro:

brIHne-Jet calcula el borde superior del chorro, sumando a las coordenadas del eje en cada punto el correspondiente radio del chorro, proponiendo diferentes valores de radio, a partir de los valores de concentración y velocidad respecto a los valores en el eje. Para obtener el punto de máxima altura del chorro, brIHne-Jet considera para calcular el radio del chorro un valor: $\text{Radio}=2b$, que corresponde a la distancia radial desde el eje del chorro, para la cual la concentración es un 6% y la velocidad un 2% de las correspondiente al eje del chorro.

Punto de impacto con la superficie:

brIHne-Jet considera que el chorro impacta con la superficie cuando su borde superior (definido a partir de un radio: $\text{Radio}=2b$) impacta en algún punto a la superficie libre del medio receptor.

Punto de impacto con el fondo:

brIHne-Jet distingue entre el punto de retorno y el punto de impacto del chorro con el fondo. El punto de retorno es la posición en la cual el eje del chorro alcanza en su rama descendente el nivel o altura de la boquilla de vertido, mientras que el punto de impacto es la posición donde el eje del chorro alcanza el fondo.

Referencias

[1] Jirka, G. H. (2004). "Integral model for turbulent buoyant jets in unbounded stratified flows. Part I: The single round jet." Environmental Fluid Mechanics, volume 4, pp. 1-56.

Informe de ejecución brHne_JET (Versión 1.0) - Proyecto 'Aluar Prueba 1'

Salinidad Rechazo Normal

Parámetros de entrada

Condiciones del medio receptor	Profundidad media en la zona de vertido [H_a (m)]	6.5
	Salinidad [C_a (psu)]	33.75
	Densidad [ρ_{a_o} (Kg/m ³)]	1025
	Velocidad de la corriente [U_a (m/s)]	0.05
Características del efluente	Concentración salina [C_o (psu)]	61.36
	Densidad [ρ_{o_o} (Kg/m ³)]	1044
	Velocidad de salida del chorro [U_o (m/s)]	1.15
Características del dispositivo de vertido	Diámetro boquilla [d_o (m)]	0.17
	Altura de la boquilla con respecto al fondo [h_o (m)]	3
	Ángulo de inclinación del chorro [θ_{o_o} (sexages)]	45
	Ángulo horizontal entre el chorro y la corriente [σ_{o_o} (sexages)]	0

Flujos iniciales y escalas de longitud

Q_o , flujo de caudal	0.03 m ³ /s
M_o , flujo de cantidad de movimiento	0.03 m ⁴ /s ²
J_o , flujo de flotabilidad	-0.00 m ⁴ /s ³
Q_{co} , flujo de masa de contaminante	0.72 psu*m ³ /s
L_Q , escala de longitud de flujo - caudal	0.15 m
L_M , escala de longitud de cantidad de movimiento - flotabilidad	-1.05 m
L_m , escala de longitud de cantidad de movimiento - corriente en medio receptor	3.47 m
L_b , escala de longitud de cantidad de flotabilidad - corriente en medio receptor	-37.97 m
Número de Froude densimétrico, F_o	6.5

Zona de desarrollo de los perfiles autosemejantes

L_e , longitud del eje al final de la zona de desarrollo de perfiles autosemejantes (ZOFE)	0.72 m
x_e , coordenada horizontal al final de la ZOFE	0.51 m
y_e , coordenada lateral al final de la ZOFE	0.00 m
z_e , coordenada vertical al final de la ZOFE	3.51 m
θ_{eae} , ángulo del eje del chorro con la horizontal al final de la ZOFE	44.28 sexag
σ_{eae} , ángulo del eje del chorro con dirección de la corriente en el medio receptor al final de la ZOFE	0.00 sexag
γ_{eae}	44.28 sexag

Principales características del chorro

Z_m , máxima altura del eje del chorro	4.12 m
Z_l , máxima altura del borde superior del chorro, correspondiente al 6% de la concentración en el eje ($C=6\%C_{eje}$)	4.66 m
X_m , posición horizontal del eje (distancia desde la boquilla) en el punto de máxima altura del chorro	1.68 m
S_m , dilución en el eje (mínima) en el punto de máxima altura	2.5

C_m , concentración salina en el eje (máxima) en el punto de máxima altura	44.9 psu
X_r , posición horizontal del eje del chorro en el punto de retorno (donde el eje alcanza el nivel de la boquilla)	3.20 m
S_r , dilución en el eje (mínima) en el punto de retorno	5.8
S_r (ave), dilución media en el punto de retorno	9.5
C_r , concentración salina en el eje (máxima) en el punto de retorno	38.5 psu
b_r , radio del chorro en el punto de retorno ($C=50\%C_{eq}$)	0.41 m
r_r , radio del chorro en el punto de retorno ($C=25\%C_{eq}$)	0.59 m
R_r , radio del chorro en el punto de retorno ($C=6\%C_{eq}$)	0.83 m
X_i , posición horizontal del eje en el punto de impacto del chorro con el fondo	4.79 m
S_i , dilución en el eje (mínima) en el punto de impacto con el fondo	15.6
S_i (ave), dilución media en el punto de impacto con el fondo	25.9
C_i , concentración salina en el eje (máxima) en el punto de impacto con el fondo	35.5 psu

Gráficas de evolución de variables

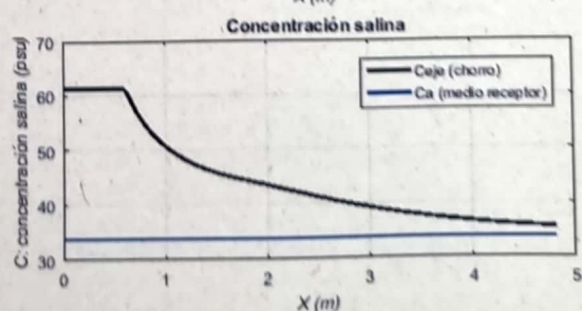
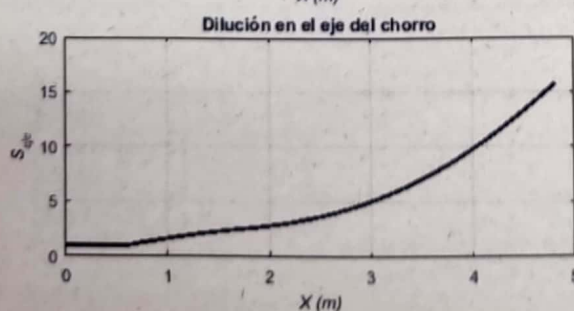
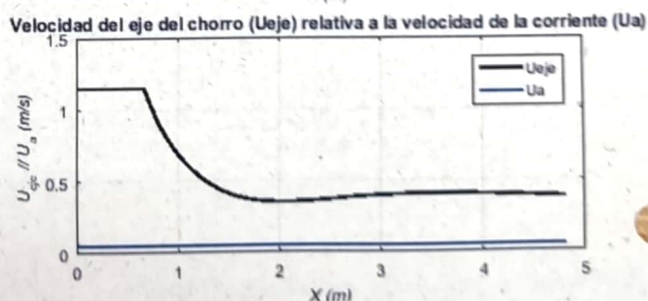
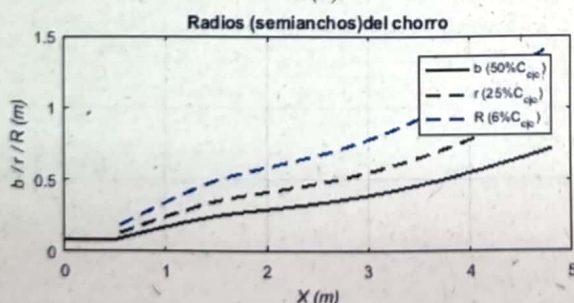
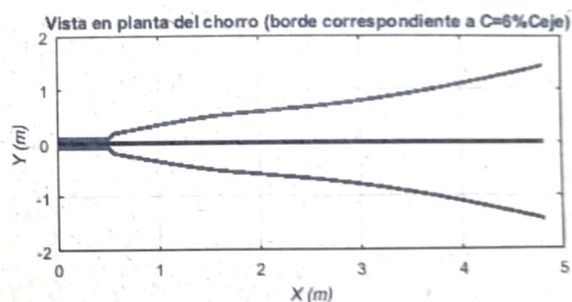
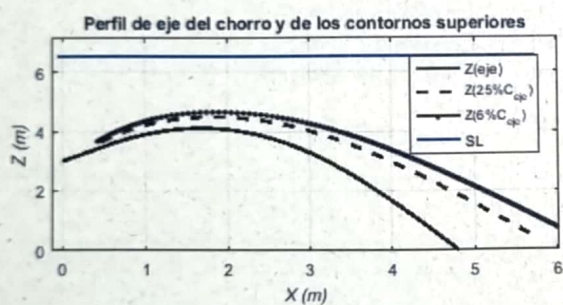


Tabla de resultados numéricos

Xeje	Yeje	Zeje	Seje	Ceje-Ca	Ceje	Save	b	Gp_eje	F_eje	Ueje	theta	sigma
0.00	0.00	3.00	1.00	27.61	61.36	1.00	0.09	-0.18	6.54	1.15	45.00	0.00
0.66	0.00	3.64	1.09	25.36	59.11	1.82	0.11	-0.17	8.51	1.15	41.56	0.00
0.85	0.00	3.80	1.40	19.70	53.45	2.33	0.14	-0.13	6.16	0.84	36.43	0.00
1.06	0.00	3.94	1.72	16.08	49.83	2.83	0.18	-0.11	4.61	0.64	29.47	0.00
1.29	0.00	4.04	2.03	13.60	47.35	3.32	0.22	-0.09	3.55	0.49	20.18	0.00
1.53	0.00	4.10	2.32	11.88	45.63	3.77	0.25	-0.08	2.90	0.41	8.44	0.00
1.78	0.00	4.11	2.57	10.72	44.47	4.17	0.27	-0.07	2.61	0.36	-4.84	0.00
2.02	0.00	4.06	2.86	9.65	43.40	4.63	0.29	-0.06	2.57	0.35	-17.74	0.00
2.25	0.00	3.96	3.21	8.61	42.36	5.21	0.31	-0.06	2.67	0.36	-28.57	0.00
2.46	0.00	3.83	3.60	7.66	41.41	5.88	0.33	-0.05	2.84	0.37	-36.90	0.00
2.65	0.00	3.67	4.04	6.83	40.58	6.62	0.35	-0.04	3.02	0.38	-43.12	0.00
2.83	0.00	3.49	4.52	6.11	39.86	7.42	0.37	-0.04	3.19	0.39	-47.78	0.00
2.99	0.00	3.30	5.03	5.49	39.24	8.27	0.39	-0.04	3.35	0.40	-51.31	0.00
3.14	0.00	3.10	5.56	4.96	38.71	9.17	0.41	-0.03	3.48	0.40	-54.03	0.00
3.28	0.00	2.89	6.13	4.51	38.26	10.12	0.43	-0.03	3.60	0.41	-56.18	0.00
3.42	0.00	2.68	6.72	4.11	37.86	11.10	0.45	-0.03	3.70	0.41	-57.89	0.00
3.55	0.00	2.47	7.33	3.77	37.52	12.13	0.47	-0.02	3.78	0.41	-59.27	0.00
3.68	0.00	2.26	7.97	3.46	37.21	13.19	0.49	-0.02	3.85	0.41	-60.40	0.00
3.80	0.00	2.04	8.63	3.20	36.95	14.29	0.51	-0.02	3.92	0.41	-61.33	0.00
3.92	0.00	1.82	9.32	2.96	36.71	15.44	0.53	-0.02	3.97	0.40	-62.10	0.00
4.03	0.00	1.59	10.03	2.75	36.50	16.62	0.55	-0.02	4.02	0.40	-62.74	0.00
4.14	0.00	1.37	10.76	2.57	36.32	17.83	0.58	-0.02	4.05	0.40	-63.28	0.00
4.26	0.00	1.15	11.51	2.40	36.15	19.09	0.60	-0.02	4.09	0.40	-63.73	0.00
4.37	0.00	0.92	12.29	2.25	36.00	20.38	0.62	-0.01	4.12	0.39	-64.11	0.00
4.47	0.00	0.70	13.09	2.11	35.86	21.71	0.64	-0.01	4.14	0.39	-64.43	0.00
4.58	0.00	0.47	13.92	1.98	35.73	23.08	0.67	-0.01	4.16	0.39	-64.69	0.00
4.69	0.00	0.25	14.76	1.87	35.62	24.48	0.69	-0.01	4.18	0.39	-64.91	0.00
4.79	0.00	0.02	15.63	1.77	35.52	25.92	0.71	-0.01	4.20	0.38	-65.10	0.00

Observaciones:

El modelo ha sido desarrollado por el Instituto de Hidráulica Ambiental.

Para dudas, consultas y más información sobre el modelo: brIHnesupport@ihcantabria.com

Calibración del modelo:

El modelo simula el comportamiento de un vertido en chorro de salmuera resolviendo las ecuaciones de gobierno de acuerdo con la aproximación numérica propuesta en [1]. Esta aproximación consiste en integrar las ecuaciones diferenciales a lo largo de la sección transversal del chorro, resolviendo numéricamente el sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias resultantes.

Por el momento, brIHne-Jet utiliza los coeficientes experimentales propuestos en [1], que son también los que utiliza el modelo CORJET de Cormix, por lo que sus resultados son análogos. Próximamente, brIHne-Jet será recalibrado con datos experimentales obtenidos en el Instituto de Hidráulica Ambiental, mediante técnicas ópticas no intrusivas de anemometría láser, a fin de conseguir un mejor ajuste de sus resultados numéricos con los datos experimentales.

Sección transversal:

El modelo considera que los perfiles transversales de concentración y velocidad del chorro se ajustan a una curva de tipo Gauss.

Variables

$X_{eje}, Y_{eje}, Z_{eje}$: coordenadas cartesianas del eje del chorro.

S_{eje} : dilución en el eje del chorro (dilución mínima en la sección).

$C_{eje} - C_a$: Exceso de concentración salina en el eje del chorro respecto a la salinidad en el medio receptor

C_{eje} : Concentración salina en el eje de chorro (concentración máxima en la sección).

b : semiancho del chorro. Distancia radial para la cual la velocidad es un 37% y la concentración un 50% de su valor en el eje del chorro.

S_{ave} : dilución media en la sección transversal del chorro.

Gp_{eje} : valor de la gravedad reducida en el eje del chorro.

F_{eje} : número de Froude densimétrico, calculado a partir de valores en el eje del chorro.

U_{eje} : velocidad del eje del chorro (relativa a la velocidad de la corriente en el medio receptor).

Θ : ángulo de descarga del chorro con respecto al fondo.

Σ : ángulo (proyección horizontal) del eje del chorro con respecto a la corriente en el medio receptor.

Punto de máxima altura del chorro:

brHne-Jet calcula el borde superior del chorro, sumando a las coordenadas del eje en cada punto el correspondiente radio del chorro, proponiendo diferentes valores de radio, a partir de los valores de concentración y velocidad respecto a los valores en el eje. Para obtener el punto de máxima altura del chorro, brHne-Jet considera para calcular el radio del chorro un valor: $Radio=2b$, que corresponde a la distancia radial desde el eje del chorro, para la cual la concentración es un 6% y la velocidad un 2% de las correspondiente al eje del chorro.

Punto de impacto con la superficie:

brHne-Jet considera que el chorro impacta con la superficie cuando su borde superior (definido a partir de un radio: $Radio=2b$) impacta en algún punto a la superficie libre del medio receptor.

Punto de impacto con el fondo:

brHne-Jet distingue entre el punto de retorno y el punto de impacto del chorro con el fondo. El punto de retorno es la posición en la cual el eje del chorro alcanza en su rama descendente el nivel o altura de la boquilla de vertido, mientras que el punto de impacto es la posición donde el eje del chorro alcanza el fondo.

Referencias

[1] Jirka, G. H. (2004). "Integral model for turbulent buoyant jets in unbounded stratified flows. Part I: The single round jet." Environmental Fluid Mechanics, volume 4, pp. 1-56.

Informe de ejecución brIHne_JET (Versión 1.0) - Proyecto 'Aluar Prueba 1'

Salinidad Rechazo Normal

Parámetros de entrada

Condiciones del medio receptor	Profundidad media en la zona de vertido [H_a (m)]	6.5
	Salinidad [C_a (psu)]	33.75
	Densidad [ρ_a (Kg/m ³)]	1025
	Velocidad de la corriente [U_a (m/s)]	0.15
Características del efluente	Concentración salina [C_o (psu)]	61.36
	Densidad [ρ_o (Kg/m ³)]	1044
	Velocidad de salida del chorro [U_o (m/s)]	1.15
Características del dispositivo de vertido	Diámetro boquilla [d_o (m)]	0.17
	Altura de la boquilla con respecto al fondo [h_o (m)]	3
	Ángulo de inclinación del chorro [θ_o (sexages)]	45
	Ángulo horizontal entre el chorro y la corriente [σ_o (sexages)]	0

Flujos iniciales y escalas de longitud

Q_o , flujo de caudal	0.03 m ³ /s
M_o , flujo de cantidad de movimiento	0.03 m ⁴ /s ²
J_o , flujo de flotabilidad	-0.00 m ⁴ /s ³
Q_{co} , flujo de masa de contaminante	0.72 psu*m ³ /s
LQ, escala de longitud de flujo - caudal	0.15 m
LM, escala de longitud de cantidad de movimiento - flotabilidad	-1.05 m
Lm, escala de longitud de cantidad de movimiento - corriente en medio receptor	1.16 m
Lb, escala de longitud de cantidad de flotabilidad - corriente en medio receptor	-1.41 m
Número de Froude densimétrico, Fo	6.5

Zona de desarrollo de los perfiles autosemejantes

L_e , longitud del eje al final de la zona de desarrollo de perfiles autosemejantes (ZOFE)	0.56 m
x_e , coordenada horizontal al final de la ZOFE	0.40 m
y_e , coordenada lateral al final de la ZOFE	0.00 m
z_e , coordenada vertical al final de la ZOFE	3.39 m
θ_{etae} , ángulo del eje del chorro con la horizontal al final de la ZOFE	42.89 sexag
σ_{mae} , ángulo del eje del chorro con dirección de la corriente en el medio receptor al final de la ZOFE	0.00 sexag
γ_{mae}	42.89 sexag

Principales características del chorro

Z_m , máxima altura del eje del chorro	3.92 m
Z_t , máxima altura del borde superior del chorro, correspondiente al 6% de la concentración en el eje ($C=6\%C_{eje}$)	4.45 m
X_m , posición horizontal del eje (distancia desde la boquilla) en el punto de máxima altura del chorro	1.71 m
S_m , dilución en el eje (mínima) en el punto de máxima altura	3.1

Cm, concentración salina en el eje (máxima) en el punto de máxima altura	42.5 psu
Xr, posición horizontal del eje del chorro en el punto de retorno (donde el eje alcanza el nivel de la boquilla)	3.97 m
Sr, dilución en el eje (mínima) en el punto de retorno	9.6
Sr_ave, dilución media en el punto de retorno	14.5
Cr, concentración salina en el eje (máxima) en el punto de retorno	36.6 psu
b_r, radio del chorro en el punto de retorno (C=50%Ceje)	0.51 m
r_r, radio del chorro en el punto de retorno (C=25%Ceje)	0.72 m
R_r, radio del chorro en el punto de retorno (C=6%Ceje)	1.01 m
Xi, posición horizontal del eje en el punto de impacto del chorro con el fondo	9.55 m
Si, dilución en el eje (mínima) en el punto de impacto con el fondo	49.6
Si_ave, dilución media en el punto de impacto con el fondo	72.7
Ci, concentración salina en el eje (máxima) en el punto de impacto con el fondo	34.3 psu

Gráficas de evolución de variables

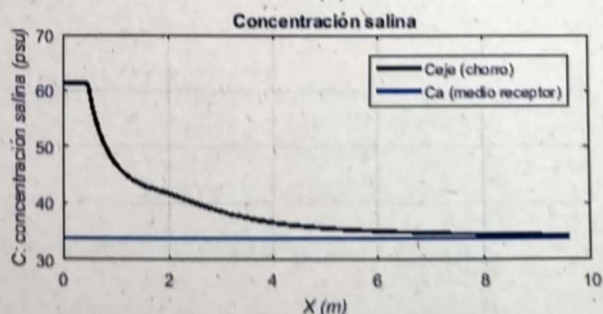
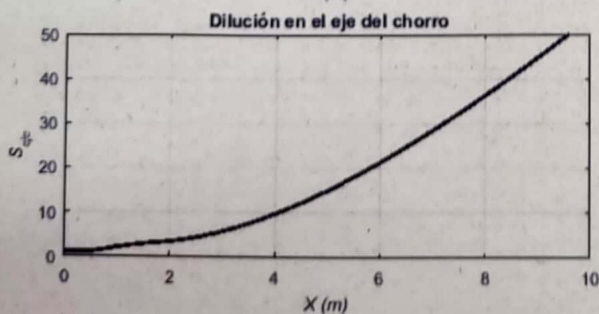
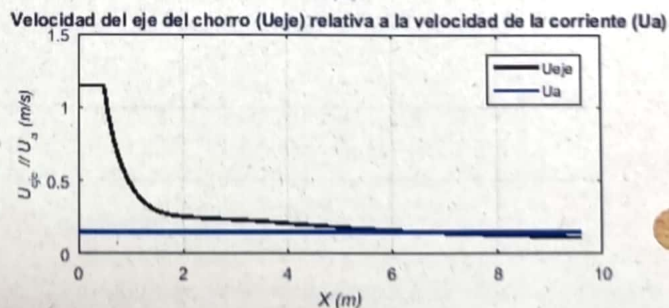
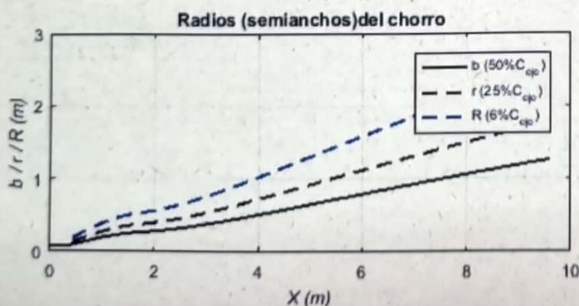
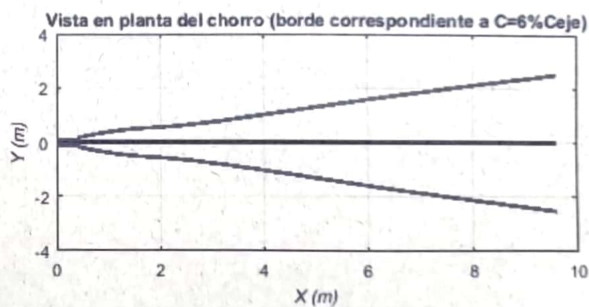
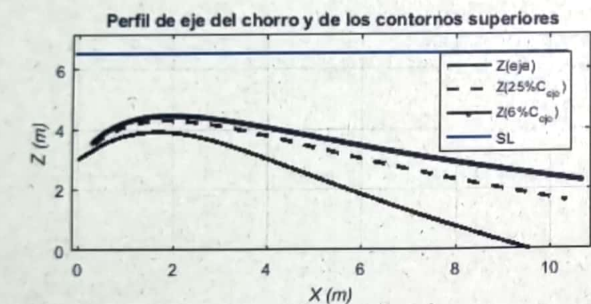


Tabla de resultados numéricos

Xeje	Yeje	Zeje	Seje	Ceje-Ca	Ceje	Save	b	Gp_eje	F_eje	Ueje	theta	sigma
0.00	0.00	3.00	1.00	27.61	61.36	1.00	0.09	-0.18	6.54	1.15	45.00	0.00
0.55	0.00	3.52	1.18	23.39	57.14	1.92	0.11	-0.15	7.39	0.98	38.51	0.00
0.76	0.00	3.66	1.62	17.05	50.80	2.58	0.15	-0.11	5.07	0.66	30.89	0.00
0.98	0.00	3.78	2.08	13.30	47.05	3.25	0.19	-0.09	3.70	0.48	22.79	0.00
1.22	0.00	3.86	2.51	11.00	44.75	3.88	0.22	-0.07	2.86	0.36	14.66	0.00
1.46	0.00	3.90	2.88	9.59	43.34	4.40	0.25	-0.06	2.40	0.30	6.81	0.00
1.71	0.00	3.92	3.15	8.78	42.53	4.78	0.26	-0.06	2.18	0.27	-0.68	0.00
1.96	0.00	3.90	3.43	8.06	41.81	5.19	0.28	-0.05	2.10	0.26	-7.69	0.00
2.21	0.00	3.85	3.81	7.25	41.00	5.76	0.30	-0.05	2.08	0.25	-13.76	0.00
2.45	0.00	3.78	4.29	6.44	40.19	6.49	0.32	-0.04	2.09	0.24	-18.62	0.00
2.68	0.00	3.69	4.85	5.69	39.44	7.35	0.34	-0.04	2.10	0.24	-22.32	0.00
2.91	0.00	3.59	5.50	5.02	38.77	8.34	0.37	-0.03	2.12	0.23	-25.04	0.00
3.14	0.00	3.48	6.23	4.43	38.18	9.44	0.40	-0.03	2.14	0.23	-26.99	0.00
3.36	0.00	3.37	7.03	3.93	37.68	10.64	0.43	-0.03	2.14	0.22	-28.36	0.00
3.58	0.00	3.25	7.89	3.50	37.25	11.94	0.45	-0.02	2.14	0.22	-29.30	0.00
3.79	0.00	3.12	8.81	3.13	36.88	13.32	0.48	-0.02	2.14	0.21	-29.92	0.00
4.01	0.00	3.00	9.80	2.82	36.57	14.79	0.51	-0.02	2.12	0.21	-30.30	0.00
4.23	0.00	2.87	10.84	2.55	36.30	16.34	0.54	-0.02	2.11	0.20	-30.50	0.00
4.44	0.00	2.74	11.93	2.31	36.06	17.97	0.57	-0.02	2.09	0.20	-30.57	0.00
4.66	0.00	2.62	13.08	2.11	35.86	19.68	0.60	-0.01	2.07	0.19	-30.54	0.00
4.87	0.00	2.49	14.29	1.93	35.68	21.45	0.63	-0.01	2.05	0.18	-30.44	0.00
5.09	0.00	2.36	15.54	1.78	35.53	23.30	0.66	-0.01	2.03	0.18	-30.28	0.00
5.30	0.00	2.24	16.84	1.64	35.39	25.21	0.70	-0.01	2.01	0.17	-30.09	0.00
5.52	0.00	2.11	18.19	1.52	35.27	27.19	0.73	-0.01	1.98	0.17	-29.87	0.00
5.74	0.00	1.99	19.58	1.41	35.16	29.23	0.76	-0.01	1.96	0.16	-29.63	0.00
5.95	0.00	1.86	21.02	1.31	35.06	31.34	0.79	-0.01	1.94	0.16	-29.37	0.00
6.17	0.00	1.74	22.50	1.23	34.98	33.50	0.82	-0.01	1.92	0.16	-29.11	0.00
6.39	0.00	1.62	24.02	1.15	34.90	35.72	0.85	-0.01	1.90	0.15	-28.84	0.00
6.61	0.00	1.50	25.58	1.08	34.83	38.00	0.88	-0.01	1.87	0.15	-28.57	0.00
6.83	0.00	1.38	27.19	1.02	34.77	40.33	0.91	-0.01	1.85	0.14	-28.29	0.00
7.05	0.00	1.26	28.83	0.96	34.71	42.71	0.94	-0.01	1.83	0.14	-28.02	0.00
7.27	0.00	1.15	30.51	0.91	34.66	45.15	0.96	-0.01	1.81	0.14	-27.76	0.00
7.49	0.00	1.03	32.22	0.86	34.61	47.64	0.99	-0.01	1.80	0.13	-27.49	0.00
7.72	0.00	0.92	33.97	0.81	34.56	50.17	1.02	-0.01	1.78	0.13	-27.23	0.00
7.94	0.00	0.80	35.76	0.77	34.52	52.76	1.05	-0.01	1.76	0.13	-26.98	0.00
8.16	0.00	0.69	37.58	0.73	34.48	55.39	1.08	0.00	1.74	0.13	-26.73	0.00
8.38	0.00	0.58	39.43	0.70	34.45	58.07	1.11	0.00	1.73	0.12	-26.49	0.00
8.61	0.00	0.47	41.32	0.67	34.42	60.79	1.14	0.00	1.71	0.12	-26.25	0.00
8.83	0.00	0.36	43.24	0.64	34.39	63.55	1.17	0.00	1.69	0.12	-26.01	0.00
9.06	0.00	0.25	45.19	0.61	34.36	66.36	1.19	0.00	1.68	0.12	-25.79	0.00
9.28	0.00	0.14	47.17	0.59	34.34	69.21	1.22	0.00	1.66	0.11	-25.57	0.00
9.51	0.00	0.03	49.18	0.56	34.31	72.11	1.25	0.00	1.65	0.11	-25.35	0.00

Observaciones:

El modelo ha sido desarrollado por el Instituto de Hidráulica Ambiental.

Para dudas, consultas y más información sobre el modelo: brlHnesupport@ihcantabria.com

Calibración del modelo:

El modelo simula el comportamiento de un vertido en chorro de salmuera resolviendo las ecuaciones de gobierno de acuerdo con la aproximación numérica propuesta en [1]. Esta aproximación consiste en integrar las ecuaciones diferenciales a lo largo de la sección

transversal del chorro, resolviendo numéricamente el sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias resultantes.

Por el momento, brHne-Jet utiliza los coeficientes experimentales propuestos en [1], que son también los que utiliza el modelo CORJET de Cormix, por lo que sus resultados son análogos. Próximamente, brHne-Jet será recalibrado con datos experimentales obtenidos en el Instituto de Hidráulica Ambiental, mediante técnicas ópticas no intrusivas de anemometría láser, a fin de conseguir un mejor ajuste de sus resultados numéricos con los datos experimentales.

Sección transversal:

El modelo considera que los perfiles transversales de concentración y velocidad del chorro se ajustan a una curva de tipo Gauss.

Variables

$X_{eje}, Y_{eje}, Z_{eje}$: coordenadas cartesianas del eje del chorro.

S_{eje} : dilución en el eje del chorro (dilución mínima en la sección).

$C_{eje} - C_a$: Exceso de concentración salina en el eje del chorro respecto a la salinidad en el medio receptor

C_{eje} : Concentración salina en el eje de chorro (concentración máxima en la sección).

b : semiancho del chorro. Distancia radial para la cual la velocidad es un 37% y la concentración un 50% de su valor en el eje del chorro.

S_{ave} : dilución media en la sección transversal del chorro.

G_{p-eje} : valor de la gravedad reducida en el eje del chorro.

F_{eje} : número de Froude densimétrico, calculado a partir de valores en el eje del chorro.

U_{eje} : velocidad del eje del chorro (relativa a la velocidad de la corriente en el medio receptor).

Theta (θ): ángulo de descarga del chorro con respecto al fondo.

Sigma: ángulo (proyección horizontal) del eje del chorro con respecto a la corriente en el medio receptor.

Punto de máxima altura del chorro:

brHne-Jet calcula el borde superior del chorro, sumando a las coordenadas del eje en cada punto el correspondiente radio del chorro, proponiendo diferentes valores de radio, a partir de los valores de concentración y velocidad respecto a los valores en el eje. Para obtener el punto de máxima altura del chorro, brHne-Jet considera para calcular el radio del chorro un valor: $Radio=2b$, que corresponde a la distancia radial desde el eje del chorro, para la cual la concentración es un 6% y la velocidad un 2% de las correspondiente al eje del chorro.

Punto de impacto con la superficie:

brHne-Jet considera que el chorro impacta con la superficie cuando su borde superior (definido a partir de un radio: $Radio=2b$) impacta en algún punto a la superficie libre del medio receptor.

Punto de impacto con el fondo:

brHne-Jet distingue entre el punto de retorno y el punto de impacto del chorro con el fondo. El punto de retorno es la posición en la cual el eje del chorro alcanza en su rama descendente el nivel o altura de la boquilla de vertido, mientras que el punto de impacto es la posición donde el eje del chorro alcanza el fondo.

Referencias



[1] Jirka, G. H. (2004). "Integral model for turbulent buoyant jets in unbounded stratified flows. Part I: The single round jet." Environmental Fluid Mechanics, volume 4, pp. 1-56.

Informe de ejecución brIHne_JET (Versión 1.0) - Proyecto 'Aluar Prueba 1'

Salinidad Rechazo Normal

Parámetros de entrada

Condiciones del medio receptor	Profundidad media en la zona de vertido [Ha (m)]	6.5
	Salinidad [Ca (psu)]	33.75
	Densidad [ρ_a (Kg/m ³)]	1025
	Velocidad de la corriente [Ua (m/s)]	0.075
Características del efluente	Concentración salina [Co (psu)]	61.36
	Densidad [ρ_o (Kg/m ³)]	1044
	Velocidad de salida del chorro [Uo (m/s)]	1.15
Características del dispositivo de vertido	Diámetro boquilla [do (m)]	0.17
	Altura de la boquilla con respecto al fondo [ho (m)]	3
	Ángulo de inclinación del chorro [thettag_o (sexaseg)]	45
	Ángulo horizontal entre el chorro y la corriente [sigmag_o (sexaseg)]	0

Flujos iniciales y escalas de longitud

Qo, flujo de caudal	0.03 m ³ /s
Mo, flujo de cantidad de movimiento	0.03 m ⁴ /s ²
Jo, flujo de flotabilidad	-0.00 m ⁴ /s ³
Qco, flujo de masa de contaminante	0.72 psu*m ³ /s
LQ, escala de longitud de flujo - caudal	0.15 m
LM, escala de longitud de cantidad de movimiento - flotabilidad	-1.05 m
Lm, escala de longitud de cantidad de movimiento - corriente en medio receptor	2.31 m
Lb, escala de longitud de cantidad de flotabilidad - corriente en medio receptor	-11.25 m
Número de Froude densimétrico, Fo	6.5

Zona de desarrollo de los perfiles autosemejantes

Le, longitud del eje al final de la zona de desarrollo de perfiles autosemejantes (ZOFE)	0.68 m
xe, coordenada horizontal al final de la ZOFE	0.49 m
ye, coordenada lateral al final de la ZOFE	0.00 m
ze, coordenada vertical al final de la ZOFE	3.48 m
thetae, ángulo del eje del chorro con la horizontal al final de la ZOFE	43.93 sexag
sigmae, ángulo del eje del chorro con dirección de la corriente en el medio receptor al final de la ZOFE	0.00 sexag
gammae	43.93 sexag

Principales características del chorro

Zm, máxima altura del eje del chorro	4.07 m
Zt, máxima altura del borde superior del chorro, correspondiente al 6% de la concentración en el eje ($C=6\%C_{eje}$)	4.61 m
Xm, posición horizontal del eje (distancia desde la boquilla) en el punto de máxima altura del chorro	1.66 m
Sm, dilución en el eje (mínima) en el punto de máxima altura	2.6

Cm, concentración salina en el eje (máxima) en el punto de máxima altura	44.2 psu
Xr, posición horizontal del eje del chorro en el punto de retorno (donde el eje alcanza el nivel de la boquilla)	3.36 m
Sr, dilución en el eje (mínima) en el punto de retorno	6.7
Sr_ave, dilución media en el punto de retorno	10.8
Cr, concentración salina en el eje (máxima) en el punto de retorno	37.9 psu
b_r, radio del chorro en el punto de retorno (C=50%Ceje)	0.45 m
r_r, radio del chorro en el punto de retorno (C=25%Ceje)	0.64 m
R_r, radio del chorro en el punto de retorno (C=6%Ceje)	0.90 m
Xi, posición horizontal del eje en el punto de impacto del chorro con el fondo	5.61 m
Si, dilución en el eje (mínima) en el punto de impacto con el fondo	21.0
Si_ave, dilución media en el punto de impacto con el fondo	33.8
Ci, concentración salina en el eje (máxima) en el punto de impacto con el fondo	35.1 psu

Gráficas de evolución de variables

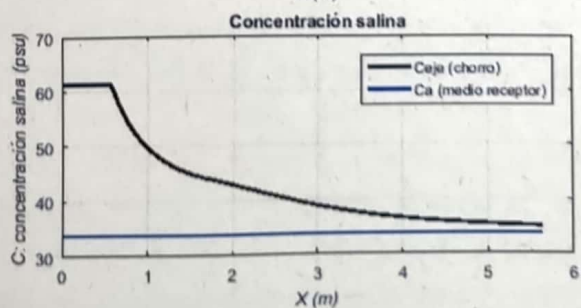
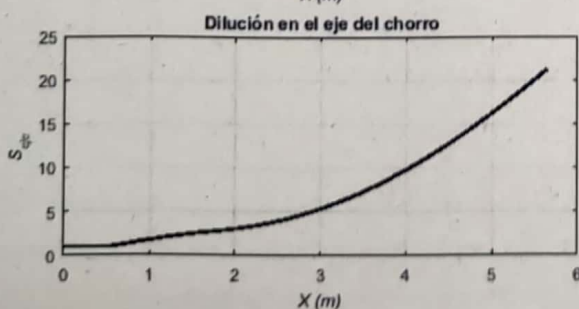
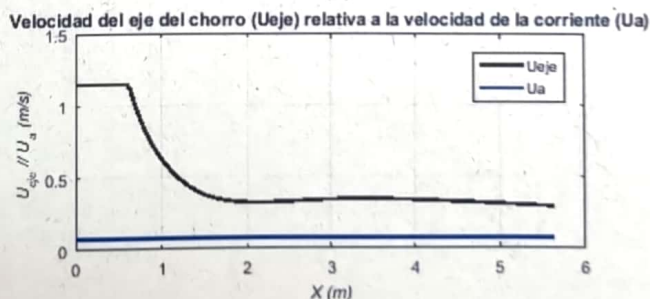
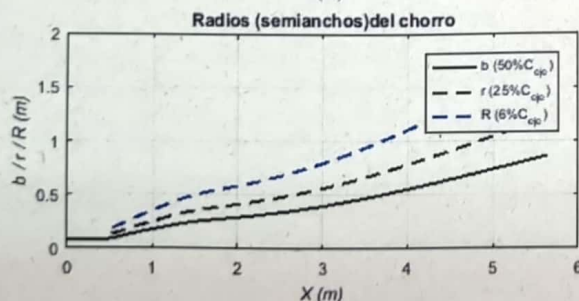
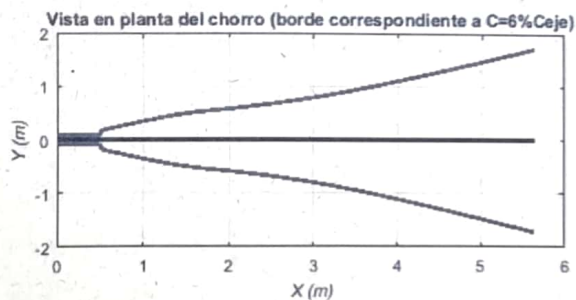
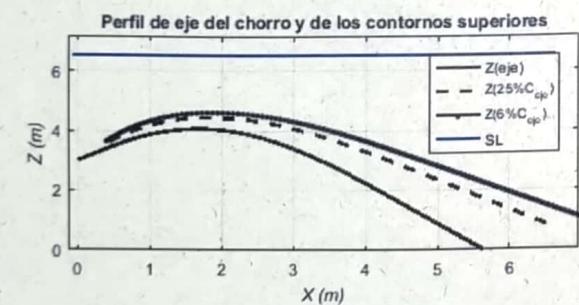


Tabla de resultados numéricos

Xeje	Yeje	Zeje	Seje	Ceje-Ca	Ceje	Save	b	Gp_eje	F_eje	Ueje	theta	sigma
0.00	0.00	3.00	1.00	27.61	61.36	1.00	0.09	-0.18	6.54	1.15	45.00	0.00
0.63	0.00	3.61	1.11	24.85	58.60	1.85	0.11	-0.16	8.23	1.11	40.88	0.00
0.83	0.00	3.77	1.46	18.97	52.72	2.40	0.15	-0.12	5.87	0.80	35.17	0.00
1.04	0.00	3.90	1.81	15.26	49.01	2.95	0.18	-0.10	4.35	0.59	27.82	0.00
1.27	0.00	4.00	2.16	12.77	46.52	3.48	0.22	-0.08	3.35	0.46	18.68	0.00
1.51	0.00	4.05	2.48	11.12	44.87	3.96	0.25	-0.07	2.74	0.37	7.96	0.00
1.76	0.00	4.06	2.74	10.07	43.82	4.35	0.27	-0.07	2.48	0.33	-3.58	0.00
2.01	0.00	4.02	3.04	9.09	42.84	4.82	0.29	-0.06	2.42	0.32	-14.66	0.00
2.24	0.00	3.94	3.41	8.09	41.84	5.42	0.31	-0.05	2.48	0.32	-24.09	0.00
2.47	0.00	3.82	3.86	7.16	40.91	6.15	0.34	-0.05	2.59	0.33	-31.48	0.00
2.67	0.00	3.68	4.36	6.33	40.08	6.98	0.36	-0.04	2.72	0.33	-37.08	0.00
2.86	0.00	3.52	4.91	5.62	39.37	7.89	0.38	-0.04	2.84	0.34	-41.26	0.00
3.05	0.00	3.35	5.51	5.01	38.76	8.87	0.41	-0.03	2.95	0.34	-44.41	0.00
3.22	0.00	3.18	6.15	4.49	38.24	9.92	0.43	-0.03	3.05	0.34	-46.80	0.00
3.39	0.00	2.99	6.82	4.05	37.80	11.02	0.45	-0.03	3.13	0.34	-48.63	0.00
3.55	0.00	2.80	7.54	3.66	37.41	12.19	0.48	-0.02	3.20	0.34	-50.04	0.00
3.71	0.00	2.61	8.29	3.33	37.08	13.41	0.51	-0.02	3.26	0.34	-51.13	0.00
3.87	0.00	2.41	9.07	3.04	36.79	14.69	0.53	-0.02	3.30	0.34	-51.97	0.00
4.02	0.00	2.21	9.90	2.79	36.54	16.02	0.56	-0.02	3.34	0.34	-52.62	0.00
4.17	0.00	2.01	10.75	2.57	36.32	17.41	0.58	-0.02	3.37	0.33	-53.12	0.00
4.32	0.00	1.81	11.64	2.37	36.12	18.85	0.61	-0.02	3.39	0.33	-53.50	0.00
4.47	0.00	1.61	12.57	2.20	35.95	20.34	0.64	-0.01	3.41	0.33	-53.77	0.00
4.62	0.00	1.41	13.53	2.04	35.79	21.89	0.66	-0.01	3.42	0.32	-53.97	0.00
4.76	0.00	1.21	14.52	1.90	35.65	23.50	0.69	-0.01	3.43	0.32	-54.10	0.00
4.91	0.00	1.01	15.55	1.78	35.53	25.15	0.72	-0.01	3.44	0.32	-54.18	0.00
5.06	0.00	0.80	16.62	1.66	35.41	26.86	0.75	-0.01	3.44	0.31	-54.20	0.00
5.20	0.00	0.60	17.72	1.56	35.31	28.63	0.78	-0.01	3.44	0.31	-54.19	0.00
5.35	0.00	0.40	18.85	1.46	35.21	30.44	0.80	-0.01	3.44	0.30	-54.15	0.00
5.49	0.00	0.19	20.02	1.38	35.13	32.31	0.83	-0.01	3.44	0.30	-54.08	0.00
5.64	0.00	-0.01	21.23	1.30	35.05	34.24	0.86	-0.01	3.43	0.30	-53.98	0.00

Observaciones:

El modelo ha sido desarrollado por el Instituto de Hidráulica Ambiental.

Para dudas, consultas y más información sobre el modelo: brIHnesupport@ihcantabria.com

Calibración del modelo:

El modelo simula el comportamiento de un vertido en chorro de salmuera resolviendo las ecuaciones de gobierno de acuerdo con la aproximación numérica propuesta en [1]. Esta aproximación consiste en integrar las ecuaciones diferenciales a lo largo de la sección transversal del chorro, resolviendo numéricamente el sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias resultantes.

Por el momento, brIHne-Jet utiliza los coeficientes experimentales propuestos en [1], que son también los que utiliza el modelo CORJET de Cormix, por lo que sus resultados son análogos. Próximamente, brIHne-Jet será recalibrado con datos experimentales obtenidos en el Instituto de Hidráulica Ambiental, mediante técnicas ópticas no intrusivas de anemometría láser, a fin de conseguir un mejor ajuste de sus resultados numéricos con los datos experimentales.

Sección transversal:

El modelo considera que los perfiles transversales de concentración y velocidad del chorro se ajustan a una curva de tipo Gauss.

Variables

X_{eje} , Y_{eje} , Z_{eje} : coordenadas cartesianas del eje del chorro.

S_{eje} : dilución en el eje del chorro (dilución mínima en la sección).

$C_{eje} - C_a$: Exceso de concentración salina en el eje del chorro respecto a la salinidad en el medio receptor

C_{eje} : Concentración salina en el eje del chorro (concentración máxima en la sección).

b : semiancho del chorro. Distancia radial para la cual la velocidad es un 37% y la concentración un 50% de su valor en el eje del chorro.

S_{ave} : dilución media en la sección transversal del chorro.

G_{p-eje} : valor de la gravedad reducida en el eje del chorro.

ρ_{eje} : número de Froude densimétrico, calculado a partir de valores en el eje del chorro.

U_{eje} : velocidad del eje del chorro (relativa a la velocidad de la corriente en el medio receptor).

Θ : ángulo de descarga del chorro con respecto al fondo.

Σ : ángulo (proyección horizontal) del eje del chorro con respecto a la corriente en el medio receptor.

Punto de máxima altura del chorro:

brIHne-Jet calcula el borde superior del chorro, sumando a las coordenadas del eje en cada punto el correspondiente radio del chorro, proponiendo diferentes valores de radio, a partir de los valores de concentración y velocidad respecto a los valores en el eje. Para obtener el punto de máxima altura del chorro, brIHne-Jet considera para calcular el radio del chorro un valor: $Radio=2b$, que corresponde a la distancia radial desde el eje del chorro, para la cual la concentración es un 6% y la velocidad un 2% de las correspondiente al eje del chorro.

Punto de impacto con la superficie:

brIHne-Jet considera que el chorro impacta con la superficie cuando su borde superior (definido a partir de un radio: $Radio=2b$) impacta en algún punto a la superficie libre del medio receptor.

Punto de impacto con el fondo:

brIHne-Jet distingue entre el punto de retorno y el punto de impacto del chorro con el fondo. El punto de retorno es la posición en la cual el eje del chorro alcanza en su rama descendente el nivel o altura de la boquilla de vertido, mientras que el punto de impacto es la posición donde el eje del chorro alcanza el fondo.

Referencias

[1] Jirka, G. H. (2004). "Integral model for turbulent buoyant jets in unbounded stratified flows. Part I: The single round jet." Environmental Fluid Mechanics, volume 4, pp. 1-56.

Informe de ejecución brIHne_JET (Versión 1.0) - Proyecto 'Aluar Prueba 1'

Salinidad Rechazo Normal

Parámetros de entrada

Condiciones del medio receptor	Profundidad media en la zona de vertido [Ha (m)]	6.5
	Salinidad [Ca (psu)]	33.75
	Densidad [rho_a (Kg/m3)]	1025
	Velocidad de la corriente [Ua (m/s)]	0.1
Características del efluente	Concentración salina [Co (psu)]	61.36
	Densidad [rho_o (Kg/m3)]	1044
	Velocidad de salida del chorro [Uo (m/s)]	1.15
Características del dispositivo de vertido	Diámetro boquilla [do (m)]	0.17
	Altura de la boquilla con respecto al fondo [ho (m)]	3
	Ángulo de inclinación del chorro [thettag_o (sexaseg)]	45
	Ángulo horizontal entre el chorro y la corriente [sigmag_o (sexaseg)]	45

Flujos iniciales y escalas de longitud

Qo, flujo de caudal	0.03 m3/s
Mo, flujo de cantidad de movimiento	0.03 m4/s2
Jo, flujo de flotabilidad	-0.00 m4/s3
Qco, flujo de masa de contaminante	0.72 psu*m3/s
LQ, escala de longitud de flujo - caudal	0.15 m
LM, escala de longitud de cantidad de movimiento - flotabilidad	-1.05 m
Lm, escala de longitud de cantidad de movimiento - corriente en medio receptor	1.73 m
Lb, escala de longitud de cantidad de flotabilidad - corriente en medio receptor	-4.75 m
Número de Froude densimétrico, Fo	6.5

Zona de desarrollo de los perfiles autosemejantes

Le, longitud del eje al final de la zona de desarrollo de perfiles autosemejantes (ZOFE)	0.60 m
xe, coordenada horizontal al final de la ZOFE	0.31 m
ye, coordenada lateral al final de la ZOFE	0.30 m
ze, coordenada vertical al final de la ZOFE	3.42 m
thetgae, ángulo del eje del chorro con la horizontal al final de la ZOFE	43.97 sexag
sigmae, ángulo del eje del chorro con dirección de la corriente en el medio receptor al final de la ZOFE	43.01 sexag
gammae	58.24 sexag

Principales características del chorro

Zm, máxima altura del eje del chorro	3.99 m
Zt, máxima altura del borde superior del chorro, correspondiente al 6% de la concentración en el eje (C=6%Ceje)	4.61 m
Xm, posición horizontal del eje (distancia desde la boquilla) en el punto de máxima altura del chorro	1.23 m
Sm, dilución en el eje (mínima) en el punto de máxima altura	3.0

Cm, concentración salina en el eje (máxima) en el punto de máxima altura	42.8 psu
Xr, posición horizontal del eje del chorro en el punto de retorno (donde el eje alcanza el nivel de la boquilla)	2.87 m
Sr, dilución en el eje (mínima) en el punto de retorno	8.4
Sr_ave, dilución media en el punto de retorno	13.2
Cr, concentración salina en el eje (máxima) en el punto de retorno	37.0 psu
b_r, radio del chorro en el punto de retorno (C=50%Ceje)	0.52 m
r_r, radio del chorro en el punto de retorno (C=25%Ceje)	0.73 m
R_r, radio del chorro en el punto de retorno (C=6%Ceje)	1.03 m
Xi, posición horizontal del eje en el punto de impacto del chorro con el fondo	5.98 m
Si, dilución en el eje (mínima) en el punto de impacto con el fondo	30.5
Si_ave, dilución media en el punto de impacto con el fondo	47.3
Ci, concentración salina en el eje (máxima) en el punto de impacto con el fondo	34.7 psu

Gráficas de evolución de variables

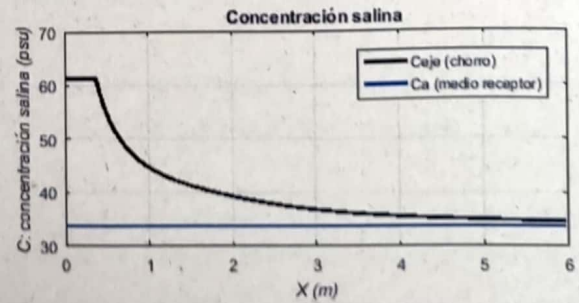
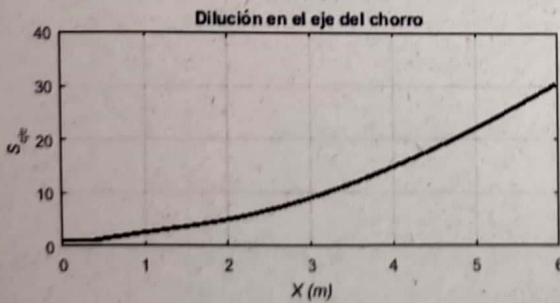
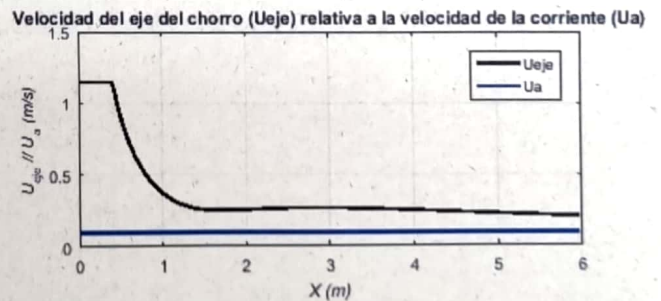
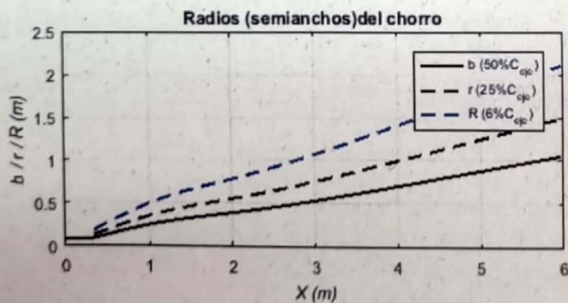
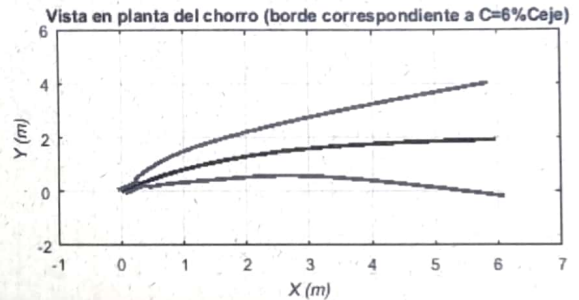
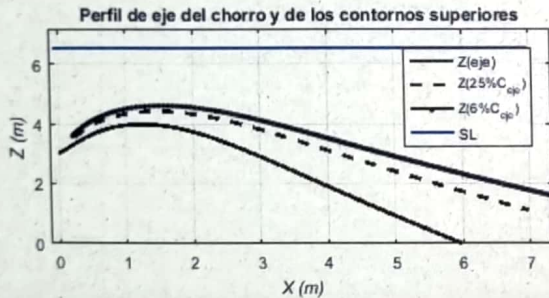


Tabla de resultados numéricos

Xeje	Yeje	Zeje	Seje	Ceje-Ca	Ceje	Save	b	Gp_eje	F_eje	Ueje	theta	sigma
0.00	0.00	3.00	1.00	27.61	61.36	1.00	0.09	-0.18	6.54	1.15	45.00	45.00
0.42	0.40	3.56	1.12	24.58	58.33	1.86	0.11	-0.16	8.14	1.10	40.75	41.38
0.57	0.53	3.71	1.50	18.41	52.16	2.46	0.15	-0.12	5.67	0.77	34.63	38.13
0.74	0.65	3.84	1.91	14.42	48.17	3.10	0.19	-0.09	4.07	0.55	26.64	35.01
0.94	0.78	3.93	2.37	11.65	45.40	3.78	0.24	-0.08	3.01	0.40	16.78	32.10
1.15	0.91	3.98	2.85	9.70	43.45	4.47	0.28	-0.06	2.36	0.31	5.60	29.49
1.37	1.02	3.98	3.33	8.29	42.04	5.19	0.31	-0.05	2.05	0.27	-5.71	27.15
1.59	1.13	3.93	3.83	7.21	40.96	5.95	0.34	-0.05	1.97	0.25	-15.83	24.95
1.80	1.23	3.85	4.37	6.32	40.07	6.80	0.37	-0.04	2.02	0.25	-23.99	22.79
2.01	1.31	3.73	4.96	5.57	39.32	7.74	0.39	-0.04	2.12	0.25	-30.12	20.71
2.21	1.38	3.60	5.61	4.93	38.68	8.78	0.42	-0.03	2.23	0.26	-34.58	18.75
2.40	1.44	3.45	6.31	4.38	38.13	9.90	0.44	-0.03	2.34	0.26	-37.79	16.94
2.58	1.50	3.30	7.06	3.91	37.66	11.10	0.47	-0.03	2.43	0.27	-40.09	15.31
2.77	1.54	3.13	7.87	3.51	37.26	12.38	0.50	-0.02	2.50	0.27	-41.74	13.84
2.95	1.59	2.96	8.72	3.17	36.92	13.73	0.53	-0.02	2.56	0.27	-42.90	12.54
3.12	1.62	2.79	9.63	2.87	36.62	15.16	0.56	-0.02	2.61	0.27	-43.72	11.39
3.30	1.66	2.62	10.58	2.61	36.36	16.66	0.58	-0.02	2.64	0.26	-44.27	10.36
3.48	1.69	2.44	11.58	2.38	36.13	18.23	0.61	-0.02	2.67	0.26	-44.63	9.45
3.65	1.72	2.27	12.63	2.19	35.94	19.87	0.64	-0.01	2.69	0.26	-44.84	8.65
3.83	1.74	2.09	13.73	2.01	35.76	21.57	0.67	-0.01	2.70	0.26	-44.93	7.93
4.00	1.77	1.91	14.87	1.86	35.61	23.35	0.70	-0.01	2.71	0.25	-44.93	7.29
4.18	1.79	1.74	16.06	1.72	35.47	25.20	0.73	-0.01	2.71	0.25	-44.86	6.72
4.35	1.81	1.56	17.30	1.60	35.35	27.11	0.77	-0.01	2.71	0.24	-44.73	6.20
4.53	1.83	1.39	18.58	1.49	35.24	29.10	0.80	-0.01	2.71	0.24	-44.56	5.74
4.71	1.84	1.21	19.91	1.39	35.14	31.15	0.83	-0.01	2.70	0.24	-44.36	5.33
4.89	1.86	1.04	21.28	1.30	35.05	33.26	0.86	-0.01	2.69	0.23	-44.13	4.96
5.07	1.87	0.86	22.70	1.22	34.97	35.45	0.89	-0.01	2.68	0.23	-43.88	4.62
5.25	1.89	0.69	24.17	1.14	34.89	37.69	0.92	-0.01	2.67	0.22	-43.61	4.31
5.43	1.90	0.52	25.68	1.08	34.83	40.01	0.96	-0.01	2.66	0.22	-43.34	4.03
5.61	1.91	0.35	27.24	1.01	34.76	42.38	0.99	-0.01	2.65	0.21	-43.05	3.78
5.79	1.92	0.18	28.84	0.96	34.71	44.82	1.02	-0.01	2.63	0.21	-42.76	3.54
5.98	1.94	0.01	30.48	0.91	34.66	47.33	1.05	-0.01	2.62	0.21	-42.46	3.33

Observaciones:

El modelo ha sido desarrollado por el Instituto de Hidráulica Ambiental.

Para dudas, consultas y más información sobre el modelo: brIHnesupport@ihcantabria.com

Calibración del modelo:

El modelo simula el comportamiento de un vertido en chorro de salmuera resolviendo las ecuaciones de gobierno de acuerdo con la aproximación numérica propuesta en [1]. Esta aproximación consiste en integrar las ecuaciones diferenciales a lo largo de la sección transversal del chorro, resolviendo numéricamente el sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias resultantes.

Por el momento, brIHne-Jet utiliza los coeficientes experimentales propuestos en [1], que son también los que utiliza el modelo CORJET de Cormix, por lo que sus resultados son análogos. Próximamente, brIHne-Jet será recalibrado con datos experimentales obtenidos en el Instituto de Hidráulica Ambiental, mediante técnicas ópticas no intrusivas de anemometría láser, a fin de conseguir un mejor ajuste de sus resultados numéricos con los datos experimentales.

Sección transversal:

El modelo considera que los perfiles transversales de concentración y velocidad del chorro se ajustan a una curva de tipo Gauss.

Variables

$X_{eje}, Y_{eje}, Z_{eje}$: coordenadas cartesianas del eje del chorro.

S_{eje} : dilución en el eje del chorro (dilución mínima en la sección).

$C_{eje} - C_a$: Exceso de concentración salina en el eje del chorro respecto a la salinidad en el medio receptor

C_{eje} : Concentración salina en el eje de chorro (concentración máxima en la sección).

b : semiancho del chorro. Distancia radial para la cual la velocidad es un 37% y la concentración un 50% de su valor en el eje del chorro.

S_{ave} : dilución media en la sección transversal del chorro.

ρ_{eje} : valor de la gravedad reducida en el eje del chorro.

F_{eje} : número de Froude densimétrico, calculado a partir de valores en el eje del chorro.

U_{eje} : velocidad del eje del chorro (relativa a la velocidad de la corriente en el medio receptor).

Theta (θ): ángulo de descarga del chorro con respecto al fondo.

Sigma: ángulo (proyección horizontal) del eje del chorro con respecto a la corriente en el medio receptor.

Punto de máxima altura del chorro:

brIHne-Jet calcula el borde superior del chorro, sumando a las coordenadas del eje en cada punto el correspondiente radio del chorro, proponiendo diferentes valores de radio, a partir de los valores de concentración y velocidad respecto a los valores en el eje. Para obtener el punto de máxima altura del chorro, brIHne-Jet considera para calcular el radio del chorro un valor: $Radio=2b$, que corresponde a la distancia radial desde el eje del chorro, para la cual la concentración es un 6% y la velocidad un 2% de las correspondiente al eje del chorro.

Punto de impacto con la superficie:

brIHne-Jet considera que el chorro impacta con la superficie cuando su borde superior (definido a partir de un radio: $Radio=2b$) impacta en algún punto a la superficie libre del medio receptor.

Punto de impacto con el fondo:

brIHne-Jet distingue entre el punto de retorno y el punto de impacto del chorro con el fondo. El punto de retorno es la posición en la cual el eje del chorro alcanza en su rama descendente el nivel o altura de la boquilla de vertido, mientras que el punto de impacto es la posición donde el eje del chorro alcanza el fondo.

Referencias

[1] Jirka, G. H. (2004). "Integral model for turbulent buoyant jets in unbounded stratified flows. Part I: The single round jet." Environmental Fluid Mechanics, volume 4, pp. 1-56.

Informe de ejecución brIHne_JET (Versión 1.0) - Proyecto 'Aluar Prueba 1'

Salinidad Rechazo Normal

Parámetros de entrada

Condiciones del medio receptor	Profundidad media en la zona de vertido [Ha (m)]	6.5
	Salinidad [Ca (psu)]	33.75
	Densidad [ρ_a (Kg/m ³)]	1025
	Velocidad de la corriente [Ua (m/s)]	0.05
Características del efluente	Concentración salina [Co (psu)]	61.36
	Densidad [ρ_o (Kg/m ³)]	1044
	Velocidad de salida del chorro [Uo (m/s)]	1.15
Características del dispositivo de vertido	Diámetro boquilla [do (m)]	0.17
	Altura de la boquilla con respecto al fondo [ho (m)]	3
	Ángulo de inclinación del chorro [θ_o (sexages)]	45
	Ángulo horizontal entre el chorro y la corriente [σ_o (sexages)]	45

Flujos iniciales y escalas de longitud

Qo, flujo de caudal	0.03 m ³ /s
Mo, flujo de cantidad de movimiento	0.03 m ⁴ /s ²
Jo, flujo de flotabilidad	-0.00 m ⁴ /s ³
Qco, flujo de masa de contaminante	0.72 psu*m ³ /s
LQ, escala de longitud de flujo - caudal	0.15 m
LM, escala de longitud de cantidad de movimiento - flotabilidad	-1.05 m
Lm, escala de longitud de cantidad de movimiento - corriente en medio receptor	3.47 m
Lb, escala de longitud de cantidad de flotabilidad - corriente en medio receptor	-37.97 m
Número de Froude densimétrico, Fo	6.5

Zona de desarrollo de los perfiles autosemejantes

Le, longitud del eje al final de la zona de desarrollo de perfiles autosemejantes (ZOFE)	0.70 m
xe, coordenada horizontal al final de la ZOFE	0.36 m
ye, coordenada lateral al final de la ZOFE	0.35 m
ze, coordenada vertical al final de la ZOFE	3.49 m
thetae, ángulo del eje del chorro con la horizontal al final de la ZOFE	44.48 sexag
sigmae, ángulo del eje del chorro con dirección de la corriente en el medio receptor al final de la ZOFE	43.99 sexag
gammae	59.11 sexag

Principales características del chorro

Zm, máxima altura del eje del chorro	4.10 m
Zt, máxima altura del borde superior del chorro, correspondiente al 6% de la concentración en el eje ($C=6\%C_{eje}$)	4.69 m
Xm, posición horizontal del eje (distancia desde la boquilla) en el punto de máxima altura del chorro	1.24 m
Sm, dilución en el eje (mínima) en el punto de máxima altura	2.6

Cm, concentración salina en el eje (máxima) en el punto de máxima altura	44.3 psu
Xr, posición horizontal del eje del chorro en el punto de retorno (donde el eje alcanza el nivel de la boquilla)	2.39 m
Sr, dilución en el eje (mínima) en el punto de retorno	5.9
Sr_ave, dilución media en el punto de retorno	9.7
Cr, concentración salina en el eje (máxima) en el punto de retorno	38.5 psu
b_r, radio del chorro en el punto de retorno (C=50%Ceje)	0.42 m
r_r, radio del chorro en el punto de retorno (C=25%Ceje)	0.60 m
R_r, radio del chorro en el punto de retorno (C=6%Ceje)	0.85 m
Xi, posición horizontal del eje en el punto de impacto del chorro con el fondo	3.79 m
Si, dilución en el eje (mínima) en el punto de impacto con el fondo	15.4
Si_ave, dilución media en el punto de impacto con el fondo	25.5
Ci, concentración salina en el eje (máxima) en el punto de impacto con el fondo	35.5 psu

Gráficas de evolución de variables

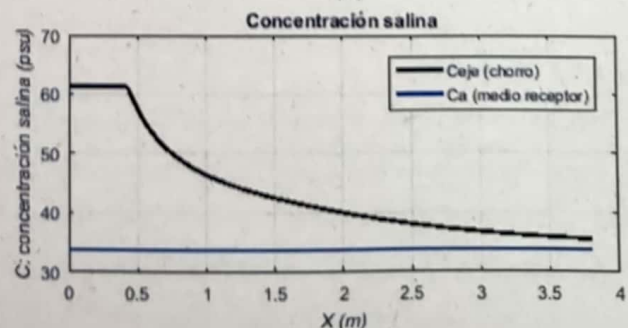
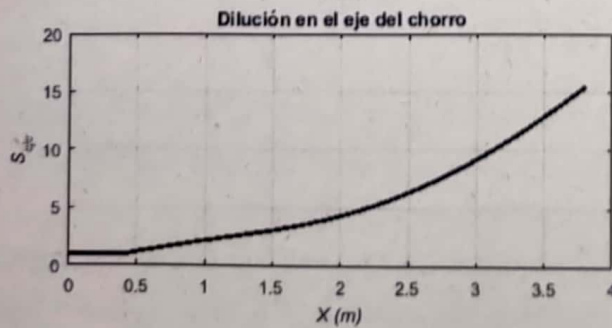
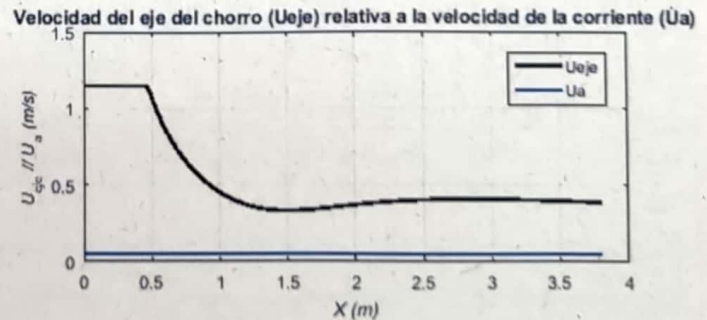
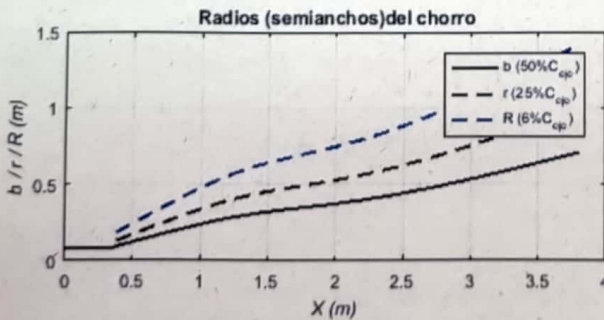
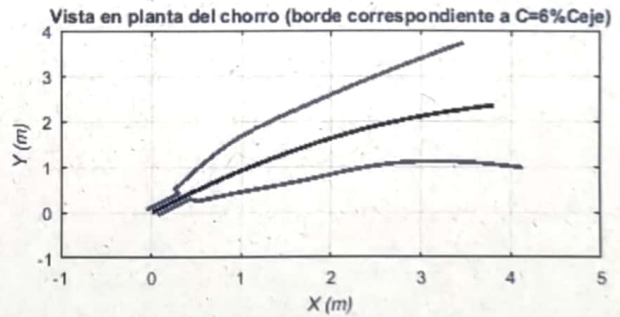
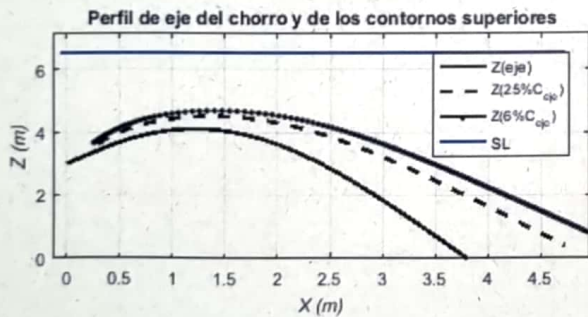


Tabla de resultados numéricos

Xeje	Yeje	Zeje	Seje	Ceje-Ca	Ceje	Save	b	Gp_eje	F_eje	Ueje	theta	sigma
0.00	0.00	3.00	1.00	27.61	61.36	1.00	0.09	-0.18	6.54	1.15	45.00	45.00
0.46	0.45	3.63	1.08	25.51	59.26	1.82	0.11	-0.17	8.62	1.15	41.86	43.38
0.60	0.58	3.79	1.39	19.83	53.58	2.33	0.15	-0.13	6.22	0.86	36.90	41.99
0.76	0.72	3.93	1.71	16.14	49.89	2.84	0.18	-0.11	4.62	0.64	29.91	40.62
0.93	0.86	4.04	2.05	13.50	47.25	3.37	0.22	-0.09	3.50	0.49	20.17	39.25
1.12	1.01	4.10	2.40	11.52	45.27	3.92	0.26	-0.08	2.78	0.39	7.33	37.89
1.32	1.16	4.10	2.76	10.00	43.75	4.49	0.30	-0.07	2.44	0.34	-7.48	36.54
1.51	1.31	4.03	3.14	8.79	42.54	5.11	0.32	-0.06	2.41	0.33	-21.53	35.15
1.70	1.43	3.92	3.54	7.80	41.55	5.78	0.34	-0.05	2.55	0.34	-32.76	33.71
1.86	1.54	3.77	3.97	6.95	40.70	6.51	0.36	-0.05	2.76	0.35	-41.01	32.22
2.02	1.63	3.59	4.43	6.23	39.98	7.29	0.38	-0.04	2.98	0.37	-46.97	30.74
2.16	1.72	3.40	4.92	5.61	39.36	8.12	0.39	-0.04	3.18	0.38	-51.32	29.29
2.29	1.79	3.20	5.44	5.08	38.83	8.99	0.41	-0.03	3.35	0.39	-54.57	27.87
2.42	1.85	3.00	5.98	4.62	38.37	9.90	0.43	-0.03	3.50	0.40	-57.05	26.51
2.53	1.91	2.78	6.55	4.22	37.97	10.85	0.45	-0.03	3.63	0.40	-58.98	25.20
2.65	1.96	2.57	7.14	3.87	37.62	11.84	0.47	-0.03	3.73	0.41	-60.50	23.96
2.76	2.01	2.35	7.76	3.56	37.31	12.87	0.49	-0.02	3.82	0.41	-61.73	22.77
2.87	2.05	2.13	8.40	3.29	37.04	13.94	0.51	-0.02	3.90	0.41	-62.71	21.65
2.97	2.09	1.91	9.06	3.05	36.80	15.04	0.53	-0.02	3.97	0.41	-63.52	20.59
3.08	2.13	1.68	9.74	2.83	36.58	16.19	0.55	-0.02	4.02	0.41	-64.18	19.58
3.18	2.17	1.46	10.45	2.64	36.39	17.37	0.57	-0.02	4.07	0.40	-64.72	18.64
3.28	2.20	1.23	11.19	2.47	36.22	18.58	0.59	-0.02	4.11	0.40	-65.17	17.74
3.38	2.23	1.00	11.94	2.31	36.06	19.84	0.61	-0.02	4.14	0.40	-65.54	16.90
3.48	2.26	0.77	12.72	2.17	35.92	21.13	0.63	-0.01	4.17	0.40	-65.84	16.11
3.57	2.29	0.55	13.52	2.04	35.79	22.46	0.66	-0.01	4.20	0.39	-66.09	15.37
3.67	2.31	0.32	14.34	1.93	35.68	23.83	0.68	-0.01	4.22	0.39	-66.29	14.67
3.77	2.34	0.09	15.19	1.82	35.57	25.23	0.70	-0.01	4.24	0.39	-66.45	14.00

Observaciones:

El modelo ha sido desarrollado por el Instituto de Hidráulica Ambiental.

Para dudas, consultas y más información sobre el modelo: brIHnesupport@ihcantabria.com

Calibración del modelo:

El modelo simula el comportamiento de un vertido en chorro de salmuera resolviendo las ecuaciones de gobierno de acuerdo con la aproximación numérica propuesta en [1]. Esta aproximación consiste en integrar las ecuaciones diferenciales a lo largo de la sección transversal del chorro, resolviendo numéricamente el sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias resultantes.

Por el momento, brIHne-Jet utiliza los coeficientes experimentales propuestos en [1], que son también los que utiliza el modelo CORJET de Cormix, por lo que sus resultados son análogos. Próximamente, brIHne-Jet será recalibrado con datos experimentales obtenidos en el Instituto de Hidráulica Ambiental, mediante técnicas ópticas no intrusivas de anemometría láser, a fin de conseguir un mejor ajuste de sus resultados numéricos con los datos experimentales.

Sección transversal:

El modelo considera que los perfiles transversales de concentración y velocidad del chorro se ajustan a una curva de tipo Gauss.

Variables

$X_{eje}, Y_{eje}, Z_{eje}$: coordenadas cartesianas del eje del chorro.

S_{eje} : dilución en el eje del chorro (dilución mínima en la sección).

$C_{eje} - C_a$: Exceso de concentración salina en el eje del chorro respecto a la salinidad en el medio receptor

C_{eje} : Concentración salina en el eje de chorro (concentración máxima en la sección).

b : semiancho del chorro. Distancia radial para la cual la velocidad es un 37% y la concentración un 50% de su valor en el eje del chorro.

S_{ave} : dilución media en la sección transversal del chorro.

G_{p-eje} : valor de la gravedad reducida en el eje del chorro.

F_{-eje} : número de Froude densimétrico, calculado a partir de valores en el eje del chorro.

U_{eje} : velocidad del eje del chorro (relativa a la velocidad de la corriente en el medio receptor).

θ : ángulo de descarga del chorro con respecto al fondo.

σ : ángulo (proyección horizontal) del eje del chorro con respecto a la corriente en el medio receptor.

Punto de máxima altura del chorro:

brHne-Jet calcula el borde superior del chorro, sumando a las coordenadas del eje en cada punto el correspondiente radio del chorro, proponiendo diferentes valores de radio, a partir de los valores de concentración y velocidad respecto a los valores en el eje. Para obtener el punto de máxima altura del chorro, brHne-Jet considera para calcular el radio del chorro un valor: $Radio=2b$, que corresponde a la distancia radial desde el eje del chorro, para la cual la concentración es un 6% y la velocidad un 2% de las correspondiente al eje del chorro.

Punto de impacto con la superficie:

brHne-Jet considera que el chorro impacta con la superficie cuando su borde superior (definido a partir de un radio: $Radio=2b$) impacta en algún punto a la superficie libre del medio receptor.

Punto de impacto con el fondo:

brHne-Jet distingue entre el punto de retorno y el punto de impacto del chorro con el fondo. El punto de retorno es la posición en la cual el eje del chorro alcanza en su rama descendente el nivel o altura de la boquilla de vertido, mientras que el punto de impacto es la posición donde el eje del chorro alcanza el fondo.

Referencias

[1] Jirka, G. H. (2004). "Integral model for turbulent buoyant jets in unbounded stratified flows. Part I: The single round jet." Environmental Fluid Mechanics, volume 4, pp. 1-56.

Informe de ejecución brIHne_JET (Versión 1.0) - Proyecto 'Aluar Prueba 1'

Salinidad Rechazo Normal

Parámetros de entrada

Condiciones del medio receptor	Profundidad media en la zona de vertido [H_a (m)]	6.5
	Salinidad [C_a (psu)]	33.75
	Densidad [ρ_a (Kg/m ³)]	1025
	Velocidad de la corriente [U_a (m/s)]	0.15
Características del efluente	Concentración salina [C_o (psu)]	61.36
	Densidad [ρ_o (Kg/m ³)]	1044
	Velocidad de salida del chorro [U_o (m/s)]	1.15
Características del dispositivo de vertido	Diámetro boquilla [d_o (m)]	0.17
	Altura de la boquilla con respecto al fondo [h_o (m)]	3
	Ángulo de inclinación del chorro [θ_o (sexages)]	45
	Ángulo horizontal entre el chorro y la corriente [σ_o (sexages)]	45

Flujos iniciales y escalas de longitud

Q_o , flujo de caudal	0.03 m ³ /s
M_o , flujo de cantidad de movimiento	0.03 m ⁴ /s ²
J_o , flujo de flotabilidad	-0.00 m ⁴ /s ³
Q_{co} , flujo de masa de contaminante	0.72 psu*m ³ /s
L_Q , escala de longitud de flujo - caudal	0.15 m
L_M , escala de longitud de cantidad de movimiento - flotabilidad	-1.05 m
L_m , escala de longitud de cantidad de movimiento - corriente en medio receptor	1.16 m
L_b , escala de longitud de cantidad de flotabilidad - corriente en medio receptor	-1.41 m
Número de Froude densimétrico, F_o	6.5

Zona de desarrollo de los perfiles autosemejantes

L_e , longitud del eje al final de la zona de desarrollo de perfiles autosemejantes (ZOFE)	0.51 m
x_e , coordenada horizontal al final de la ZOFE	0.26 m
y_e , coordenada lateral al final de la ZOFE	0.25 m
z_e , coordenada vertical al final de la ZOFE	3.35 m
θ_{eae} , ángulo del eje del chorro con la horizontal al final de la ZOFE	43.46 sexag
σ_{eae} , ángulo del eje del chorro con dirección de la corriente en el medio receptor al final de la ZOFE	42.07 sexag
γ_{eae}	57.39 sexag

Principales características del chorro

Z_m , máxima altura del eje del chorro	3.87 m
Z_l , máxima altura del borde superior del chorro, correspondiente al 6% de la concentración en el eje ($C=6\%C_{eje}$)	4.50 m
X_m , posición horizontal del eje (distancia desde la boquilla) en el punto de máxima altura del chorro	1.30 m
S_m , dilución en el eje (mínima) en el punto de máxima altura	3.6

Cm, concentración salina en el eje (máxima) en el punto de máxima altura	41.5 psu
Xr, posición horizontal del eje del chorro en el punto de retorno (donde el eje alcanza el nivel de la boquilla)	3.41 m
Sr, dilución en el eje (mínima) en el punto de retorno	10.8
Sr_ave, dilución media en el punto de retorno	16.2
Cr, concentración salina en el eje (máxima) en el punto de retorno	36.3 psu
b_r, radio del chorro en el punto de retorno (C=50%Ceje)	0.55 m
r_r, radio del chorro en el punto de retorno (C=25%Ceje)	0.78 m
R_r, radio del chorro en el punto de retorno (C=6%Ceje)	1.11 m
Xi, posición horizontal del eje en el punto de impacto del chorro con el fondo	9.04 m
Si, dilución en el eje (mínima) en el punto de impacto con el fondo	52.3
Si_ave, dilución media en el punto de impacto con el fondo	76.5
Ci, concentración salina en el eje (máxima) en el punto de impacto con el fondo	34.3 psu

Gráficas de evolución de variables

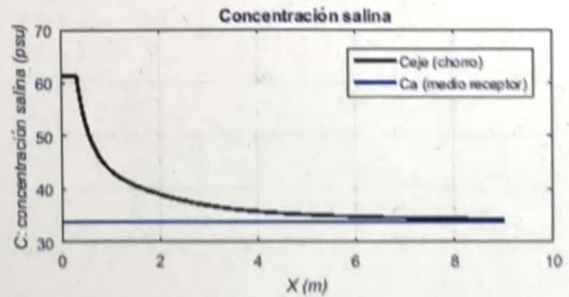
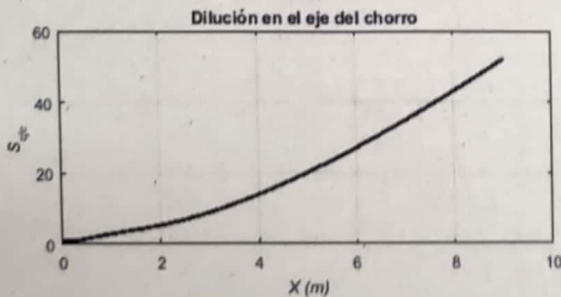
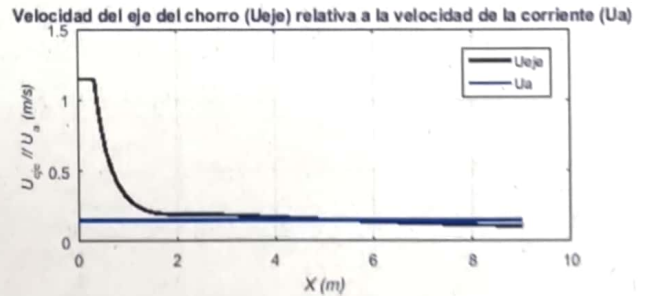
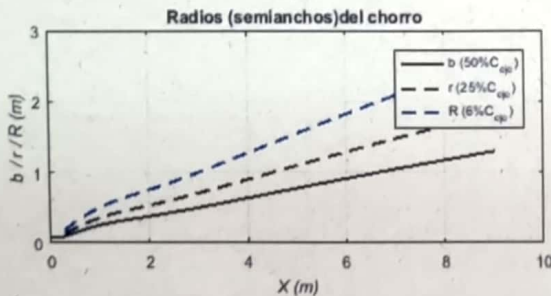
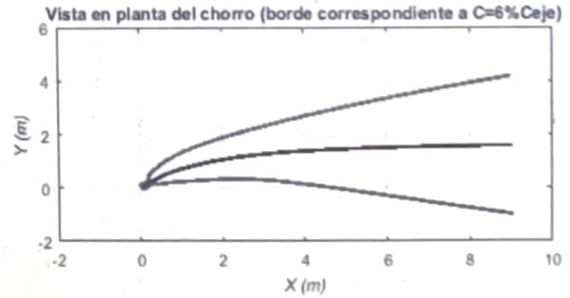
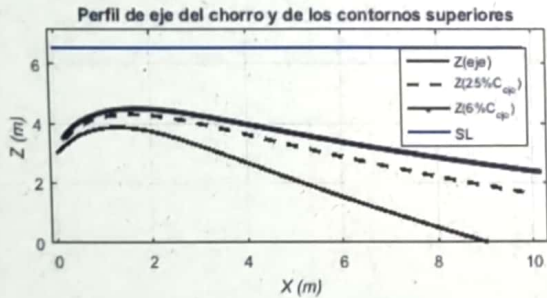


Tabla de resultados numéricos

Xeje	Yeje	Zeje	Seje	Ceje-Ca	Ceje	Save	b	Gp_eje	F_eje	Ueje	theta	sigma
0.00	0.00	3.00	1.00	27.61	61.36	1.00	0.09	-0.18	6.54	1.15	45.00	45.00
0.38	0.35	3.49	1.17	23.64	57.39	1.92	0.12	-0.16	7.63	1.02	39.38	39.06
0.54	0.47	3.63	1.62	17.04	50.79	2.61	0.16	-0.11	5.10	0.68	31.82	33.81
0.73	0.58	3.75	2.14	12.93	46.68	3.37	0.20	-0.09	3.55	0.46	22.97	29.22
0.94	0.69	3.83	2.69	10.26	44.01	4.15	0.24	-0.07	2.59	0.33	13.62	25.43
1.16	0.79	3.87	3.24	8.52	42.27	4.93	0.28	-0.06	2.05	0.26	4.59	22.45
1.40	0.88	3.87	3.77	7.32	41.07	5.68	0.31	-0.05	1.78	0.22	-3.59	20.07
1.63	0.96	3.84	4.31	6.41	40.16	6.47	0.33	-0.04	1.67	0.20	-10.60	18.01
1.86	1.04	3.78	4.89	5.65	39.40	7.33	0.36	-0.04	1.66	0.19	-16.27	16.10
2.09	1.10	3.70	5.53	5.00	38.75	8.29	0.39	-0.03	1.69	0.19	-20.61	14.32
2.32	1.15	3.60	6.24	4.43	38.18	9.36	0.41	-0.03	1.73	0.19	-23.80	12.69
2.54	1.20	3.50	7.01	3.94	37.69	10.54	0.44	-0.03	1.78	0.19	-26.09	11.22
2.76	1.24	3.39	7.86	3.51	37.26	11.81	0.47	-0.02	1.81	0.19	-27.70	9.92
2.98	1.27	3.27	8.77	3.15	36.90	13.17	0.50	-0.02	1.84	0.19	-28.80	8.79
3.19	1.31	3.14	9.74	2.83	36.58	14.63	0.52	-0.02	1.86	0.18	-29.52	7.81
3.41	1.33	3.02	10.77	2.56	36.31	16.16	0.55	-0.02	1.87	0.18	-29.98	6.96
3.62	1.36	2.90	11.86	2.33	36.08	17.78	0.58	-0.02	1.87	0.18	-30.23	6.23
3.84	1.38	2.77	13.00	2.12	35.87	19.47	0.61	-0.01	1.87	0.17	-30.33	5.59
4.05	1.40	2.64	14.20	1.94	35.69	21.24	0.64	-0.01	1.87	0.17	-30.33	5.04
4.27	1.42	2.52	15.44	1.79	35.54	23.07	0.67	-0.01	1.86	0.17	-30.25	4.56
4.48	1.44	2.39	16.74	1.65	35.40	24.98	0.70	-0.01	1.85	0.16	-30.11	4.14
4.70	1.45	2.27	18.08	1.53	35.28	26.95	0.73	-0.01	1.84	0.16	-29.93	3.77
4.91	1.46	2.14	19.47	1.42	35.17	28.99	0.76	-0.01	1.83	0.15	-29.71	3.45
5.13	1.48	2.02	20.90	1.32	35.07	31.08	0.79	-0.01	1.82	0.15	-29.48	3.16
5.35	1.49	1.90	22.38	1.23	34.98	33.24	0.82	-0.01	1.80	0.15	-29.23	2.91
5.57	1.50	1.77	23.90	1.16	34.91	35.46	0.85	-0.01	1.79	0.14	-28.97	2.68
5.79	1.51	1.65	25.46	1.08	34.83	37.73	0.88	-0.01	1.77	0.14	-28.70	2.48
6.00	1.52	1.53	27.06	1.02	34.77	40.06	0.91	-0.01	1.76	0.14	-28.44	2.30
6.22	1.53	1.42	28.69	0.96	34.71	42.44	0.94	-0.01	1.75	0.13	-28.17	2.14
6.45	1.53	1.30	30.37	0.91	34.66	44.87	0.97	-0.01	1.73	0.13	-27.90	1.99
6.67	1.54	1.18	32.08	0.86	34.61	47.35	1.00	-0.01	1.72	0.13	-27.64	1.86
6.89	1.55	1.07	33.83	0.82	34.57	49.89	1.03	-0.01	1.70	0.13	-27.38	1.74
7.11	1.56	0.95	35.62	0.78	34.53	52.47	1.06	-0.01	1.69	0.12	-27.12	1.63
7.33	1.56	0.84	37.44	0.74	34.49	55.10	1.08	0.00	1.67	0.12	-26.87	1.53
7.56	1.57	0.73	39.29	0.70	34.45	57.77	1.11	0.00	1.66	0.12	-26.62	1.44
7.78	1.57	0.61	41.17	0.67	34.42	60.49	1.14	0.00	1.65	0.12	-26.38	1.36
8.00	1.58	0.50	43.09	0.64	34.39	63.25	1.17	0.00	1.63	0.11	-26.14	1.28
8.23	1.58	0.39	45.04	0.61	34.36	66.06	1.20	0.00	1.62	0.11	-25.91	1.21
8.45	1.59	0.28	47.02	0.59	34.34	68.91	1.23	0.00	1.61	0.11	-25.69	1.15
8.68	1.59	0.18	49.02	0.56	34.31	71.80	1.25	0.00	1.60	0.11	-25.47	1.09
8.90	1.60	0.07	51.06	0.54	34.29	74.73	1.28	0.00	1.58	0.11	-25.26	1.03

Observaciones:

El modelo ha sido desarrollado por el Instituto de Hidráulica Ambiental.

Para dudas, consultas y más información sobre el modelo: brlHnesupport@ihcantabria.com

Calibración del modelo:

El modelo simula el comportamiento de un vertido en chorro de salmuera resolviendo las ecuaciones de gobierno de acuerdo con la aproximación numérica propuesta en [1]. Esta aproximación consiste en integrar las ecuaciones diferenciales a lo largo de la sección transversal del chorro, resolviendo numéricamente el sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias resultantes.

Por el momento, brIHne-Jet utiliza los coeficientes experimentales propuestos en [1], que son también los que utiliza el modelo CORJET de Cormix, por lo que sus resultados son análogos. Próximamente, brIHne-Jet será recalibrado con datos experimentales obtenidos en el Instituto de Hidráulica Ambiental, mediante técnicas ópticas no intrusivas de anemometría láser, a fin de conseguir un mejor ajuste de sus resultados numéricos con los datos experimentales.

Sección transversal:

El modelo considera que los perfiles transversales de concentración y velocidad del chorro se ajustan a una curva de tipo Gauss.

Variables

X_{eje} , Y_{eje} , Z_{eje} : coordenadas cartesianas del eje del chorro.

C_{eje} : dilución en el eje del chorro (dilución mínima en la sección).

$C_{eje} - C_a$: Exceso de concentración salina en el eje del chorro respecto a la salinidad en el medio receptor

C_{eje} : Concentración salina en el eje de chorro (concentración máxima en la sección).

b : semiancho del chorro. Distancia radial para la cual la velocidad es un 37% y la concentración un 50% de su valor en el eje del chorro.

S_{ave} : dilución media en la sección transversal del chorro.

G_{p-eje} : valor de la gravedad reducida en el eje del chorro.

F_{eje} : número de Froude densimétrico, calculado a partir de valores en el eje del chorro.

U_{eje} : velocidad del eje del chorro (relativa a la velocidad de la corriente en el medio receptor).

Theta (θ): ángulo de descarga del chorro con respecto al fondo.

Sigma: ángulo (proyección horizontal) del eje del chorro con respecto a la corriente en el medio receptor.

Punto de máxima altura del chorro:

brIHne-Jet calcula el borde superior del chorro, sumando a las coordenadas del eje en cada punto el correspondiente radio del chorro, proponiendo diferentes valores de radio, a partir de los valores de concentración y velocidad respecto a los valores en el eje. Para obtener el punto de máxima altura del chorro, brIHne-Jet considera para calcular el radio del chorro un valor: $Radio=2b$, que corresponde a la distancia radial desde el eje del chorro, para la cual la concentración es un 6% y la velocidad un 2% de las correspondiente al eje del chorro.

Punto de impacto con la superficie:

brIHne-Jet considera que el chorro impacta con la superficie cuando su borde superior (definido a partir de un radio: $Radio=2b$) impacta en algún punto a la superficie libre del medio receptor.

Punto de impacto con el fondo:

brIHne-Jet distingue entre el punto de retorno y el punto de impacto del chorro con el fondo. El punto de retorno es la posición en la cual el eje del chorro alcanza en su rama descendente el nivel o altura de la boquilla de vertido, mientras que el punto de impacto es la posición donde el eje del chorro alcanza el fondo.

Referencias

[1] Jirka, G. H. (2004). "Integral model for turbulent buoyant jets in unbounded stratified flows. Part I: The single round jet." Environmental Fluid Mechanics, volume 4, pp. 1-56.

Informe de ejecución brIHne_JET (Versión 1.0) - Proyecto 'Aluar Prueba 1'

Salinidad Rechazo Normal

Parámetros de entrada

Condiciones del medio receptor	Profundidad media en la zona de vertido [H_a (m)]	6.5
	Salinidad [C_a (psu)]	33.75
	Densidad [ρ_a (Kg/m ³)]	1025
	Velocidad de la corriente [U_a (m/s)]	0.075
Características del efluente	Concentración salina [C_o (psu)]	61.36
	Densidad [ρ_o (Kg/m ³)]	1044
	Velocidad de salida del chorro [U_o (m/s)]	1.15
Características del dispositivo de vertido	Diámetro boquilla [d_o (m)]	0.17
	Altura de la boquilla con respecto al fondo [h_o (m)]	3
	Ángulo de inclinación del chorro [θ_o (sexages)]	45
	Ángulo horizontal entre el chorro y la corriente [σ_o (sexages)]	45

Flujos iniciales y escalas de longitud

Q_o , flujo de caudal	0.03 m ³ /s
M_o , flujo de cantidad de movimiento	0.03 m ⁴ /s ²
J_o , flujo de flotabilidad	-0.00 m ⁴ /s ³
Q_{co} , flujo de masa de contaminante	0.72 psu*m ³ /s
L_Q , escala de longitud de flujo - caudal	0.15 m
L_M , escala de longitud de cantidad de movimiento - flotabilidad	-1.05 m
L_m , escala de longitud de cantidad de movimiento - corriente en medio receptor	2.31 m
L_b , escala de longitud de cantidad de flotabilidad - corriente en medio receptor	-11.25 m
Número de Froude densimétrico, F_o	6.5

Zona de desarrollo de los perfiles autosemejantes

L_e , longitud del eje al final de la zona de desarrollo de perfiles autosemejantes (ZOFE)	0.65 m
x_e , coordenada horizontal al final de la ZOFE	0.33 m
y_e , coordenada lateral al final de la ZOFE	0.32 m
z_e , coordenada vertical al final de la ZOFE	3.46 m
θ_{tae} , ángulo del eje del chorro con la horizontal al final de la ZOFE	44.23 sexag
σ_{mae} , ángulo del eje del chorro con dirección de la corriente en el medio receptor al final de la ZOFE	43.49 sexag
γ_{mae}	58.68 sexag

Principales características del chorro

Z_m , máxima altura del eje del chorro	4.05 m
Z_l , máxima altura del borde superior del chorro, correspondiente al 6% de la concentración en el eje ($C=6\%C_{eje}$)	4.65 m
X_m , posición horizontal del eje (distancia desde la boquilla) en el punto de máxima altura del chorro	1.22 m
S_m , dilución en el eje (mínima) en el punto de máxima altura	2.8

Cm, concentración salina en el eje (máxima) en el punto de máxima altura	43.6 psu
Xr, posición horizontal del eje del chorro en el punto de retorno (donde el eje alcanza el nivel de la boquilla)	2.63 m
Sr, dilución en el eje (mínima) en el punto de retorno	7.1
Sr_ave, dilución media en el punto de retorno	11.5
Cr, concentración salina en el eje (máxima) en el punto de retorno	37.6 psu
b_r, radio del chorro en el punto de retorno (C=50%Ceje)	0.48 m
r_r, radio del chorro en el punto de retorno (C=25%Ceje)	0.67 m
R_r, radio del chorro en el punto de retorno (C=6%Ceje)	0.95 m
Xi, posición horizontal del eje en el punto de impacto del chorro con el fondo	4.74 m
Si, dilución en el eje (mínima) en el punto de impacto con el fondo	21.3
Si_ave, dilución media en el punto de impacto con el fondo	34.4
Ci, concentración salina en el eje (máxima) en el punto de impacto con el fondo	35.0 psu

Gráficas de evolución de variables

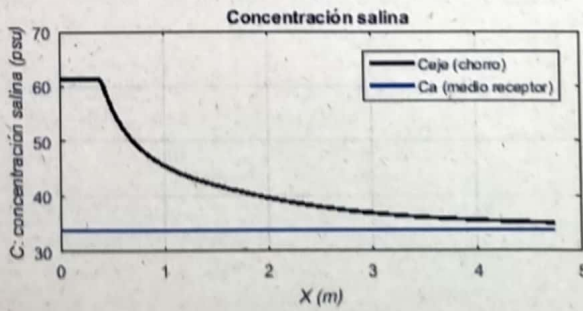
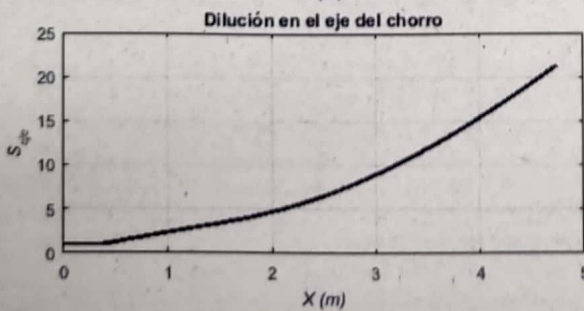
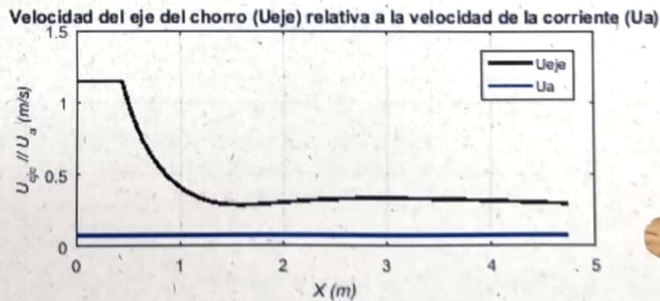
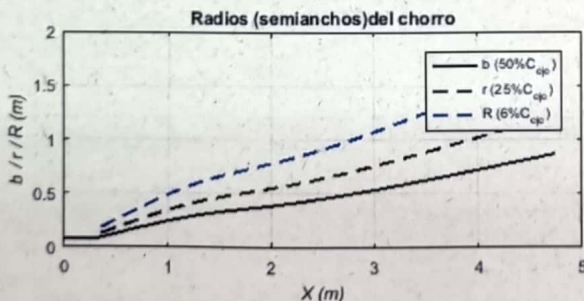
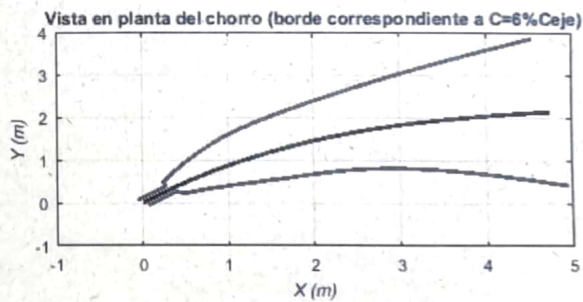
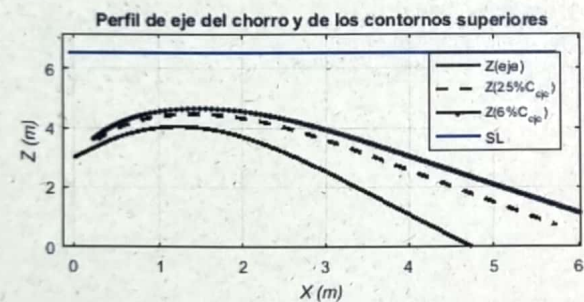


Tabla de resultados numéricos

Xeje	Yeje	Zeje	Seje	Ceje-Ca	Ceje	Save	b	Gp_eje	F_eje	Ueje	theta	sigma
0.00	0.00	3.00	1.00	27.61	61.36	1.00	0.09	-0.18	6.54	1.15	45.00	45.00
0.44	0.42	3.60	1.10	25.04	58.79	1.84	0.11	-0.16	8.38	1.14	41.34	42.42
0.59	0.55	3.75	1.44	19.12	52.87	2.39	0.15	-0.13	5.95	0.81	35.84	40.15
0.75	0.69	3.89	1.81	15.26	49.01	2.97	0.19	-0.10	4.34	0.60	28.36	37.91
0.93	0.82	3.99	2.20	12.53	46.28	3.57	0.23	-0.08	3.25	0.45	18.49	35.73
1.13	0.96	4.04	2.62	10.53	44.28	4.20	0.27	-0.07	2.56	0.35	6.37	33.64
1.34	1.10	4.04	3.05	9.04	42.79	4.86	0.31	-0.06	2.23	0.30	-6.74	31.67
1.55	1.22	3.98	3.50	7.89	41.64	5.56	0.34	-0.05	2.17	0.29	-18.82	29.72
1.75	1.33	3.88	3.98	6.94	40.69	6.34	0.36	-0.05	2.27	0.29	-28.54	27.75
1.94	1.43	3.75	4.50	6.14	39.89	7.20	0.38	-0.04	2.42	0.30	-35.78	25.80
2.12	1.51	3.59	5.06	5.46	39.21	8.13	0.40	-0.04	2.58	0.31	-41.03	23.90
2.29	1.58	3.42	5.66	4.88	38.63	9.12	0.43	-0.03	2.73	0.32	-44.84	22.11
2.45	1.64	3.24	6.30	4.38	38.13	10.17	0.45	-0.03	2.87	0.33	-47.63	20.45
2.60	1.70	3.05	6.98	3.96	37.71	11.28	0.47	-0.03	2.98	0.33	-49.70	18.91
2.75	1.75	2.86	7.69	3.59	37.34	12.45	0.49	-0.02	3.07	0.33	-51.25	17.50
2.90	1.79	2.66	8.43	3.27	37.02	13.67	0.52	-0.02	3.15	0.33	-52.42	16.21
3.05	1.83	2.46	9.22	3.00	36.75	14.94	0.54	-0.02	3.22	0.33	-53.30	15.03
3.19	1.87	2.26	10.03	2.75	36.50	16.27	0.57	-0.02	3.27	0.33	-53.95	13.96
3.33	1.90	2.06	10.89	2.54	36.29	17.65	0.59	-0.02	3.31	0.33	-54.44	12.98
3.47	1.93	1.86	11.77	2.35	36.10	19.09	0.62	-0.02	3.35	0.33	-54.79	12.09
3.61	1.96	1.65	12.70	2.17	35.92	20.58	0.65	-0.01	3.37	0.32	-55.04	11.28
3.75	1.99	1.45	13.65	2.02	35.77	22.12	0.67	-0.01	3.39	0.32	-55.20	10.54
3.90	2.02	1.24	14.64	1.89	35.64	23.72	0.70	-0.01	3.41	0.32	-55.29	9.86
4.04	2.04	1.04	15.67	1.76	35.51	25.37	0.73	-0.01	3.42	0.31	-55.32	9.24
4.18	2.06	0.83	16.73	1.65	35.40	27.08	0.75	-0.01	3.43	0.31	-55.31	8.67
4.32	2.08	0.62	17.83	1.55	35.30	28.84	0.78	-0.01	3.43	0.31	-55.26	8.15
4.46	2.10	0.42	18.96	1.46	35.21	30.65	0.81	-0.01	3.44	0.30	-55.17	7.67
4.60	2.12	0.21	20.13	1.37	35.12	32.52	0.84	-0.01	3.44	0.30	-55.06	7.23
4.74	2.14	0.01	21.33	1.29	35.04	34.44	0.87	-0.01	3.43	0.30	-54.93	6.82

Observaciones:

El modelo ha sido desarrollado por el Instituto de Hidráulica Ambiental.

Para dudas, consultas y más información sobre el modelo: brIHnesupport@ihcantabria.com

Calibración del modelo:

El modelo simula el comportamiento de un vertido en chorro de salmuera resolviendo las ecuaciones de gobierno de acuerdo con la aproximación numérica propuesta en [1]. Esta aproximación consiste en integrar las ecuaciones diferenciales a lo largo de la sección transversal del chorro, resolviendo numéricamente el sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias resultantes.

Por el momento, brIHne-Jet utiliza los coeficientes experimentales propuestos en [1], que son también los que utiliza el modelo CORJET de Cormix, por lo que sus resultados son análogos. Próximamente, brIHne-Jet será recalibrado con datos experimentales obtenidos en el Instituto de Hidráulica Ambiental, mediante técnicas ópticas no intrusivas de anemometría láser, a fin de conseguir un mejor ajuste de sus resultados numéricos con los datos experimentales.

Sección transversal:

El modelo considera que los perfiles transversales de concentración y velocidad del chorro se ajustan a una curva de tipo Gauss.

Variables

$X_{eje}, Y_{eje}, Z_{eje}$: coordenadas cartesianas del eje del chorro.

S_{eje} : dilución en el eje del chorro (dilución mínima en la sección).

$C_{eje} - C_a$: Exceso de concentración salina en el eje del chorro respecto a la salinidad en el medio receptor

C_{eje} : Concentración salina en el eje de chorro (concentración máxima en la sección).

b : semiancho del chorro. Distancia radial para la cual la velocidad es un 37% y la concentración un 50% de su valor en el eje del chorro.

S_{ave} : dilución media en la sección transversal del chorro.

G_{p-eje} : valor de la gravedad reducida en el eje del chorro.

F_{eje} : número de Froude densimétrico, calculado a partir de valores en el eje del chorro.

U_{eje} : velocidad del eje del chorro (relativa a la velocidad de la corriente en el medio receptor).

Theta (θ): ángulo de descarga del chorro con respecto al fondo.

Sigma (σ): ángulo (proyección horizontal) del eje del chorro con respecto a la corriente en el medio receptor.

Punto de máxima altura del chorro:

brIHne-Jet calcula el borde superior del chorro, sumando a las coordenadas del eje en cada punto el correspondiente radio del chorro, proponiendo diferentes valores de radio, a partir de los valores de concentración y velocidad respecto a los valores en el eje. Para obtener el punto de máxima altura del chorro, brIHne-Jet considera para calcular el radio del chorro un valor: $Radio=2b$, que corresponde a la distancia radial desde el eje del chorro, para la cual la concentración es un 6% y la velocidad un 2% de las correspondiente al eje del chorro.

Punto de impacto con la superficie:

brIHne-Jet considera que el chorro impacta con la superficie cuando su borde superior (definido a partir de un radio: $Radio=2b$) impacta en algún punto a la superficie libre del medio receptor.

Punto de impacto con el fondo:

brIHne-Jet distingue entre el punto de retorno y el punto de impacto del chorro con el fondo. El punto de retorno es la posición en la cual el eje del chorro alcanza en su rama descendente el nivel o altura de la boquilla de vertido, mientras que el punto de impacto es la posición donde el eje del chorro alcanza el fondo.

Referencias

[1] Jirka, G. H. (2004). "Integral model for turbulent buoyant jets in unbounded stratified flows. Part I: The single round jet." Environmental Fluid Mechanics, volume 4, pp. 1-56.

Informe de ejecución brIHne_JET (Versión 1.0) - Proyecto 'Aluar Prueba 1'

Salinidad Rechazo Normal

Parámetros de entrada

Condiciones del medio receptor	Profundidad media en la zona de vertido [H_a (m)]	6.5
	Salinidad [C_a (psu)]	33.75
	Densidad [ρ_a (Kg/m ³)]	1025
	Velocidad de la corriente [U_a (m/s)]	0.1
Características del efluente	Concentración salina [C_o (psu)]	61.36
	Densidad [ρ_o (Kg/m ³)]	1044
	Velocidad de salida del chorro [U_o (m/s)]	1.15
Características del dispositivo de vertido	Diámetro boquilla [d_o (m)]	0.17
	Altura de la boquilla con respecto al fondo [h_o (m)]	3
	Ángulo de inclinación del chorro [θ_o (sexages)]	45
	Ángulo horizontal entre el chorro y la corriente [σ_o (sexages)]	90

Flujos iniciales y escalas de longitud

Qo, flujo de caudal	0.03 m ³ /s
Mo, flujo de cantidad de movimiento	0.03 m ⁴ /s ²
Jo, flujo de flotabilidad	-0.00 m ⁴ /s ³
Qco, flujo de masa de contaminante	0.72 psu*m ³ /s
LQ, escala de longitud de flujo - caudal	0.15 m
LM, escala de longitud de cantidad de movimiento - flotabilidad	-1.05 m
Lm, escala de longitud de cantidad de movimiento - corriente en medio receptor	1.73 m
Lb, escala de longitud de cantidad de flotabilidad - corriente en medio receptor	-4.75 m
Número de Froude densimétrico, Fo	6.5

Zona de desarrollo de los perfiles autosemejantes

Le, longitud del eje al final de la zona de desarrollo de perfiles autosemejantes (ZOFE)	0.57 m
xe, coordenada horizontal al final de la ZOFE	0.01 m
ye, coordenada lateral al final de la ZOFE	0.41 m
ze, coordenada vertical al final de la ZOFE	3.41 m
thetae, ángulo del eje del chorro con la horizontal al final de la ZOFE	44.96 sexag
sigmae, ángulo del eje del chorro con dirección de la corriente en el medio receptor al final de la ZOFE	87.08 sexag
gammae	87.94 sexag

Principales características del chorro

Zm, máxima altura del eje del chorro	4.03 m
Zt, máxima altura del borde superior del chorro, correspondiente al 6% de la concentración en el eje ($C=6\%C_{eje}$)	4.63 m
Xm, posición horizontal del eje (distancia desde la boquilla) en el punto de máxima altura del chorro	0.30 m
Sm, dilución en el eje (mínima) en el punto de máxima altura	2.6

C_m , concentración salina en el eje (máxima) en el punto de máxima altura	44.5 psu
X_r , posición horizontal del eje del chorro en el punto de retorno (donde el eje alcanza el nivel de la boquilla)	1.39 m
S_r , dilución en el eje (mínima) en el punto de retorno	7.3
S_{r_ave} , dilución media en el punto de retorno	11.6
C_r , concentración salina en el eje (máxima) en el punto de retorno	37.5 psu
b_r , radio del chorro en el punto de retorno ($C=50\%C_{eje}$)	0.48 m
r_r , radio del chorro en el punto de retorno ($C=25\%C_{eje}$)	0.69 m
R_r , radio del chorro en el punto de retorno ($C=6\%C_{eje}$)	0.97 m
X_i , posición horizontal del eje en el punto de impacto del chorro con el fondo	4.04 m
S_i , dilución en el eje (mínima) en el punto de impacto con el fondo	26.7
S_{i_ave} , dilución media en el punto de impacto con el fondo	41.6
C_i , concentración salina en el eje (máxima) en el punto de impacto con el fondo	34.8 psu

Gráficas de evolución de variables

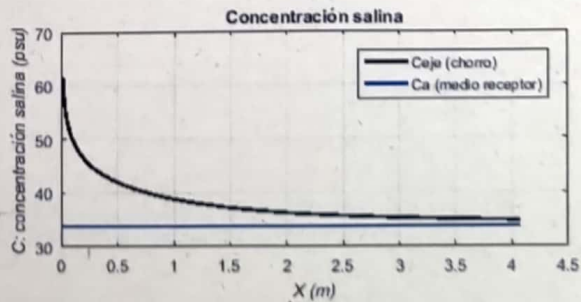
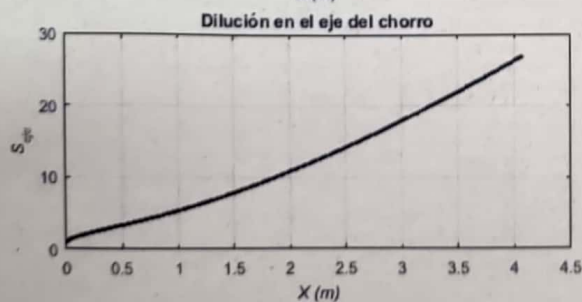
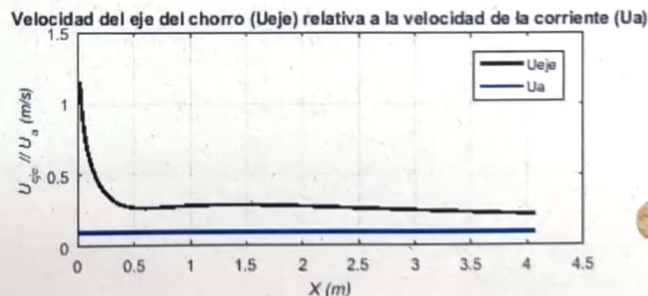
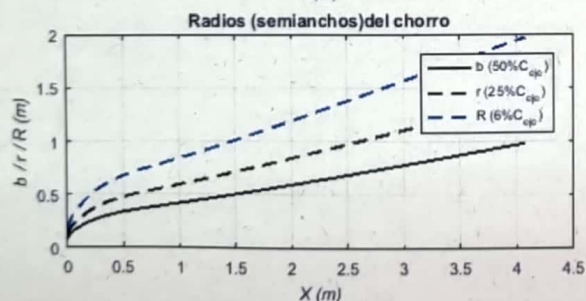
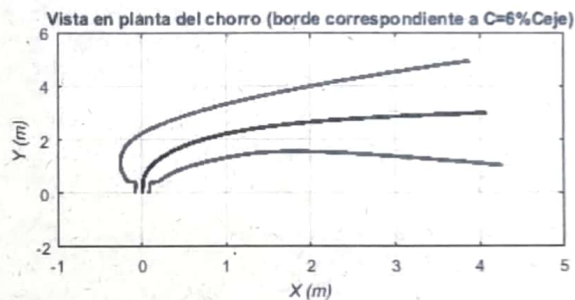
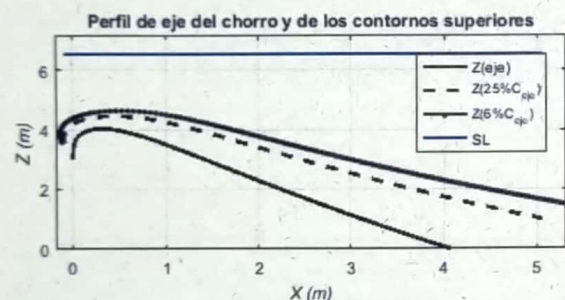


Tabla de resultados numéricos

Xeje	Yeje	Zeje	Seje	Ceje-Ca	Ceje	Save	b	Gp_eje	F_eje	Ueje	theta	sigma
0.00	0.00	3.00	1.00	27.61	61.36	1.00	0.09	-0.18	6.54	1.15	45.00	90.00
0.02	0.55	3.54	1.05	26.24	59.99	1.78	0.11	-0.17	8.99	1.15	42.59	85.02
0.04	0.74	3.71	1.33	20.75	54.50	2.24	0.14	-0.14	6.53	0.91	38.11	80.30
0.09	0.94	3.85	1.63	16.96	50.71	2.72	0.18	-0.11	4.79	0.67	31.31	75.19
0.15	1.15	3.96	1.97	14.04	47.79	3.25	0.22	-0.09	3.50	0.50	21.26	69.61
0.25	1.37	4.03	2.38	11.61	45.36	3.86	0.26	-0.08	2.60	0.37	7.51	63.50
0.37	1.59	4.02	2.86	9.65	43.40	4.58	0.31	-0.06	2.12	0.30	-8.18	57.08
0.51	1.78	3.96	3.39	8.13	41.88	5.39	0.34	-0.05	1.99	0.27	-22.04	50.76
0.66	1.95	3.84	3.96	6.97	40.72	6.28	0.37	-0.05	2.06	0.27	-32.06	44.84
0.81	2.08	3.70	4.57	6.05	39.80	7.25	0.39	-0.04	2.19	0.27	-38.65	39.46
0.96	2.20	3.53	5.22	5.29	39.04	8.29	0.41	-0.03	2.34	0.28	-42.88	34.71
1.12	2.29	3.36	5.91	4.67	38.42	9.41	0.44	-0.03	2.46	0.29	-45.57	30.57
1.27	2.38	3.18	6.66	4.15	37.90	10.59	0.46	-0.03	2.56	0.29	-47.26	26.99
1.42	2.45	2.99	7.45	3.70	37.45	11.85	0.49	-0.02	2.64	0.29	-48.30	23.92
1.57	2.51	2.80	8.29	3.33	37.08	13.19	0.52	-0.02	2.70	0.29	-48.90	21.28
1.72	2.57	2.62	9.19	3.01	36.76	14.59	0.54	-0.02	2.75	0.29	-49.19	19.01
1.88	2.62	2.43	10.12	2.73	36.48	16.07	0.57	-0.02	2.78	0.28	-49.28	17.06
2.04	2.66	2.24	11.11	2.48	36.23	17.62	0.60	-0.02	2.80	0.28	-49.21	15.37
2.19	2.71	2.05	12.15	2.27	36.02	19.24	0.63	-0.01	2.81	0.27	-49.03	13.90
2.35	2.74	1.86	13.23	2.09	35.84	20.93	0.66	-0.01	2.82	0.27	-48.78	12.62
2.52	2.78	1.67	14.36	1.92	35.67	22.69	0.69	-0.01	2.82	0.26	-48.47	11.50
2.68	2.81	1.49	15.54	1.78	35.53	24.53	0.72	-0.01	2.82	0.26	-48.13	10.51
2.84	2.84	1.30	16.77	1.65	35.40	26.43	0.75	-0.01	2.81	0.25	-47.75	9.64
3.01	2.87	1.12	18.05	1.53	35.28	28.40	0.78	-0.01	2.80	0.25	-47.36	8.87
3.18	2.89	0.93	19.37	1.43	35.18	30.44	0.82	-0.01	2.79	0.24	-46.95	8.18
3.35	2.91	0.75	20.74	1.33	35.08	32.54	0.85	-0.01	2.78	0.24	-46.53	7.57
3.52	2.94	0.57	22.16	1.25	35.00	34.72	0.88	-0.01	2.76	0.23	-46.11	7.02
3.69	2.96	0.39	23.62	1.17	34.92	36.96	0.91	-0.01	2.74	0.23	-45.69	6.53
3.87	2.98	0.21	25.13	1.10	34.85	39.27	0.94	-0.01	2.73	0.23	-45.27	6.08
4.04	2.99	0.03	26.68	1.03	34.78	41.64	0.98	-0.01	2.71	0.22	-44.86	5.68

Observaciones:

El modelo ha sido desarrollado por el Instituto de Hidráulica Ambiental.

Para dudas, consultas y más información sobre el modelo: brIHnesupport@ihcantabria.com

Calibración del modelo:

El modelo simula el comportamiento de un vertido en chorro de salmuera resolviendo las ecuaciones de gobierno de acuerdo con la aproximación numérica propuesta en [1]. Esta aproximación consiste en integrar las ecuaciones diferenciales a lo largo de la sección transversal del chorro, resolviendo numéricamente el sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias resultantes.

Por el momento, brIHne-Jet utiliza los coeficientes experimentales propuestos en [1], que son también los que utiliza el modelo CORJET de Cormix, por lo que sus resultados son análogos. Próximamente, brIHne-Jet será recalibrado con datos experimentales obtenidos en el Instituto de Hidráulica Ambiental, mediante técnicas ópticas no intrusivas de anemometría láser, a fin de conseguir un mejor ajuste de sus resultados numéricos con los datos experimentales.

Sección transversal:

El modelo considera que los perfiles transversales de concentración y velocidad del chorro se ajustan a una curva de tipo Gauss.

Variables

X_{eje} , Y_{eje} , Z_{eje} : coordenadas cartesianas del eje del chorro.

S_{eje} : dilución en el eje del chorro (dilución mínima en la sección).

$C_{eje} - C_a$: Exceso de concentración salina en el eje del chorro respecto a la salinidad en el medio receptor.

C_{eje} : Concentración salina en el eje de chorro (concentración máxima en la sección).

b : semiancho del chorro. Distancia radial para la cual la velocidad es un 37% y la concentración un 50% de su valor en el eje del chorro.

S_{ave} : dilución media en la sección transversal del chorro.

Gp_{eje} : valor de la gravedad reducida en el eje del chorro.

F_{eje} : número de Froude densimétrico, calculado a partir de valores en el eje del chorro.

U_{eje} : velocidad del eje del chorro (relativa a la velocidad de la corriente en el medio receptor).

Theta (θ): ángulo de descarga del chorro con respecto al fondo.

Sigma: ángulo (proyección horizontal) del eje del chorro con respecto a la corriente en el medio receptor.

Punto de máxima altura del chorro:

brIHne-Jet calcula el borde superior del chorro, sumando a las coordenadas del eje en cada punto el correspondiente radio del chorro, proponiendo diferentes valores de radio, a partir de los valores de concentración y velocidad respecto a los valores en el eje. Para obtener el punto de máxima altura del chorro, brIHne-Jet considera para calcular el radio del chorro un valor: $Radio=2b$, que corresponde a la distancia radial desde el eje del chorro, para la cual la concentración es un 6% y la velocidad un 2% de las correspondiente al eje del chorro.

Punto de impacto con la superficie:

brIHne-Jet considera que el chorro impacta con la superficie cuando su borde superior (definido a partir de un radio: $Radio=2b$) impacta en algún punto a la superficie libre del medio receptor.

Punto de impacto con el fondo:

brIHne-Jet distingue entre el punto de retorno y el punto de impacto del chorro con el fondo. El punto de retorno es la posición en la cual el eje del chorro alcanza en su rama descendente el nivel o altura de la boquilla de vertido, mientras que el punto de impacto es la posición donde el eje del chorro alcanza el fondo.

Referencias

[1] Jirka, G. H. (2004). "Integral model for turbulent buoyant jets in unbounded stratified flows. Part I: The single round jet." Environmental Fluid Mechanics, volume 4, pp. 1-56.

Informe de ejecución brIHne_JET (Versión 1.0) - Proyecto 'Aluar Prueba 1'

Salinidad Rechazo Normal

Parámetros de entrada

Condiciones del medio receptor	Profundidad media en la zona de vertido [Ha (m)]	6.5
	Salinidad [Ca (psu)]	33.75
	Densidad [ρ_a (Kg/m ³)]	1025
	Velocidad de la corriente [Ua (m/s)]	0.05
Características del efluente	Concentración salina [Co (psu)]	61.36
	Densidad [ρ_o (Kg/m ³)]	1044
	Velocidad de salida del chorro [Uo (m/s)]	1.15
Características del dispositivo de vertido	Diámetro boquilla [do (m)]	0.17
	Altura de la boquilla con respecto al fondo [ho (m)]	3
	Ángulo de inclinación del chorro [θ_o (sexages)]	45
	Ángulo horizontal entre el chorro y la corriente [σ_o (sexages)]	90

Flujos iniciales y escalas de longitud

Qo, flujo de caudal	0.03 m ³ /s
Mo, flujo de cantidad de movimiento	0.03 m ⁴ /s ²
Jo, flujo de flotabilidad	-0.00 m ⁴ /s ³
Qco, flujo de masa de contaminante	0.72 psu*m ³ /s
LQ, escala de longitud de flujo - caudal	0.15 m
LM, escala de longitud de cantidad de movimiento - flotabilidad	-1.05 m
Lm, escala de longitud de cantidad de movimiento - corriente en medio receptor	3.47 m
Lb, escala de longitud de cantidad de flotabilidad - corriente en medio receptor	-37.97 m
Número de Froude densimétrico, Fo	6.5

Zona de desarrollo de los perfiles autosemejantes

Le, longitud del eje al final de la zona de desarrollo de perfiles autosemejantes (ZOFE)	0.69 m
xe, coordenada horizontal al final de la ZOFE	0.01 m
ye, coordenada lateral al final de la ZOFE	0.49 m
ze, coordenada vertical al final de la ZOFE	3.49 m
θ_{etae} , ángulo del eje del chorro con la horizontal al final de la ZOFE	44.99 sexag
σ_{mae} , ángulo del eje del chorro con dirección de la corriente en el medio receptor al final de la ZOFE	88.54 sexag
γ_{mae}	88.97 sexag

Principales características del chorro

Zm, máxima altura del eje del chorro	4.13 m
Zl, máxima altura del borde superior del chorro, correspondiente al 6% de la concentración en el eje ($C=6\%C_{eje}$)	4.67 m
Xm, posición horizontal del eje (distancia desde la boquilla) en el punto de máxima altura del chorro	0.13 m
Sm, dilución en el eje (mínima) en el punto de máxima altura	2.2

Cm, concentración salina en el eje (máxima) en el punto de máxima altura	46.1 psu
Xr, posición horizontal del eje del chorro en el punto de retorno (donde el eje alcanza el nivel de la boquilla)	0.55 m
Sr, dilución en el eje (mínima) en el punto de retorno	4.8
Sr_ave, dilución media en el punto de retorno	8.1
Cr, concentración salina en el eje (máxima) en el punto de retorno	39.5 psu
b_r, radio del chorro en el punto de retorno (C=50%Ceje)	0.37 m
r_r, radio del chorro en el punto de retorno (C=25%Ceje)	0.53 m
R_r, radio del chorro en el punto de retorno (C=6%Ceje)	0.74 m
Xi, posición horizontal del eje en el punto de impacto del chorro con el fondo	1.39 m
Si, dilución en el eje (mínima) en el punto de impacto con el fondo	12.7
Si_ave, dilución media en el punto de impacto con el fondo	21.2
Ci, concentración salina en el eje (máxima) en el punto de impacto con el fondo	35.9 psu

Gráficas de evolución de variables

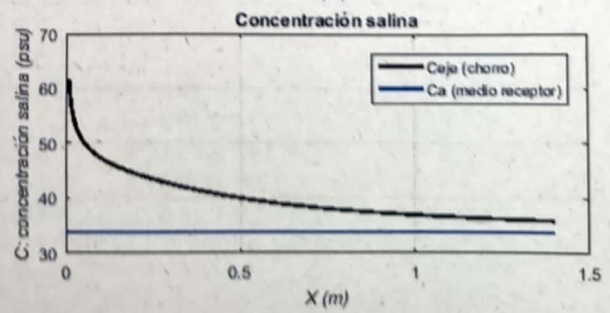
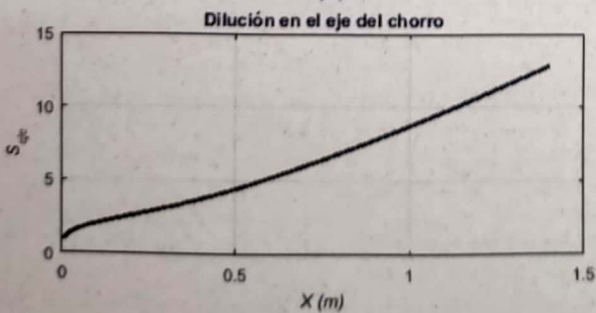
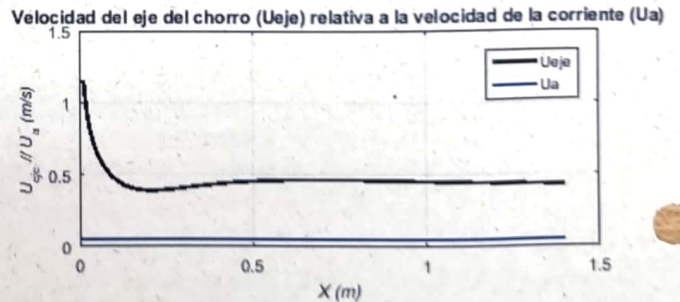
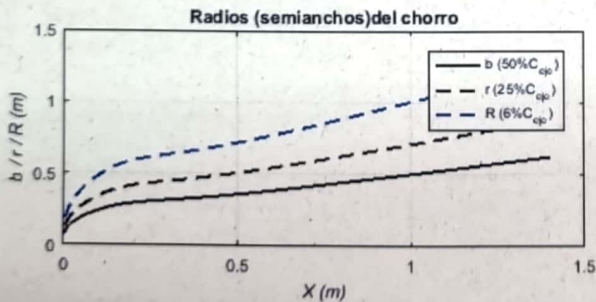
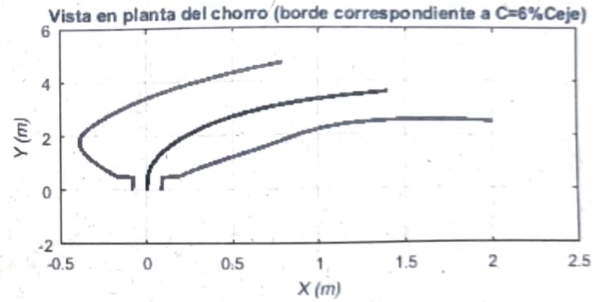
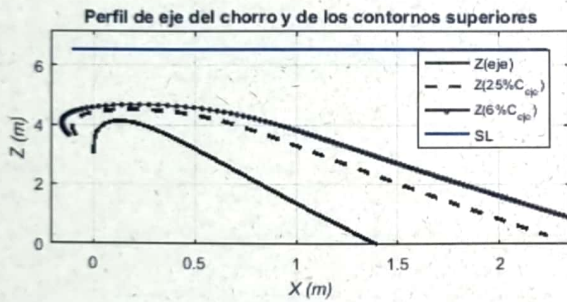


Tabla de resultados numéricos

Xeje	Yeje	Zeje	Seje	Ceje-Ca	Ceje	Save	b	Gp_eje	F_eje	Ueje	theta	sigma
0.00	0.00	3.00	1.00	27.61	61.36	1.00	0.09	-0.18	6.54	1.15	45.00	90.00
0.01	0.63	3.62	1.05	26.38	60.13	1.77	0.11	-0.17	9.07	1.15	42.68	87.77
0.02	0.82	3.79	1.31	21.15	54.90	2.21	0.14	-0.14	6.72	0.94	38.46	85.85
0.04	1.02	3.93	1.56	17.73	51.48	2.63	0.17	-0.12	5.10	0.72	32.14	83.90
0.07	1.24	4.05	1.81	15.28	49.03	3.05	0.21	-0.10	3.94	0.57	22.72	81.88
0.10	1.48	4.12	2.07	13.36	47.11	3.47	0.25	-0.09	3.15	0.46	9.21	79.73
0.15	1.72	4.12	2.34	11.78	45.53	3.93	0.28	-0.08	2.75	0.40	-7.68	77.41
0.21	1.95	4.05	2.64	10.44	44.19	4.42	0.30	-0.07	2.72	0.39	-24.15	74.93
0.27	2.16	3.93	2.97	9.30	43.05	4.97	0.31	-0.06	2.90	0.40	-36.97	72.30
0.33	2.33	3.76	3.32	8.32	42.07	5.56	0.32	-0.05	3.15	0.42	-46.01	69.55
0.39	2.49	3.57	3.70	7.47	41.22	6.19	0.33	-0.05	3.39	0.44	-52.31	66.72
0.45	2.62	3.37	4.10	6.73	40.48	6.87	0.35	-0.04	3.61	0.45	-56.83	63.83
0.51	2.73	3.15	4.54	6.09	39.84	7.60	0.36	-0.04	3.79	0.46	-60.15	60.93
0.57	2.84	2.93	4.99	5.53	39.28	8.37	0.38	-0.04	3.94	0.46	-62.65	58.02
0.63	2.93	2.71	5.48	5.04	38.79	9.18	0.39	-0.03	4.06	0.46	-64.57	55.15
0.70	3.01	2.48	5.99	4.61	38.36	10.03	0.41	-0.03	4.16	0.47	-66.06	52.33
0.76	3.09	2.25	6.52	4.23	37.98	10.93	0.43	-0.03	4.24	0.47	-67.23	49.60
0.82	3.16	2.02	7.08	3.90	37.65	11.86	0.45	-0.03	4.31	0.46	-68.15	46.95
0.89	3.23	1.79	7.66	3.60	37.35	12.83	0.47	-0.02	4.37	0.46	-68.88	44.42
0.95	3.29	1.55	8.26	3.34	37.09	13.84	0.49	-0.02	4.41	0.46	-69.45	42.00
1.02	3.34	1.32	8.89	3.11	36.86	14.89	0.51	-0.02	4.45	0.45	-69.90	39.71
1.08	3.40	1.08	9.54	2.89	36.64	15.97	0.53	-0.02	4.48	0.45	-70.24	37.54
1.15	3.45	0.85	10.21	2.70	36.45	17.09	0.55	-0.02	4.50	0.44	-70.50	35.49
1.22	3.49	0.61	10.91	2.53	36.28	18.25	0.57	-0.02	4.52	0.44	-70.70	33.57
1.29	3.54	0.38	11.63	2.37	36.12	19.45	0.59	-0.02	4.53	0.44	-70.83	31.76
1.36	3.58	0.14	12.37	2.23	35.98	20.68	0.61	-0.01	4.55	0.43	-70.92	30.07

Observaciones:

El modelo ha sido desarrollado por el Instituto de Hidráulica Ambiental.

Para dudas, consultas y más información sobre el modelo: brIHnesupport@ihcantabria.com

Calibración del modelo:

El modelo simula el comportamiento de un vertido en chorro de salmuera resolviendo las ecuaciones de gobierno de acuerdo con la aproximación numérica propuesta en [1]. Esta aproximación consiste en integrar las ecuaciones diferenciales a lo largo de la sección transversal del chorro, resolviendo numéricamente el sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias resultantes.

Por el momento, brIHne-Jet utiliza los coeficientes experimentales propuestos en [1], que son también los que utiliza el modelo CORJET de Cormix, por lo que sus resultados son análogos. Próximamente, brIHne-Jet será recalibrado con datos experimentales obtenidos en el Instituto de Hidráulica Ambiental, mediante técnicas ópticas no intrusivas de anemometría láser, a fin de conseguir un mejor ajuste de sus resultados numéricos con los datos experimentales.

Sección transversal:

El modelo considera que los perfiles transversales de concentración y velocidad del chorro se ajustan a una curva de tipo Gauss.

Variables

$X_{eje}, Y_{eje}, Z_{eje}$: coordenadas cartesianas del eje del chorro.

S_{eje} : dilución en el eje del chorro (dilución mínima en la sección).

$C_{eje} - C_a$: Exceso de concentración salina en el eje del chorro respecto a la salinidad en el medio receptor

C_{eje} : Concentración salina en el eje de chorro (concentración máxima en la sección).

b : semiancho del chorro. Distancia radial para la cual la velocidad es un 37% y la concentración un 50% de su valor en el eje del chorro.

S_{ave} : dilución media en la sección transversal del chorro.

Gp_{eje} : valor de la gravedad reducida en el eje del chorro.

F_{eje} : número de Froude densimétrico, calculado a partir de valores en el eje del chorro.

U_{eje} : velocidad del eje del chorro (relativa a la velocidad de la corriente en el medio receptor).

Theta (θ): ángulo de descarga del chorro con respecto al fondo.

Sigma (σ): ángulo (proyección horizontal) del eje del chorro con respecto a la corriente en el medio receptor.

Punto de máxima altura del chorro:

brIHne-Jet calcula el borde superior del chorro, sumando a las coordenadas del eje en cada punto el correspondiente radio del chorro, proponiendo diferentes valores de radio, a partir de los valores de concentración y velocidad respecto a los valores en el eje. Para obtener el punto de máxima altura del chorro, brIHne-Jet considera para calcular el radio del chorro un valor: $Radio=2b$, que corresponde a la distancia radial desde el eje del chorro, para la cual la concentración es un 6% y la velocidad un 2% de las correspondiente al eje del chorro.

Punto de impacto con la superficie:

brIHne-Jet considera que el chorro impacta con la superficie cuando su borde superior (definido a partir de un radio: $Radio=2b$) impacta en algún punto a la superficie libre del medio receptor.

Punto de impacto con el fondo:

brIHne-Jet distingue entre el punto de retorno y el punto de impacto del chorro con el fondo. El punto de retorno es la posición en la cual el eje del chorro alcanza en su rama descendente el nivel o altura de la boquilla de vertido, mientras que el punto de impacto es la posición donde el eje del chorro alcanza el fondo.

Referencias

- [1] Jirka, G. H. (2004). "Integral model for turbulent buoyant jets in unbounded stratified flows. Part I: The single round jet." Environmental Fluid Mechanics, volume 4, pp. 1-56.

Informe de ejecución brIHne_JET (Versión 1.0) - Proyecto 'Aluar Prueba 1'

Salinidad Rechazo Normal

Parámetros de entrada

Condiciones del medio receptor	Profundidad media en la zona de vertido [H_a (m)]	6.5
	Salinidad [C_a (psu)]	33.75
	Densidad [ρ_a (Kg/m ³)]	1025
	Velocidad de la corriente [U_a (m/s)]	0.15
Características del efluente	Concentración salina [C_o (psu)]	61.36
	Densidad [ρ_o (Kg/m ³)]	1044
	Velocidad de salida del chorro [U_o (m/s)]	1.15
Características del dispositivo de vertido	Diámetro boquilla [d_o (m)]	0.17
	Altura de la boquilla con respecto al fondo [h_o (m)]	3
	Ángulo de inclinación del chorro [θ_o (sexages)]	45
	Ángulo horizontal entre el chorro y la corriente [σ_o (sexages)]	90

Flujos iniciales y escalas de longitud

Q_o , flujo de caudal	0.03 m ³ /s
M_o , flujo de cantidad de movimiento	0.03 m ⁴ /s ²
J_o , flujo de flotabilidad	-0.00 m ⁴ /s ³
Q_{co} , flujo de masa de contaminante	0.72 psu*m ³ /s
LQ, escala de longitud de flujo - caudal	0.15 m
LM, escala de longitud de cantidad de movimiento - flotabilidad	-1.05 m
Lm, escala de longitud de cantidad de movimiento - corriente en medio receptor	1.16 m
Lb, escala de longitud de cantidad de flotabilidad - corriente en medio receptor	-1.41 m
Número de Froude densimétrico, F_o	6.5

Zona de desarrollo de los perfiles autosemejantes

L_e , longitud del eje al final de la zona de desarrollo de perfiles autosemejantes (ZOFE)	0.46 m
x_e , coordenada horizontal al final de la ZOFE	0.01 m
y_e , coordenada lateral al final de la ZOFE	0.33 m
z_e , coordenada vertical al final de la ZOFE	3.33 m
θ_e , ángulo del eje del chorro con la horizontal al final de la ZOFE	44.92 sexag
σ_e , ángulo del eje del chorro con dirección de la corriente en el medio receptor al final de la ZOFE	85.63 sexag
γ_e	86.91 sexag

Principales características del chorro

Z_m , máxima altura del eje del chorro	3.92 m
Z_t , máxima altura del borde superior del chorro, correspondiente al 6% de la concentración en el eje ($C=6\%C_{eje}$)	4.57 m
X_m , posición horizontal del eje (distancia desde la boquilla) en el punto de máxima altura del chorro	0.49 m
S_m , dilución en el eje (mínima) en el punto de máxima altura	3.2

C_m , concentración salina en el eje (máxima) en el punto de máxima altura	42.3 psu
X_r , posición horizontal del eje del chorro en el punto de retorno (donde el eje alcanza el nivel de la boquilla)	2.31 m
S_r , dilución en el eje (mínima) en el punto de retorno	10.8
S_r (ave), dilución media en el punto de retorno	16.2
C_r , concentración salina en el eje (máxima) en el punto de retorno	36.3 psu
b_r , radio del chorro en el punto de retorno ($C=50\%C_{eje}$)	0.57 m
r_r , radio del chorro en el punto de retorno ($C=25\%C_{eje}$)	0.81 m
R_r , radio del chorro en el punto de retorno ($C=6\%C_{eje}$)	1.14 m
X_i , posición horizontal del eje en el punto de impacto del chorro con el fondo	7.71 m
S_i , dilución en el eje (mínima) en el punto de impacto con el fondo	51.5
S_i (ave), dilución media en el punto de impacto con el fondo	75.2
C_i , concentración salina en el eje (máxima) en el punto de impacto con el fondo	34.3 psu

Gráficas de evolución de variables

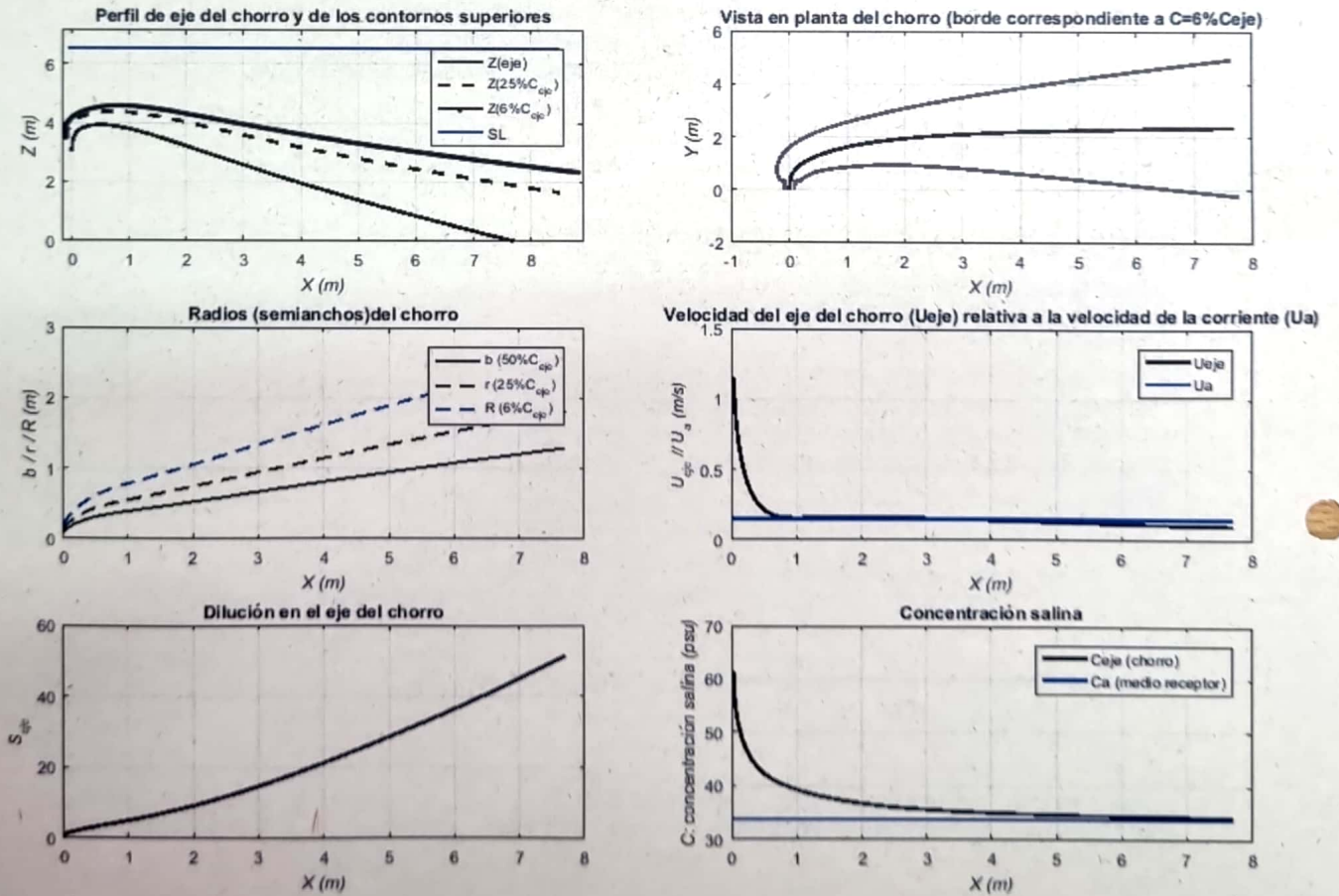


Tabla de resultados numéricos

Xeje	Yeje	Zeje	Seje	Ceje-Ca	Coje	Savo	b	Gp_eje	F_eje	Ueje	theta	sigma
0.00	0.00	3.00	1.00	27.61	61.36	1.00	0.09	-0.18	6.54	1.15	45.00	90.00
0.03	0.47	3.47	1.06	25.97	59.72	1.79	0.11	-0.17	8.82	1.15	42.38	81.72
0.07	0.66	3.63	1.38	19.97	53.72	2.30	0.14	-0.13	6.15	0.85	37.25	73.21
0.14	0.85	3.76	1.78	15.54	49.29	2.90	0.19	-0.10	4.20	0.58	29.24	63.81
0.26	1.05	3.87	2.30	12.01	45.76	3.65	0.24	-0.08	2.76	0.38	18.00	53.90
0.42	1.23	3.92	2.95	9.36	43.11	4.54	0.29	-0.06	1.84	0.25	5.03	44.59
0.61	1.39	3.91	3.65	7.56	41.31	5.50	0.33	-0.05	1.41	0.18	-6.79	36.87
0.81	1.53	3.86	4.36	6.33	40.08	6.52	0.36	-0.04	1.29	0.16	-15.85	30.76
1.02	1.64	3.78	5.09	5.42	39.17	7.59	0.39	-0.04	1.31	0.16	-22.15	25.83
1.23	1.73	3.67	5.86	4.71	38.46	8.75	0.42	-0.03	1.38	0.16	-26.30	21.80
1.44	1.81	3.56	6.69	4.13	37.88	10.00	0.45	-0.03	1.45	0.16	-28.95	18.51
1.65	1.87	3.43	7.58	3.64	37.39	11.33	0.48	-0.02	1.52	0.16	-30.59	15.81
1.85	1.93	3.31	8.53	3.24	36.99	12.76	0.51	-0.02	1.58	0.16	-31.57	13.61
2.06	1.97	3.17	9.53	2.90	36.65	14.26	0.54	-0.02	1.62	0.16	-32.10	11.79
2.27	2.01	3.04	10.60	2.61	36.36	15.85	0.56	-0.02	1.66	0.16	-32.33	10.29
2.48	2.05	2.91	11.72	2.36	36.11	17.51	0.59	-0.02	1.68	0.16	-32.36	9.05
2.68	2.08	2.77	12.89	2.14	35.89	19.25	0.62	-0.01	1.70	0.16	-32.26	8.00
2.89	2.11	2.64	14.11	1.96	35.71	21.06	0.65	-0.01	1.70	0.16	-32.06	7.12
3.10	2.13	2.51	15.39	1.79	35.54	22.94	0.68	-0.01	1.71	0.15	-31.81	6.37
3.32	2.15	2.38	16.71	1.65	35.40	24.88	0.71	-0.01	1.71	0.15	-31.51	5.73
3.53	2.18	2.25	18.08	1.53	35.28	26.89	0.74	-0.01	1.71	0.15	-31.19	5.17
3.74	2.19	2.12	19.50	1.42	35.17	28.97	0.77	-0.01	1.70	0.14	-30.86	4.70
3.96	2.21	1.99	20.96	1.32	35.07	31.10	0.80	-0.01	1.70	0.14	-30.51	4.28
4.17	2.23	1.86	22.46	1.23	34.98	33.29	0.83	-0.01	1.69	0.14	-30.17	3.91
4.39	2.24	1.74	24.01	1.15	34.90	35.54	0.86	-0.01	1.68	0.14	-29.82	3.59
4.60	2.25	1.61	25.59	1.08	34.83	37.85	0.89	-0.01	1.67	0.13	-29.48	3.31
4.82	2.27	1.49	27.21	1.01	34.76	40.21	0.92	-0.01	1.66	0.13	-29.15	3.06
5.04	2.28	1.37	28.88	0.96	34.71	42.62	0.95	-0.01	1.65	0.13	-28.82	2.83
5.26	2.29	1.25	30.58	0.90	34.65	45.09	0.98	-0.01	1.64	0.13	-28.50	2.63
5.48	2.30	1.13	32.31	0.85	34.60	47.60	1.01	-0.01	1.63	0.12	-28.19	2.45
5.70	2.31	1.01	34.08	0.81	34.56	50.16	1.04	-0.01	1.62	0.12	-27.88	2.28
5.92	2.31	0.90	35.89	0.77	34.52	52.77	1.07	-0.01	1.61	0.12	-27.59	2.14
6.14	2.32	0.78	37.72	0.73	34.48	55.43	1.10	0.00	1.59	0.12	-27.30	2.00
6.37	2.33	0.67	39.60	0.70	34.45	58.13	1.13	0.00	1.58	0.11	-27.02	1.88
6.59	2.34	0.56	41.50	0.67	34.42	60.87	1.15	0.00	1.57	0.11	-26.75	1.77
6.81	2.34	0.44	43.43	0.64	34.39	63.66	1.18	0.00	1.56	0.11	-26.49	1.67
7.04	2.35	0.33	45.40	0.61	34.36	66.49	1.21	0.00	1.55	0.11	-26.24	1.57
7.26	2.36	0.22	47.40	0.58	34.33	69.36	1.24	0.00	1.54	0.11	-25.99	1.49
7.48	2.36	0.11	49.42	0.56	34.31	72.28	1.27	0.00	1.53	0.10	-25.75	1.41
7.71	2.37	0.01	51.48	0.54	34.29	75.23	1.29	0.00	1.52	0.10	-25.52	1.33

Observaciones:

El modelo ha sido desarrollado por el Instituto de Hidráulica Ambiental.

Para dudas, consultas y más información sobre el modelo: brHnesupport@ihcantabria.com

Calibración del modelo:

El modelo simula el comportamiento de un vertido en chorro de salmuera resolviendo las ecuaciones de gobierno de acuerdo con la aproximación numérica propuesta en [1]. Esta aproximación consiste en integrar las ecuaciones diferenciales a lo largo de la sección transversal del chorro, resolviendo numéricamente el sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias resultantes.

Por el momento, brIHne-Jet utiliza los coeficientes experimentales propuestos en [1], que son también los que utiliza el modelo CORJET de Cormix, por lo que sus resultados son análogos. Próximamente, brIHne-Jet será recalibrado con datos experimentales obtenidos en el Instituto de Hidráulica Ambiental, mediante técnicas ópticas no intrusivas de anemometría láser, a fin de conseguir un mejor ajuste de sus resultados numéricos con los datos experimentales.

Sección transversal:

El modelo considera que los perfiles transversales de concentración y velocidad del chorro se ajustan a una curva de tipo Gauss.

Variables

$X_{eje}, Y_{eje}, Z_{eje}$: coordenadas cartesianas del eje del chorro.

S_{eje} : dilución en el eje del chorro (dilución mínima en la sección).

$C_{eje} - C_a$: Exceso de concentración salina en el eje del chorro respecto a la salinidad en el medio receptor

C_{eje} : Concentración salina en el eje de chorro (concentración máxima en la sección).

b : semiancho del chorro. Distancia radial para la cual la velocidad es un 37% y la concentración un 50% de su valor en el eje del chorro.

S_{ave} : dilución media en la sección transversal del chorro.

Gp_{eje} : valor de la gravedad reducida en el eje del chorro.

F_{eje} : número de Froude densimétrico, calculado a partir de valores en el eje del chorro.

U_{eje} : velocidad del eje del chorro (relativa a la velocidad de la corriente en el medio receptor).

Theta (θ): ángulo de descarga del chorro con respecto al fondo.

Sigma: ángulo (proyección horizontal) del eje del chorro con respecto a la corriente en el medio receptor.

Punto de máxima altura del chorro:

brIHne-Jet calcula el borde superior del chorro, sumando a las coordenadas del eje en cada punto el correspondiente radio del chorro, proponiendo diferentes valores de radio, a partir de los valores de concentración y velocidad respecto a los valores en el eje. Para obtener el punto de máxima altura del chorro, brIHne-Jet considera para calcular el radio del chorro un valor: $Radio=2b$, que corresponde a la distancia radial desde el eje del chorro, para la cual la concentración es un 6% y la velocidad un 2% de las correspondiente al eje del chorro.

Punto de impacto con la superficie:

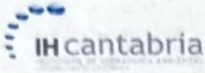
brIHne-Jet considera que el chorro impacta con la superficie cuando su borde superior (definido a partir de un radio: $Radio=2b$) impacta en algún punto a la superficie libre del medio receptor.

Punto de impacto con el fondo:

brIHne-Jet distingue entre el punto de retorno y el punto de impacto del chorro con el fondo. El punto de retorno es la posición en la cual el eje del chorro alcanza en su rama descendente el nivel o altura de la boquilla de vertido, mientras que el punto de impacto es la posición donde el eje del chorro alcanza el fondo.

Referencias

[1] Jirka, G. H. (2004). "Integral model for turbulent buoyant jets in unbounded stratified flows. Part I: The single round jet." Environmental Fluid Mechanics, volume 4, pp. 1-56.



Informe de ejecución brIHne_JET (Versión 1.0) - Proyecto 'Aluar Prueba 1'

Salinidad Rechazo Normal

Parámetros de entrada

Condiciones del medio receptor	Profundidad media en la zona de vertido [H_a (m)]	6.5
	Salinidad [C_a (psu)]	33.75
	Densidad [ρ_a (Kg/m ³)]	1025
	Velocidad de la corriente [U_a (m/s)]	0.075
Características del efluente	Concentración salina [C_o (psu)]	61.36
	Densidad [ρ_o (Kg/m ³)]	1044
	Velocidad de salida del chorro [U_o (m/s)]	1.15
Características del dispositivo de vertido	Diámetro boquilla [d_o (m)]	0.17
	Altura de la boquilla con respecto al fondo [h_o (m)]	3
	Ángulo de inclinación del chorro [θ_o (sexages)]	45
	Ángulo horizontal entre el chorro y la corriente [σ_o (sexages)]	90

Flujos iniciales y escalas de longitud

Q_o , flujo de caudal	0.03 m ³ /s
M_o , flujo de cantidad de movimiento	0.03 m ⁴ /s ²
J_o , flujo de flotabilidad	-0.00 m ⁴ /s ³
Q_{co} , flujo de masa de contaminante	0.72 psu*m ³ /s
LQ , escala de longitud de flujo - caudal	0.15 m
LM , escala de longitud de cantidad de movimiento - flotabilidad	-1.05 m
L_m , escala de longitud de cantidad de movimiento - corriente en medio receptor	2.31 m
L_b , escala de longitud de cantidad de flotabilidad - corriente en medio receptor	-11.25 m
Número de Froude densimétrico, F_o	6.5

Zona de desarrollo de los perfiles autosemejantes

L_e , longitud del eje al final de la zona de desarrollo de perfiles autosemejantes (ZOFE)	0.63 m
x_e , coordenada horizontal al final de la ZOFE	0.01 m
y_e , coordenada lateral al final de la ZOFE	0.45 m
z_e , coordenada vertical al final de la ZOFE	3.45 m
θ_{eae} , ángulo del eje del chorro con la horizontal al final de la ZOFE	44.98 sexag
σ_{eae} , ángulo del eje del chorro con dirección de la corriente en el medio receptor al final de la ZOFE	87.81 sexag
γ_{eae}	88.45 sexag

Principales características del chorro

Z_m , máxima altura del eje del chorro	4.08 m
Z_l , máxima altura del borde superior del chorro, correspondiente al 6% de la concentración en el eje ($C=6\%C_{eje}$)	4.65 m
X_m , posición horizontal del eje (distancia desde la boquilla) en el punto de máxima altura del chorro	0.22 m
S_m , dilución en el eje (mínima) en el punto de máxima altura	2.4

Cm, concentración salina en el eje (máxima) en el punto de máxima altura	45.3 psu
Xr, posición horizontal del eje del chorro en el punto de retorno (donde el eje alcanza el nivel de la boquilla)	0.94 m
Sr, dilución en el eje (mínima) en el punto de retorno	5.8
Sr_ave, dilución media en el punto de retorno	9.5
Cr, concentración salina en el eje (máxima) en el punto de retorno	38.5 psu
b_r, radio del chorro en el punto de retorno (C=50%Ceje)	0.42 m
r_r, radio del chorro en el punto de retorno (C=25%Ceje)	0.59 m
R_r, radio del chorro en el punto de retorno (C=6%Ceje)	0.84 m
Xi, posición horizontal del eje en el punto de impacto del chorro con el fondo	2.55 m
Si, dilución en el eje (mínima) en el punto de impacto con el fondo	17.6
Si_ave, dilución media en el punto de impacto con el fondo	28.7
Ci, concentración salina en el eje (máxima) en el punto de impacto con el fondo	35.3 psu

Cas de evolución de variables

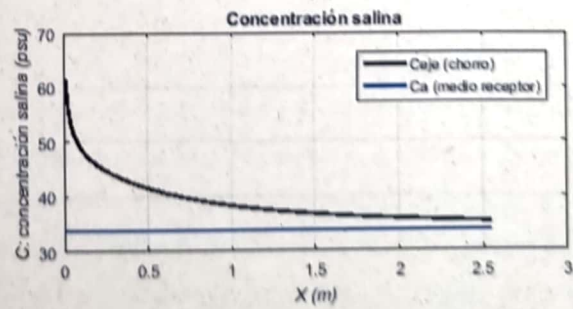
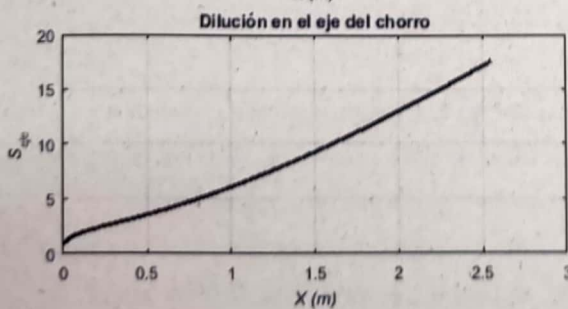
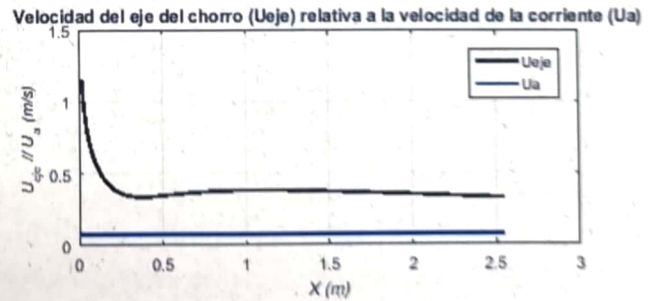
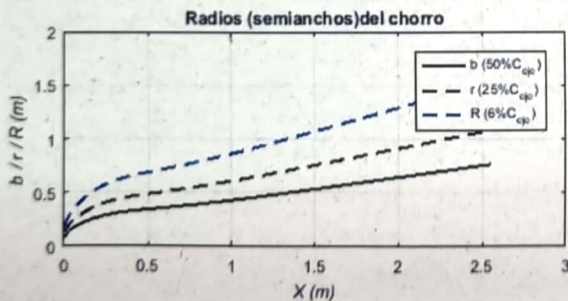
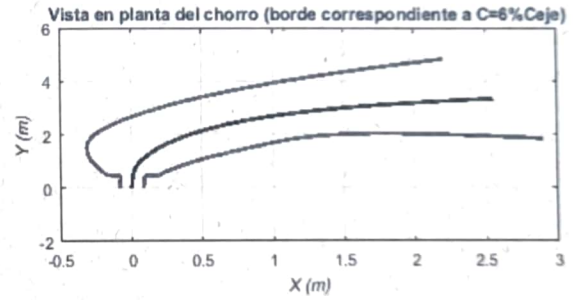
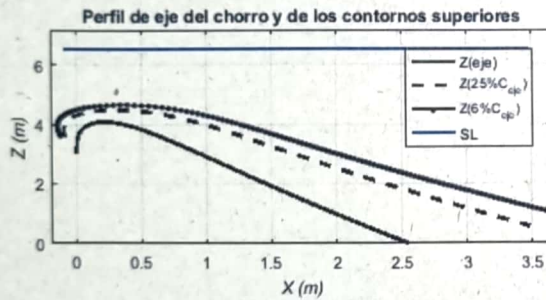


Tabla de resultados numéricos

Xeje	Yeje	Zeje	Seje	Ceje-Ca	Ceje	Save	b	Gp_eje	F_eje	Ueje	theta	sigma
0.00	0.00	3.00	1.00	27.61	61.36	1.00	0.09	-0.18	6.54	1.15	45.00	90.00
0.01	0.59	3.58	1.05	26.32	60.07	1.78	0.11	-0.17	9.04	1.15	42.64	86.46
0.03	0.78	3.75	1.32	20.99	54.74	2.22	0.14	-0.14	6.64	0.92	38.33	83.26
0.06	0.98	3.89	1.58	17.42	51.17	2.67	0.17	-0.11	4.98	0.70	31.84	79.89
0.11	1.20	4.01	1.87	14.78	48.53	3.13	0.21	-0.10	3.77	0.54	22.19	76.29
0.17	1.43	4.07	2.19	12.63	46.38	3.63	0.25	-0.08	2.92	0.42	8.54	72.34
0.26	1.66	4.08	2.55	10.85	44.60	4.19	0.29	-0.07	2.48	0.36	-8.05	68.05
0.35	1.88	4.01	2.94	9.39	43.14	4.82	0.32	-0.06	2.40	0.34	-23.71	63.53
0.46	2.07	3.88	3.37	8.20	41.95	5.52	0.34	-0.05	2.53	0.34	-35.56	58.92
0.56	2.23	3.72	3.82	7.22	40.97	6.27	0.35	-0.05	2.72	0.35	-43.67	54.38
0.67	2.37	3.54	4.32	6.40	40.15	7.08	0.37	-0.04	2.92	0.36	-49.11	50.01
0.77	2.48	3.35	4.84	5.70	39.45	7.95	0.39	-0.04	3.09	0.37	-52.80	45.86
0.88	2.58	3.14	5.41	5.11	38.86	8.88	0.41	-0.03	3.23	0.38	-55.35	42.00
0.99	2.67	2.93	6.00	4.60	38.35	9.86	0.43	-0.03	3.35	0.38	-57.11	38.44
1.09	2.75	2.72	6.64	4.16	37.91	10.90	0.45	-0.03	3.44	0.38	-58.33	35.18
1.20	2.83	2.51	7.30	3.78	37.53	11.99	0.47	-0.02	3.51	0.38	-59.17	32.23
1.31	2.89	2.29	8.00	3.45	37.20	13.14	0.50	-0.02	3.57	0.38	-59.73	29.55
1.42	2.95	2.08	8.74	3.16	36.91	14.34	0.52	-0.02	3.61	0.38	-60.08	27.14
1.53	3.01	1.86	9.51	2.90	36.65	15.59	0.54	-0.02	3.65	0.37	-60.27	24.97
1.64	3.06	1.64	10.32	2.68	36.43	16.90	0.57	-0.02	3.67	0.37	-60.34	23.02
1.76	3.10	1.43	11.16	2.47	36.22	18.27	0.59	-0.02	3.69	0.36	-60.32	21.26
1.87	3.15	1.21	12.04	2.29	36.04	19.69	0.62	-0.02	3.70	0.36	-60.24	19.68
1.99	3.19	0.99	12.95	2.13	35.88	21.16	0.64	-0.01	3.70	0.35	-60.09	18.25
2.11	3.22	0.78	13.90	1.99	35.74	22.69	0.67	-0.01	3.70	0.35	-59.91	16.96
2.23	3.26	0.56	14.88	1.86	35.61	24.28	0.70	-0.01	3.70	0.34	-59.69	15.79
2.35	3.29	0.34	15.90	1.74	35.49	25.92	0.72	-0.01	3.70	0.34	-59.44	14.73
2.48	3.32	0.13	16.95	1.63	35.38	27.61	0.75	-0.01	3.69	0.33	-59.18	13.77

Observaciones:

El modelo ha sido desarrollado por el Instituto de Hidráulica Ambiental.

Para dudas, consultas y más información sobre el modelo: brIHnesupport@ihcantabria.com

Calibración del modelo:

El modelo simula el comportamiento de un vertido en chorro de salmuera resolviendo las ecuaciones de gobierno de acuerdo con la aproximación numérica propuesta en [1]. Esta aproximación consiste en integrar las ecuaciones diferenciales a lo largo de la sección transversal del chorro, resolviendo numéricamente el sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias resultantes.

Por el momento, brIHne-Jet utiliza los coeficientes experimentales propuestos en [1], que son también los que utiliza el modelo CORJET de Cormix, por lo que sus resultados son análogos. Próximamente, brIHne-Jet será recalibrado con datos experimentales obtenidos en el Instituto de Hidráulica Ambiental, mediante técnicas ópticas no intrusivas de anemometría láser, a fin de conseguir un mejor ajuste de sus resultados numéricos con los datos experimentales.

Sección transversal:

El modelo considera que los perfiles transversales de concentración y velocidad del chorro se ajustan a una curva de tipo Gauss.

Variables

X_{eje} , Y_{eje} , Z_{eje} : coordenadas cartesianas del eje del chorro.

S_{eje} : dilución en el eje del chorro (dilución mínima en la sección).

$C_{eje} - C_a$: Exceso de concentración salina en el eje del chorro respecto a la salinidad en el medio receptor

C_{eje} : Concentración salina en el eje de chorro (concentración máxima en la sección).

b : semiancho del chorro. Distancia radial para la cual la velocidad es un 37% y la concentración un 50% de su valor en el eje del chorro.

S_{ave} : dilución media en la sección transversal del chorro.

G_{p-eje} : valor de la gravedad reducida en el eje del chorro.

F_{eje} : número de Froude densimétrico, calculado a partir de valores en el eje del chorro.

U_{eje} : velocidad del eje del chorro (relativa a la velocidad de la corriente en el medio receptor).

θ : ángulo de descarga del chorro con respecto al fondo.

σ : ángulo (proyección horizontal) del eje del chorro con respecto a la corriente en el medio receptor.

Punto de máxima altura del chorro:

brIHne-Jet calcula el borde superior del chorro, sumando a las coordenadas del eje en cada punto el correspondiente radio del chorro, proponiendo diferentes valores de radio, a partir de los valores de concentración y velocidad respecto a los valores en el eje. Para obtener el punto de máxima altura del chorro, brIHne-Jet considera para calcular el radio del chorro un valor: $Radio=2b$, que corresponde a la distancia radial desde el eje del chorro, para la cual la concentración es un 6% y la velocidad un 2% de las correspondiente al eje del chorro.

Punto de impacto con la superficie:

brIHne-Jet considera que el chorro impacta con la superficie cuando su borde superior (definido a partir de un radio: $Radio=2b$) impacta en algún punto a la superficie libre del medio receptor.

Punto de impacto con el fondo:

brIHne-Jet distingue entre el punto de retorno y el punto de impacto del chorro con el fondo. El punto de retorno es la posición en la cual el eje del chorro alcanza en su rama descendente el nivel o altura de la boquilla de vertido, mientras que el punto de impacto es la posición donde el eje del chorro alcanza el fondo.

Referencias

[1] Jirka, G. H. (2004). "Integral model for turbulent buoyant jets in unbounded stratified flows. Part I: The single round jet." Environmental Fluid Mechanics, volume 4, pp. 1-56.

Informe de ejecución brIHne_JET (Versión 1.0) - Proyecto 'Aluar Prueba 1'

Salinidad Rechazo Normal

Parámetros de entrada

Condiciones del medio receptor	Profundidad media en la zona de vertido [Ha (m)]	6.5
	Salinidad [Ca (psu)]	33.75
	Densidad [ρ_a (Kg/m ³)]	1025
	Velocidad de la corriente [Ua (m/s)]	0.1
Características del efluente	Concentración salina [Co (psu)]	61.36
	Densidad [ρ_o (Kg/m ³)]	1044
	Velocidad de salida del chorro [Uo (m/s)]	1.15
Características del dispositivo de vertido	Diámetro boquilla [do (m)]	0.17
	Altura de la boquilla con respecto al fondo [ho (m)]	3
	Ángulo de inclinación del chorro [θ_o (sexages)]	45
	Ángulo horizontal entre el chorro y la corriente [σ_o (sexages)]	135

Flujos iniciales y escalas de longitud

Qo, flujo de caudal	0.03 m ³ /s
Mo, flujo de cantidad de movimiento	0.03 m ⁴ /s ²
Jo, flujo de flotabilidad	-0.00 m ⁴ /s ³
Qco, flujo de masa de contaminante	0.72 psu*m ³ /s
LQ, escala de longitud de flujo - caudal	0.15 m
LM, escala de longitud de cantidad de movimiento - flotabilidad	-1.05 m
Lm, escala de longitud de cantidad de movimiento - corriente en medio receptor	1.73 m
Lb, escala de longitud de cantidad de flotabilidad - corriente en medio receptor	-4.75 m
Número de Froude densimétrico, Fo	6.5

Zona de desarrollo de los perfiles autosemejantes

Le, longitud del eje al final de la zona de desarrollo de perfiles autosemejantes (ZOFE)	0.60 m
xe, coordenada horizontal al final de la ZOFE	-0.29 m
ye, coordenada lateral al final de la ZOFE	0.31 m
ze, coordenada vertical al final de la ZOFE	3.43 m
thetae, ángulo del eje del chorro con la horizontal al final de la ZOFE	46.03 sexag
sigmae, ángulo del eje del chorro con dirección de la corriente en el medio receptor al final de la ZOFE	132.86 sexag
gammae	118.18 sexag

Principales características del chorro

Zm, máxima altura del eje del chorro	4.03 m
Zt, máxima altura del borde superior del chorro, correspondiente al 6% de la concentración en el eje (C=6%Ceje)	4.74 m
Xm, posición horizontal del eje (distancia desde la boquilla) en el punto de máxima altura del chorro	-0.74 m
Sm, dilución en el eje (mínima) en el punto de máxima altura	2.5

Cm, concentración salina en el eje (máxima) en el punto de máxima altura	44.9 psu
Xr, posición horizontal del eje del chorro en el punto de retorno (donde el eje alcanza el nivel de la boquilla)	-0.58 m
Sr, dilución en el eje (mínima) en el punto de retorno	4.8
Sr_ave, dilución media en el punto de retorno	7.9
Cr, concentración salina en el eje (máxima) en el punto de retorno	39.5 psu
b_r, radio del chorro en el punto de retorno (C=50%Ceje)	0.38 m
r_r, radio del chorro en el punto de retorno (C=25%Ceje)	0.53 m
R_r, radio del chorro en el punto de retorno (C=6%Ceje)	0.75 m
Xi, posición horizontal del eje en el punto de impacto del chorro con el fondo	1.08 m
Si, dilución en el eje (mínima) en el punto de impacto con el fondo	16.3
Si_ave, dilución media en el punto de impacto con el fondo	26.1
Ci, concentración salina en el eje (máxima) en el punto de impacto con el fondo	35.4 psu

Gráficas de evolución de variables

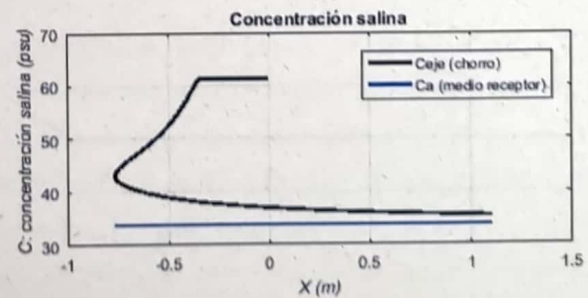
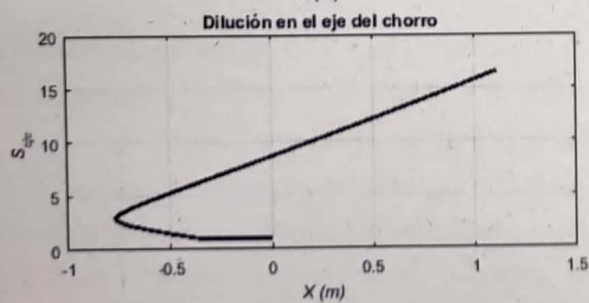
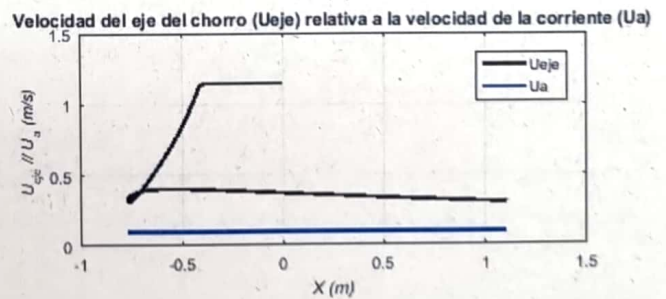
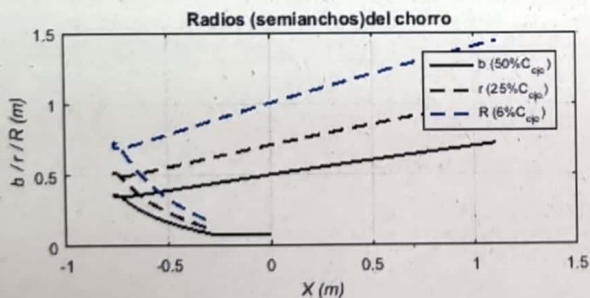
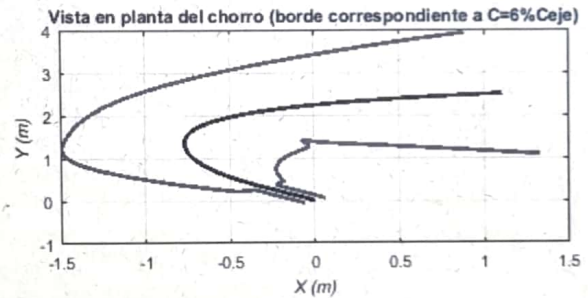
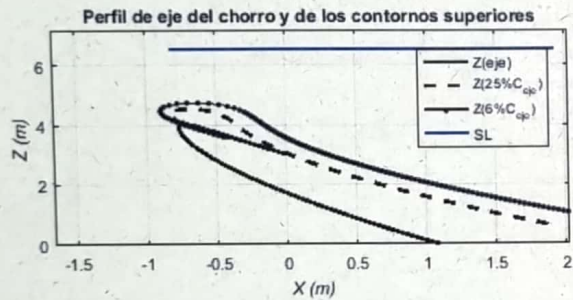


Tabla de resultados numéricos

Xeje	Yeje	Zeje	Seje	Ceje-Ca	Ceje	Save	b	Gp_eje	F_eje	Ueje	theta	sigma
0.00	0.00	3.00	1.00	27.61	61.36	1.00	0.09	-0.18	6.54	1.15	45.00	135.00
-0.39	0.41	3.57	1.11	24.98	58.73	1.91	0.12	-0.16	8.78	1.15	44.59	130.60
-0.50	0.55	3.74	1.47	18.80	52.55	2.55	0.17	-0.12	5.85	0.84	41.58	125.32
-0.60	0.72	3.90	1.84	15.01	48.76	3.23	0.23	-0.10	3.91	0.59	34.29	118.46
-0.70	0.92	4.01	2.23	12.41	46.16	3.93	0.31	-0.08	2.57	0.41	16.57	109.42
-0.75	1.16	4.02	2.65	10.44	44.19	4.58	0.36	-0.07	2.00	0.32	-16.40	98.66
-0.77	1.37	3.89	2.99	9.23	42.98	5.06	0.36	-0.06	2.23	0.33	-41.49	88.57
-0.75	1.54	3.70	3.33	8.30	42.05	5.56	0.35	-0.05	2.62	0.36	-53.41	78.48
-0.71	1.67	3.50	3.72	7.42	41.17	6.18	0.35	-0.05	2.94	0.38	-59.22	68.16
-0.66	1.78	3.28	4.17	6.62	40.37	6.90	0.36	-0.04	3.17	0.40	-62.06	58.41
-0.59	1.87	3.05	4.67	5.92	39.67	7.69	0.37	-0.04	3.34	0.40	-63.29	49.74
-0.51	1.95	2.83	5.21	5.30	39.05	8.56	0.39	-0.03	3.45	0.40	-63.59	42.37
-0.43	2.02	2.61	5.80	4.76	38.51	9.51	0.41	-0.03	3.53	0.40	-63.34	36.24
-0.33	2.08	2.38	6.43	4.29	38.04	10.52	0.43	-0.03	3.57	0.39	-62.78	31.20
-0.23	2.14	2.16	7.11	3.88	37.63	11.60	0.45	-0.03	3.60	0.39	-62.05	27.07
-0.12	2.19	1.94	7.83	3.53	37.28	12.74	0.48	-0.02	3.61	0.38	-61.21	23.66
-0.01	2.24	1.72	8.59	3.21	36.96	13.94	0.50	-0.02	3.60	0.37	-60.33	20.84
0.11	2.28	1.51	9.39	2.94	36.69	15.21	0.52	-0.02	3.59	0.36	-59.43	18.49
0.23	2.32	1.29	10.24	2.70	36.45	16.54	0.55	-0.02	3.58	0.35	-58.54	16.50
0.36	2.35	1.08	11.12	2.48	36.23	17.93	0.58	-0.02	3.56	0.35	-57.66	14.81
0.49	2.39	0.87	12.04	2.29	36.04	19.38	0.60	-0.02	3.53	0.34	-56.80	13.37
0.62	2.42	0.66	13.00	2.12	35.87	20.89	0.63	-0.01	3.51	0.33	-55.97	12.12
0.76	2.45	0.46	14.00	1.97	35.72	22.45	0.66	-0.01	3.48	0.32	-55.17	11.04
0.90	2.47	0.25	15.04	1.84	35.59	24.07	0.68	-0.01	3.45	0.31	-54.39	10.10
1.05	2.50	0.05	16.12	1.71	35.46	25.75	0.71	-0.01	3.42	0.31	-53.65	9.27

Observaciones:

El modelo ha sido desarrollado por el Instituto de Hidráulica Ambiental.

Para dudas, consultas y más información sobre el modelo: brIHnesupport@ihcantabria.com

Calibración del modelo:

El modelo simula el comportamiento de un vertido en chorro de salmuera resolviendo las ecuaciones de gobierno de acuerdo con la aproximación numérica propuesta en [1]. Esta aproximación consiste en integrar las ecuaciones diferenciales a lo largo de la sección transversal del chorro, resolviendo numéricamente el sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias resultantes.

Por el momento, brIHne-Jet utiliza los coeficientes experimentales propuestos en [1], que son también los que utiliza el modelo CORJET de Cormix, por lo que sus resultados son análogos. Próximamente, brIHne-Jet será recalibrado con datos experimentales obtenidos en el Instituto de Hidráulica Ambiental, mediante técnicas ópticas no intrusivas de anemometría láser, a fin de conseguir un mejor ajuste de sus resultados numéricos con los datos experimentales.

Sección transversal:

El modelo considera que los perfiles transversales de concentración y velocidad del chorro se ajustan a una curva de tipo Gauss.

Variables

$X_{eje}, Y_{eje}, Z_{eje}$: coordenadas cartesianas del eje del chorro.

S_{eje} : dilución en el eje del chorro (dilución mínima en la sección).

$C_{eje} - C_a$: Exceso de concentración salina en el eje del chorro respecto a la salinidad en el medio receptor

C_{eje} : Concentración salina en el eje de chorro (concentración máxima en la sección).

b : semiancho del chorro. Distancia radial para la cual la velocidad es un 37% y la concentración un 50% de su valor en el eje del chorro.

S_{ave} : dilución media en la sección transversal del chorro.

G_{p-eje} : valor de la gravedad reducida en el eje del chorro.

F_{eje} : número de Froude densimétrico, calculado a partir de valores en el eje del chorro.

U_{eje} : velocidad del eje del chorro (relativa a la velocidad de la corriente en el medio receptor).

Θ : ángulo de descarga del chorro con respecto al fondo.

Σ : ángulo (proyección horizontal) del eje del chorro con respecto a la corriente en el medio receptor.

Punto de máxima altura del chorro:

brIHne-Jet calcula el borde superior del chorro, sumando a las coordenadas del eje en cada punto el correspondiente radio del chorro, proponiendo diferentes valores de radio, a partir de los valores de concentración y velocidad respecto a los valores en el eje. Para obtener el punto de máxima altura del chorro, brIHne-Jet considera para calcular el radio del chorro un valor: $Radio=2b$, que corresponde a la distancia radial desde el eje del chorro, para la cual la concentración es un 6% y la velocidad un 2% de las correspondiente al eje del chorro.

Punto de impacto con la superficie:

brIHne-Jet considera que el chorro impacta con la superficie cuando su borde superior (definido a partir de un radio: $Radio=2b$) impacta en algún punto a la superficie libre del medio receptor.

Punto de impacto con el fondo:

brIHne-Jet distingue entre el punto de retorno y el punto de impacto del chorro con el fondo. El punto de retorno es la posición en la cual el eje del chorro alcanza en su rama descendente el nivel o altura de la boquilla de vertido, mientras que el punto de impacto es la posición donde el eje del chorro alcanza el fondo.

Referencias

[1] Jirka, G. H. (2004). "Integral model for turbulent buoyant jets in unbounded stratified flows. Part I: The single round jet." Environmental Fluid Mechanics, volume 4, pp. 1-56.

Informe de ejecución brIHne_JET (Versión 1.0) - Proyecto 'Aluar Prueba 1'

Salinidad Rechazo Normal

Parámetros de entrada

Condiciones del medio receptor	Profundidad media en la zona de vertido [H_a (m)]	6.5
	Salinidad [C_a (psu)]	33.75
	Densidad [ρ_a (Kg/m ³)]	1025
	Velocidad de la corriente [U_a (m/s)]	0.05
Características del efluente	Concentración salina [C_o (psu)]	61.36
	Densidad [ρ_o (Kg/m ³)]	1044
	Velocidad de salida del chorro [U_o (m/s)]	1.15
Características del dispositivo de vertido	Diámetro boquilla [d_o (m)]	0.17
	Altura de la boquilla con respecto al fondo [h_o (m)]	3
	Ángulo de inclinación del chorro [θ_o (sexages)]	45
	Ángulo horizontal entre el chorro y la corriente [σ_o (sexages)]	135

Flujos iniciales y escalas de longitud

Q_o , flujo de caudal	0.03 m ³ /s
M_o , flujo de cantidad de movimiento	0.03 m ⁴ /s ²
J_o , flujo de flotabilidad	-0.00 m ⁴ /s ³
Q_{co} , flujo de masa de contaminante	0.72 psu*m ³ /s
L_Q , escala de longitud de flujo - caudal	0.15 m
L_M , escala de longitud de cantidad de movimiento - flotabilidad	-1.05 m
L_m , escala de longitud de cantidad de movimiento - corriente en medio receptor	3.47 m
L_b , escala de longitud de cantidad de flotabilidad - corriente en medio receptor	-37.97 m
Número de Froude densimétrico, F_o	6.5

Zona de desarrollo de los perfiles autosemejantes

L_e , longitud del eje al final de la zona de desarrollo de perfiles autosemejantes (ZOFE)	0.70 m
x_e , coordenada horizontal al final de la ZOFE	-0.35 m
y_e , coordenada lateral al final de la ZOFE	0.35 m
z_e , coordenada vertical al final de la ZOFE	3.50 m
θ_{etae} , ángulo del eje del chorro con la horizontal al final de la ZOFE	45.52 sexag
σ_{mae} , ángulo del eje del chorro con dirección de la corriente en el medio receptor al final de la ZOFE	133.95 sexag
γ_{mae}	119.10 sexag

Principales características del chorro

Z_m , máxima altura del eje del chorro	4.11 m
Z_l , máxima altura del borde superior del chorro, correspondiente al 6% de la concentración en el eje ($C=6\%C_{eje}$)	4.75 m
X_m , posición horizontal del eje (distancia desde la boquilla) en el punto de máxima altura del chorro	-0.98 m
S_m , dilución en el eje (mínima) en el punto de máxima altura	2.4

Cm, concentración salina en el eje (máxima) en el punto de máxima altura	45.4 psu
Xr, posición horizontal del eje del chorro en el punto de retorno (donde el eje alcanza el nivel de la boquilla)	-1.37 m
Sr, dilución en el eje (mínima) en el punto de retorno	4.9
Sr_ave, dilución media en el punto de retorno	8.3
Cr, concentración salina en el eje (máxima) en el punto de retorno	39.4 psu
b_r, radio del chorro en el punto de retorno (C=50%Ceje)	0.39 m
r_r, radio del chorro en el punto de retorno (C=25%Ceje)	0.55 m
R_r, radio del chorro en el punto de retorno (C=6%Ceje)	0.77 m
Xi, posición horizontal del eje en el punto de impacto del chorro con el fondo	-1.18 m
Si, dilución en el eje (mínima) en el punto de impacto con el fondo	11.4
Si_ave, dilución media en el punto de impacto con el fondo	19.2
Ci, concentración salina en el eje (máxima) en el punto de impacto con el fondo	36.2 psu

Gráficas de evolución de variables

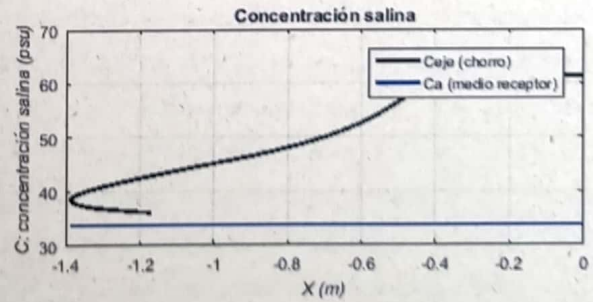
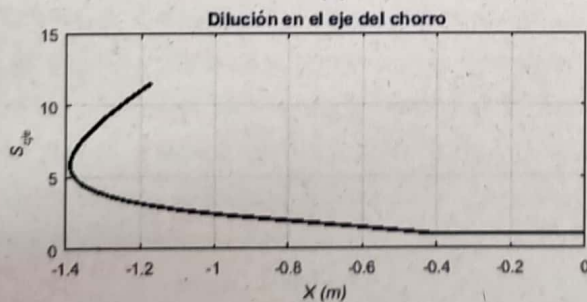
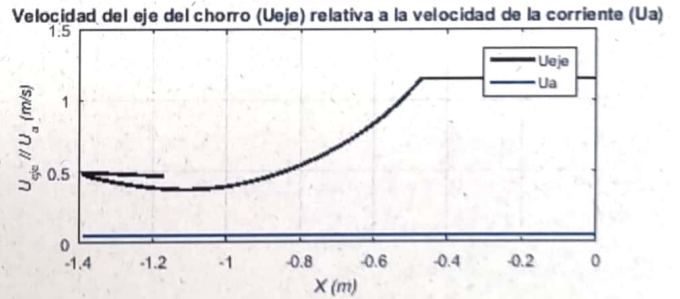
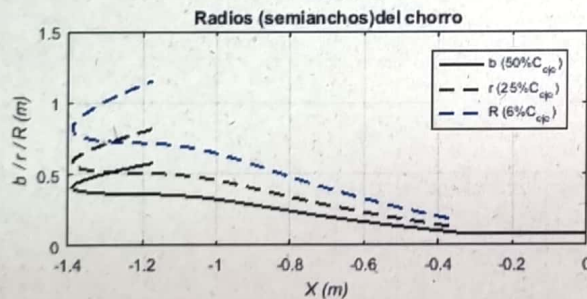
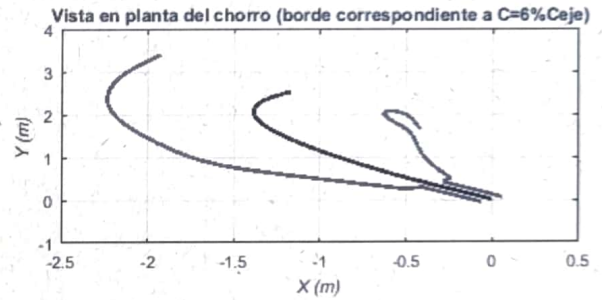
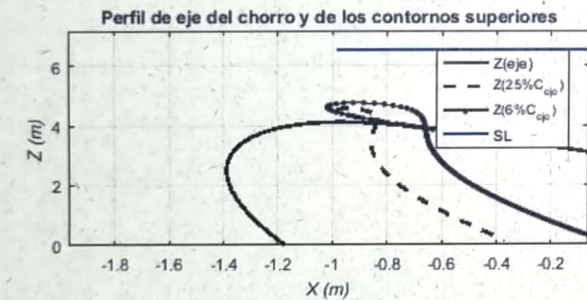


Tabla de resultados numéricos

Xeje	Yeje	Zeje	Seje	Ceje-Ca	Ceje	Save	b	Gp_eje	F_eje	Ueje	theta	sigma
0.00	0.00	3.00	1.00	27.61	61.36	1.00	0.09	-0.18	6.54	1.15	45.00	135.00
-0.44	0.46	3.64	1.08	25.67	59.42	1.84	0.11	-0.17	8.95	1.15	43.49	133.22
-0.57	0.59	3.80	1.39	19.91	53.66	2.38	0.15	-0.13	6.32	0.90	39.67	131.49
-0.70	0.75	3.95	1.70	16.25	50.00	2.93	0.20	-0.11	4.55	0.67	32.80	129.53
-0.84	0.92	4.07	2.02	13.68	47.43	3.52	0.26	-0.09	3.30	0.50	20.13	127.27
-0.98	1.12	4.11	2.37	11.67	45.42	4.16	0.32	-0.08	2.57	0.40	-2.13	124.56
-1.11	1.32	4.04	2.77	9.95	43.70	4.85	0.35	-0.07	2.46	0.37	-28.43	121.35
-1.21	1.49	3.89	3.21	8.61	42.36	5.54	0.36	-0.06	2.71	0.39	-46.60	117.79
-1.28	1.62	3.69	3.63	7.61	41.36	6.22	0.36	-0.05	3.05	0.41	-57.21	113.98
-1.32	1.74	3.47	4.04	6.83	40.58	6.90	0.37	-0.05	3.37	0.44	-63.76	109.90
-1.35	1.83	3.24	4.46	6.20	39.95	7.59	0.38	-0.04	3.65	0.45	-68.13	105.54
-1.37	1.92	3.01	4.88	5.66	39.41	8.29	0.39	-0.04	3.89	0.47	-71.22	100.88
-1.38	1.99	2.77	5.31	5.20	38.95	9.00	0.40	-0.03	4.09	0.48	-73.47	95.97
-1.39	2.06	2.53	5.74	4.81	38.56	9.73	0.41	-0.03	4.26	0.48	-75.15	90.85
-1.39	2.12	2.29	6.19	4.46	38.21	10.49	0.42	-0.03	4.40	0.49	-76.40	85.55
-1.38	2.18	2.05	6.67	4.14	37.89	11.28	0.43	-0.03	4.52	0.49	-77.34	80.07
-1.37	2.23	1.80	7.17	3.85	37.60	12.12	0.45	-0.03	4.61	0.49	-78.02	74.54
-1.35	2.28	1.56	7.69	3.59	37.34	13.00	0.47	-0.02	4.68	0.49	-78.49	69.08
-1.33	2.32	1.31	8.24	3.35	37.10	13.91	0.48	-0.02	4.74	0.49	-78.79	63.79
-1.31	2.37	1.07	8.80	3.14	36.89	14.85	0.50	-0.02	4.78	0.49	-78.96	58.77
-1.28	2.41	0.82	9.39	2.94	36.69	15.83	0.52	-0.02	4.82	0.48	-79.02	54.08
-1.25	2.44	0.58	10.00	2.76	36.51	16.85	0.53	-0.02	4.85	0.48	-78.99	49.74
-1.22	2.48	0.33	10.62	2.60	36.35	17.89	0.55	-0.02	4.87	0.47	-78.90	45.78
-1.19	2.51	0.08	11.27	2.45	36.20	18.97	0.57	-0.02	4.89	0.47	-78.75	42.18

Observaciones:

El modelo ha sido desarrollado por el Instituto de Hidráulica Ambiental.

Para dudas, consultas y más información sobre el modelo: brHnesupport@ihcantabria.com

Calibración del modelo:

El modelo simula el comportamiento de un vertido en chorro de salmuera resolviendo las ecuaciones de gobierno de acuerdo con la aproximación numérica propuesta en [1]. Esta aproximación consiste en integrar las ecuaciones diferenciales a lo largo de la sección transversal del chorro, resolviendo numéricamente el sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias resultantes.

Por el momento, brHne-Jet utiliza los coeficientes experimentales propuestos en [1], que son también los que utiliza el modelo CORJET de Cormix, por lo que sus resultados son análogos. Próximamente, brHne-Jet será recalibrado con datos experimentales obtenidos en el Instituto de Hidráulica Ambiental, mediante técnicas ópticas no intrusivas de anemometría láser, a fin de conseguir un mejor ajuste de sus resultados numéricos con los datos experimentales.

Sección transversal:

El modelo considera que los perfiles transversales de concentración y velocidad del chorro se ajustan a una curva de tipo Gauss.

Variables

$X_{eje}, Y_{eje}, Z_{eje}$ coordenadas cartesianas del eje del chorro.

S_{eje} : dilución en el eje del chorro (dilución mínima en la sección).

$C_{eje}-C_a$: Exceso de concentración salina en el eje del chorro respecto a la salinidad en el medio receptor

C_{eje} : Concentración salina en el eje de chorro (concentración máxima en la sección).

b : semiancho del chorro. Distancia radial para la cual la velocidad es un 37% y la concentración un 50% de su valor en el eje del chorro.

S_{ave} : dilución media en la sección transversal del chorro.

G_{p-eje} : valor de la gravedad reducida en el eje del chorro.

F_{eje} : número de Froude densimétrico, calculado a partir de valores en el eje del chorro.

U_{eje} : velocidad del eje del chorro (relativa a la velocidad de la corriente en el medio receptor).

Θ : ángulo de descarga del chorro con respecto al fondo.

Σ : ángulo (proyección horizontal) del eje del chorro con respecto a la corriente en el medio receptor.

Punto de máxima altura del chorro:

brHne-Jet calcula el borde superior del chorro, sumando a las coordenadas del eje en cada punto el correspondiente radio del chorro, proponiendo diferentes valores de radio, a partir de los valores de concentración y velocidad respecto a los valores en el eje. Para obtener el punto de máxima altura del chorro, brHne-Jet considera para calcular el radio del chorro un valor: $Radio=2b$, que corresponde a la distancia radial desde el eje del chorro, para la cual la concentración es un 6% y la velocidad un 2% de las correspondiente al eje del chorro.

Punto de impacto con la superficie:

brHne-Jet considera que el chorro impacta con la superficie cuando su borde superior (definido a partir de un radio: $Radio=2b$) impacta en algún punto a la superficie libre del medio receptor.

Punto de impacto con el fondo:

brHne-Jet distingue entre el punto de retorno y el punto de impacto del chorro con el fondo. El punto de retorno es la posición en la cual el eje del chorro alcanza en su rama descendente el nivel o altura de la boquilla de vertido, mientras que el punto de impacto es la posición donde el eje del chorro alcanza el fondo.

Referencias

[1] Jirka, G. H. (2004). "Integral model for turbulent buoyant jets in unbounded stratified flows. Part I: The single round jet." Environmental Fluid Mechanics, volume 4, pp. 1-56.

Informe de ejecución brIHne_JET (Versión 1.0) - Proyecto 'Aluar Prueba 1'

Salinidad Rechazo Normal

Parámetros de entrada

Condiciones del medio receptor	Profundidad media en la zona de vertido [H_a (m)]	6.5
	Salinidad [C_a (psu)]	33.75
	Densidad [ρ_a (Kg/m ³)]	1025
	Velocidad de la corriente [U_a (m/s)]	0.15
Características del efluente	Concentración salina [C_o (psu)]	61.36
	Densidad [ρ_o (Kg/m ³)]	1044
	Velocidad de salida del chorro [U_o (m/s)]	1.15
Características del dispositivo de vertido	Diámetro boquilla [d_o (m)]	0.17
	Altura de la boquilla con respecto al fondo [h_o (m)]	3
	Ángulo de inclinación del chorro [θ_o (sexages)]	45
	Ángulo horizontal entre el chorro y la corriente [σ_o (sexages)]	135

Flujos iniciales y escalas de longitud

Q_o , flujo de caudal	0.03 m ³ /s
M_o , flujo de cantidad de movimiento	0.03 m ⁴ /s ²
J_o , flujo de flotabilidad	-0.00 m ⁴ /s ³
Q_{co} , flujo de masa de contaminante	0.72 psu*m ³ /s
L_Q , escala de longitud de flujo - caudal	0.15 m
L_M , escala de longitud de cantidad de movimiento - flotabilidad	-1.05 m
L_m , escala de longitud de cantidad de movimiento - corriente en medio receptor	1.16 m
L_b , escala de longitud de cantidad de flotabilidad - corriente en medio receptor	-1.41 m
Número de Froude densimétrico, F_o	6.5

Zona de desarrollo de los perfiles autosemejantes

L_e , longitud del eje al final de la zona de desarrollo de perfiles autosemejantes (ZOFE)	0.51 m
x_e , coordenada horizontal al final de la ZOFE	-0.24 m
y_e , coordenada lateral al final de la ZOFE	0.26 m
z_e , coordenada vertical al final de la ZOFE	3.36 m
θ_{etae} , ángulo del eje del chorro con la horizontal al final de la ZOFE	46.54 sexag
σ_{mae} , ángulo del eje del chorro con dirección de la corriente en el medio receptor al final de la ZOFE	131.73 sexag
γ_{mae}	117.25 sexag

Principales características del chorro

Z_m , máxima altura del eje del chorro	3.98 m
Z_l , máxima altura del borde superior del chorro, correspondiente al 6% de la concentración en el eje ($C=6\%C_{eje}$)	4.64 m
X_m , posición horizontal del eje (distancia desde la boquilla) en el punto de máxima altura del chorro	-0.47 m
S_m , dilución en el eje (mínima) en el punto de máxima altura	2.5

Cm, concentración salina en el eje (máxima) en el punto de máxima altura	44.6 psu
Xr, posición horizontal del eje del chorro en el punto de retorno (donde el eje alcanza el nivel de la boquilla)	0.56 m
Sr, dilución en el eje (mínima) en el punto de retorno	7.2
Sr_ave, dilución media en el punto de retorno	10.9
Cr, concentración salina en el eje (máxima) en el punto de retorno	37.6 psu
b_r, radio del chorro en el punto de retorno (C=50%Ceje)	0.46 m
r_r, radio del chorro en el punto de retorno (C=25%Ceje)	0.66 m
R_r, radio del chorro en el punto de retorno (C=6%Ceje)	0.93 m
Xi, posición horizontal del eje en el punto de impacto del chorro con el fondo	4.89 m
Si, dilución en el eje (mínima) en el punto de impacto con el fondo	33.4
Si_ave, dilución media en el punto de impacto con el fondo	49.6
Ci, concentración salina en el eje (máxima) en el punto de impacto con el fondo	34.6 psu

Gráficas de evolución de variables

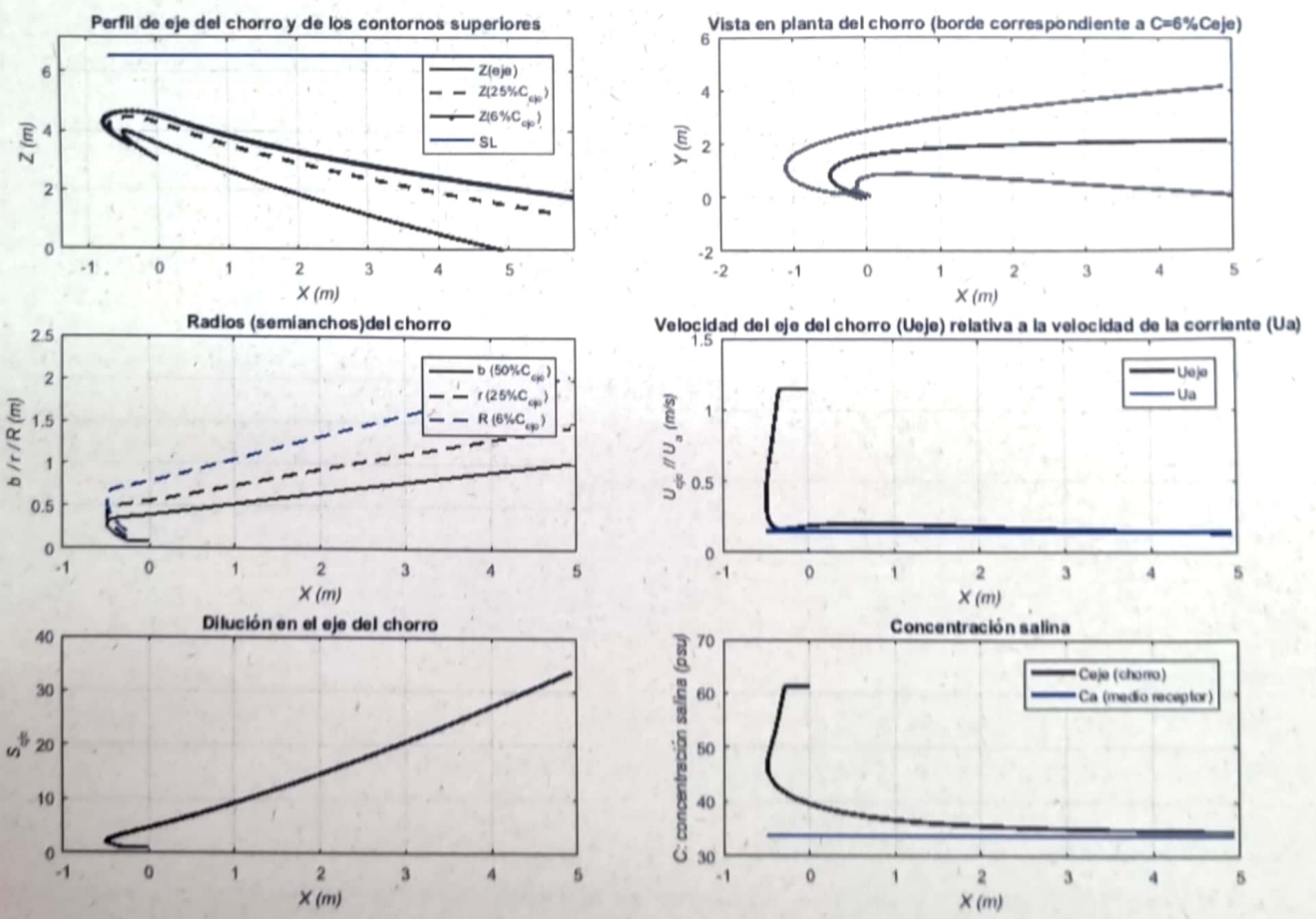


Tabla de resultados numéricos

Xeje	Yeje	Zeje	Seje	Ceje-Ca	Ceje	Save	b	Gp_eje	F_eje	Ueje	theta	sigma
0.00	0.00	3.00	1.00	27.61	61.36	1.00	0.09	-0.18	6.54	1.15	45.00	135.00
-0.33	0.36	3.51	1.13	24.38	58.13	1.97	0.12	-0.16	8.57	1.15	45.97	126.96
-0.43	0.51	3.69	1.54	17.97	51.72	2.68	0.18	-0.12	5.39	0.79	43.98	115.63
-0.48	0.69	3.85	1.92	14.38	48.13	3.33	0.24	-0.09	3.36	0.51	35.93	100.66
-0.49	0.91	3.96	2.25	12.26	46.01	3.75	0.30	-0.08	2.04	0.32	15.58	84.84
-0.43	1.15	3.96	2.77	9.96	43.71	4.33	0.34	-0.07	1.26	0.19	-13.80	66.34
-0.31	1.34	3.86	3.39	8.14	41.89	5.17	0.36	-0.05	1.17	0.16	-31.99	48.83
-0.16	1.48	3.72	4.03	6.85	40.60	6.13	0.37	-0.05	1.34	0.17	-39.07	36.14
0.00	1.58	3.55	4.71	5.87	39.62	7.16	0.39	-0.04	1.52	0.19	-41.52	27.51
0.17	1.65	3.39	5.43	5.08	38.83	8.27	0.41	-0.03	1.66	0.20	-42.12	21.58
0.34	1.72	3.22	6.20	4.45	38.20	9.44	0.44	-0.03	1.77	0.20	-41.94	17.37
0.52	1.77	3.05	7.02	3.93	37.68	10.68	0.46	-0.03	1.85	0.20	-41.40	14.28
0.71	1.81	2.89	7.89	3.50	37.25	11.99	0.48	-0.02	1.91	0.20	-40.72	11.96
0.89	1.84	2.73	8.80	3.14	36.89	13.35	0.51	-0.02	1.95	0.20	-39.97	10.16
1.08	1.88	2.57	9.75	2.83	36.58	14.78	0.54	-0.02	1.98	0.20	-39.21	8.75
1.28	1.90	2.41	10.75	2.57	36.32	16.26	0.56	-0.02	1.99	0.19	-38.46	7.61
1.47	1.93	2.26	11.78	2.34	36.09	17.80	0.59	-0.02	2.00	0.19	-37.74	6.68
1.67	1.95	2.10	12.85	2.15	35.90	19.39	0.62	-0.01	2.01	0.19	-37.04	5.91
1.87	1.97	1.95	13.96	1.98	35.73	21.03	0.64	-0.01	2.01	0.18	-36.38	5.27
2.07	1.99	1.81	15.10	1.83	35.58	22.72	0.67	-0.01	2.01	0.18	-35.75	4.73
2.27	2.00	1.66	16.28	1.70	35.45	24.46	0.69	-0.01	2.00	0.18	-35.15	4.26
2.48	2.02	1.52	17.49	1.58	35.33	26.24	0.72	-0.01	2.00	0.17	-34.59	3.87
2.68	2.03	1.38	18.74	1.47	35.22	28.08	0.75	-0.01	1.99	0.17	-34.05	3.52
2.89	2.04	1.24	20.01	1.38	35.13	29.95	0.77	-0.01	1.98	0.17	-33.53	3.22
3.10	2.05	1.10	21.32	1.30	35.05	31.87	0.80	-0.01	1.97	0.16	-33.05	2.95
3.31	2.06	0.97	22.66	1.22	34.97	33.83	0.83	-0.01	1.96	0.16	-32.58	2.72
3.52	2.07	0.83	24.03	1.15	34.90	35.83	0.85	-0.01	1.95	0.16	-32.14	2.51
3.73	2.08	0.70	25.42	1.09	34.84	37.88	0.88	-0.01	1.94	0.15	-31.72	2.33
3.95	2.09	0.57	26.85	1.03	34.78	39.96	0.90	-0.01	1.93	0.15	-31.32	2.16
4.16	2.10	0.44	28.30	0.98	34.73	42.08	0.93	-0.01	1.92	0.15	-30.93	2.02
4.37	2.11	0.31	29.78	0.93	34.68	44.23	0.95	-0.01	1.90	0.15	-30.56	1.88
4.59	2.11	0.19	31.29	0.88	34.63	46.43	0.98	-0.01	1.89	0.14	-30.21	1.76
4.81	2.12	0.06	32.82	0.84	34.59	48.66	1.00	-0.01	1.88	0.14	-29.87	1.65

Observaciones:

El modelo ha sido desarrollado por el Instituto de Hidráulica Ambiental.

Para dudas, consultas y más información sobre el modelo: brIHnesupport@ihcantabria.com

Calibración del modelo:

El modelo simula el comportamiento de un vertido en chorro de salmuera resolviendo las ecuaciones de gobierno de acuerdo con la aproximación numérica propuesta en [1]. Esta aproximación consiste en integrar las ecuaciones diferenciales a lo largo de la sección transversal del chorro, resolviendo numéricamente el sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias resultantes.

Por el momento, brIHne-Jet utiliza los coeficientes experimentales propuestos en [1], que son también los que utiliza el modelo CORJET de Cormix, por lo que sus resultados son análogos. Próximamente, brIHne-Jet será recalibrado con datos experimentales obtenidos en el Instituto de Hidráulica Ambiental, mediante técnicas ópticas no intrusivas de anemometría láser, a fin de conseguir un mejor ajuste de sus resultados numéricos con los datos experimentales.

Sección transversal:

El modelo considera que los perfiles transversales de concentración y velocidad del chorro se ajustan a una curva de tipo Gauss.

Variables

X_{eje} , Y_{eje} , Z_{eje} : coordenadas cartesianas del eje del chorro.

S_{eje} : dilución en el eje del chorro (dilución mínima en la sección).

$C_{eje} - C_a$: Exceso de concentración salina en el eje del chorro respecto a la salinidad en el medio receptor.

C_{eje} : Concentración salina en el eje de chorro (concentración máxima en la sección).

b : semiancho del chorro. Distancia radial para la cual la velocidad es un 37% y la concentración un 50% de su valor en el eje del chorro.

\bar{S}_{ave} : dilución media en la sección transversal del chorro.

Gp_{eje} : valor de la gravedad reducida en el eje del chorro.

F_{eje} : número de Froude densimétrico, calculado a partir de valores en el eje del chorro.

U_{eje} : velocidad del eje del chorro (relativa a la velocidad de la corriente en el medio receptor).

Θ : ángulo de descarga del chorro con respecto al fondo.

Σ : ángulo (proyección horizontal) del eje del chorro con respecto a la corriente en el medio receptor.

Punto de máxima altura del chorro:

brHne-Jet calcula el borde superior del chorro, sumando a las coordenadas del eje en cada punto el correspondiente radio del chorro, proponiendo diferentes valores de radio, a partir de los valores de concentración y velocidad respecto a los valores en el eje. Para obtener el punto de máxima altura del chorro, brHne-Jet considera para calcular el radio del chorro un valor: $\text{Radio}=2b$, que corresponde a la distancia radial desde el eje del chorro, para la cual la concentración es un 6% y la velocidad un 2% de las correspondiente al eje del chorro.

Punto de impacto con la superficie:

brHne-Jet considera que el chorro impacta con la superficie cuando su borde superior (definido a partir de un radio: $\text{Radio}=2b$) impacta en algún punto a la superficie libre del medio receptor.

Punto de impacto con el fondo:

brHne-Jet distingue entre el punto de retorno y el punto de impacto del chorro con el fondo. El punto de retorno es la posición en la cual el eje del chorro alcanza en su rama descendente el nivel o altura de la boquilla de vertido, mientras que el punto de impacto es la posición donde el eje del chorro alcanza el fondo.

Referencias

[1] Jirka, G. H. (2004). "Integral model for turbulent buoyant jets in unbounded stratified flows. Part I: The single round jet." Environmental Fluid Mechanics, volume 4, pp. 1-56.

Informe de ejecución brHne_JET (Versión 1.0) - Proyecto 'Aluar Prueba 1'

Salinidad Rechazo Normal

Parámetros de entrada

Condiciones del medio receptor	Profundidad media en la zona de vertido [H_a (m)]	6.5
	Salinidad [C_a (psu)]	33.75
	Densidad [ρ_a (Kg/m ³)]	1025
	Velocidad de la corriente [U_a (m/s)]	0.075
Características del efluente	Concentración salina [C_o (psu)]	61.36
	Densidad [ρ_o (Kg/m ³)]	1044
	Velocidad de salida del chorro [U_o (m/s)]	1.15
Características del dispositivo de vertido	Diámetro boquilla [d_o (m)]	0.17
	Altura de la boquilla con respecto al fondo [h_o (m)]	3
	Ángulo de inclinación del chorro [θ_o (sexages)]	45
	Ángulo horizontal entre el chorro y la corriente [σ_o (sexages)]	135

Flujos iniciales y escalas de longitud

Q_o , flujo de caudal	0.03 m ³ /s
M_o , flujo de cantidad de movimiento	0.03 m ⁴ /s ²
J_o , flujo de flotabilidad	-0.00 m ⁴ /s ³
Q_{co} , flujo de masa de contaminante	0.72 psu*m ³ /s
L_Q , escala de longitud de flujo - caudal	0.15 m
L_M , escala de longitud de cantidad de movimiento - flotabilidad	-1.05 m
L_m , escala de longitud de cantidad de movimiento - corriente en medio receptor	2.31 m
L_b , escala de longitud de cantidad de flotabilidad - corriente en medio receptor	-11.25 m
Número de Froude densimétrico, F_o	6.5

Zona de desarrollo de los perfiles autosemejantes

L_e , longitud del eje al final de la zona de desarrollo de perfiles autosemejantes (ZOFE)	0.65 m
x_e , coordenada horizontal al final de la ZOFE	-0.32 m
y_e , coordenada lateral al final de la ZOFE	0.33 m
z_e , coordenada vertical al final de la ZOFE	3.46 m
θ_e , ángulo del eje del chorro con la horizontal al final de la ZOFE	45.77 sexag
σ_e , ángulo del eje del chorro con dirección de la corriente en el medio receptor al final de la ZOFE	133.41 sexag
γ_e	118.64 sexag

Principales características del chorro

Z_m , máxima altura del eje del chorro	4.07 m
Z_l , máxima altura del borde superior del chorro, correspondiente al 6% de la concentración en el eje ($C=6\%C_{eje}$)	4.76 m
X_m , posición horizontal del eje (distancia desde la boquilla) en el punto de máxima altura del chorro	-0.84 m
S_m , dilución en el eje (mínima) en el punto de máxima altura	2.4

Cm, concentración salina en el eje (máxima) en el punto de máxima altura	45.4 psu
Xr, posición horizontal del eje del chorro en el punto de retorno (donde el eje alcanza el nivel de la boquilla)	-0.99 m
Sr, dilución en el eje (mínima) en el punto de retorno	4.7
Sr_ave, dilución media en el punto de retorno	7.9
Cr, concentración salina en el eje (máxima) en el punto de retorno	39.6 psu
b_r, radio del chorro en el punto de retorno (C=50%Ceje)	0.37 m
r_r, radio del chorro en el punto de retorno (C=25%Ceje)	0.53 m
R_r, radio del chorro en el punto de retorno (C=6%Ceje)	0.75 m
Xi, posición horizontal del eje en el punto de impacto del chorro con el fondo	-0.21 m
Si, dilución en el eje (mínima) en el punto de impacto con el fondo	12.6
Si_ave, dilución media en el punto de impacto con el fondo	20.9
Ci, concentración salina en el eje (máxima) en el punto de impacto con el fondo	35.9 psu

Gráficas de evolución de variables

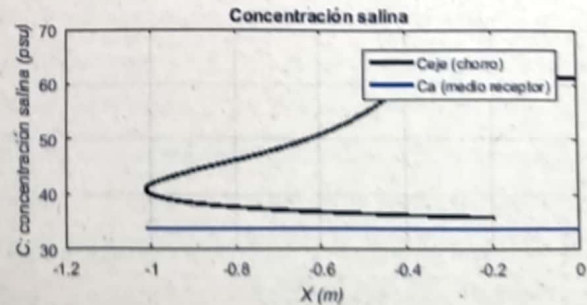
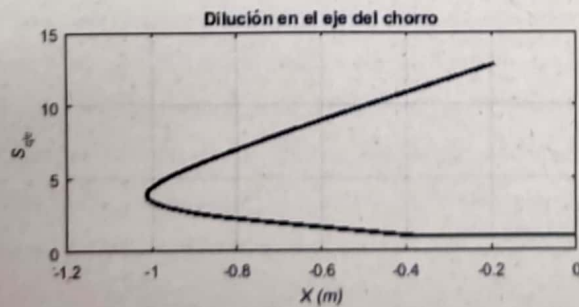
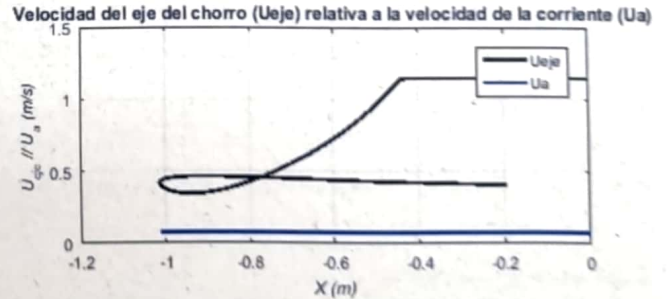
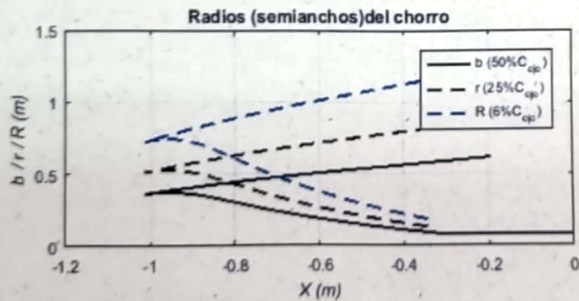
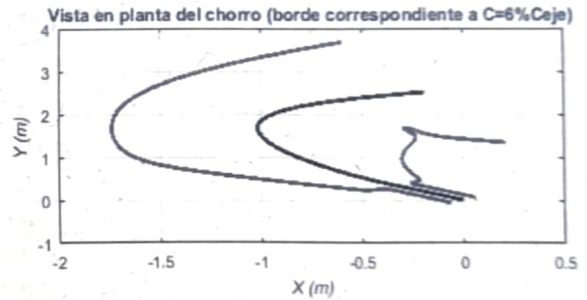
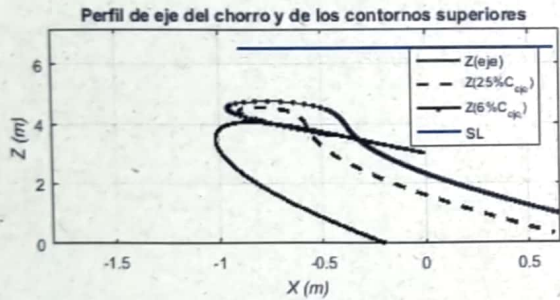


Tabla de resultados numéricos

Xeje	Yeje	Zeje	Seje	Ceje-Ca	Ceje	Save	b	Gp_eje	F_eje	Ueje	theta	sigma
0.00	0.00	3.00	1.00	27.61	61.36	1.00	0.09	-0.18	6.54	1.15	45.00	135.00
-0.42	0.43	3.61	1.09	25.32	59.07	1.87	0.12	-0.17	8.87	1.15	44.00	132.03
-0.54	0.57	3.77	1.43	19.32	53.07	2.47	0.16	-0.13	6.09	0.87	40.53	128.79
-0.66	0.73	3.93	1.77	15.57	49.32	3.09	0.21	-0.10	4.23	0.63	33.44	124.86
-0.77	0.92	4.04	2.13	12.95	46.70	3.77	0.29	-0.09	2.92	0.46	18.38	119.88
-0.89	1.14	4.06	2.54	10.86	44.61	4.50	0.35	-0.07	2.25	0.36	-10.33	113.53
-0.96	1.35	3.95	3.00	9.19	42.94	5.21	0.37	-0.06	2.32	0.35	-38.27	106.31
-1.00	1.52	3.77	3.41	8.10	41.85	5.83	0.37	-0.05	2.69	0.38	-53.37	99.07
-1.01	1.65	3.56	3.77	7.33	41.08	6.39	0.36	-0.05	3.09	0.41	-61.33	91.90
-1.01	1.76	3.34	4.12	6.69	40.44	6.97	0.36	-0.04	3.43	0.43	-65.96	84.64
-1.00	1.85	3.11	4.52	6.11	39.86	7.61	0.37	-0.04	3.69	0.45	-68.80	77.06
-0.97	1.94	2.87	4.95	5.58	39.33	8.32	0.38	-0.04	3.89	0.46	-70.54	69.44
-0.94	2.01	2.64	5.42	5.10	38.85	9.09	0.39	-0.03	4.03	0.46	-71.55	62.10
-0.90	2.08	2.40	5.92	4.67	38.42	9.91	0.41	-0.03	4.14	0.46	-72.05	55.28
-0.85	2.14	2.16	6.45	4.28	38.03	10.78	0.43	-0.03	4.22	0.46	-72.19	49.11
-0.80	2.19	1.92	7.01	3.94	37.69	11.71	0.44	-0.03	4.27	0.46	-72.08	43.66
-0.74	2.24	1.68	7.61	3.63	37.38	12.69	0.46	-0.02	4.31	0.45	-71.80	38.90
-0.68	2.29	1.45	8.24	3.35	37.10	13.71	0.48	-0.02	4.34	0.45	-71.40	34.77
-0.61	2.33	1.21	8.89	3.10	36.85	14.79	0.50	-0.02	4.35	0.44	-70.92	31.21
-0.54	2.37	0.98	9.58	2.88	36.63	15.91	0.53	-0.02	4.36	0.43	-70.39	28.13
-0.46	2.41	0.74	10.30	2.68	36.43	17.08	0.55	-0.02	4.36	0.43	-69.82	25.46
-0.38	2.45	0.51	11.05	2.50	36.25	18.30	0.57	-0.02	4.35	0.42	-69.24	23.14
-0.30	2.48	0.27	11.83	2.33	36.08	19.57	0.59	-0.02	4.34	0.41	-68.65	21.11
-0.21	2.51	0.04	12.63	2.19	35.94	20.88	0.61	-0.01	4.33	0.41	-68.06	19.34

Observaciones:

El modelo ha sido desarrollado por el Instituto de Hidráulica Ambiental.

Para dudas, consultas y más información sobre el modelo: brIHnesupport@ihcantabria.com

Calibración del modelo:

El modelo simula el comportamiento de un vertido en chorro de salmuera resolviendo las ecuaciones de gobierno de acuerdo con la aproximación numérica propuesta en [1]. Esta aproximación consiste en integrar las ecuaciones diferenciales a lo largo de la sección transversal del chorro, resolviendo numéricamente el sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias resultantes.

Por el momento, brIHne-Jet utiliza los coeficientes experimentales propuestos en [1], que son también los que utiliza el modelo CORJET de Cormix, por lo que sus resultados son análogos. Próximamente, brIHne-Jet será recalibrado con datos experimentales obtenidos en el Instituto de Hidráulica Ambiental, mediante técnicas ópticas no intrusivas de anemometría láser, a fin de conseguir un mejor ajuste de sus resultados numéricos con los datos experimentales.

Sección transversal:

El modelo considera que los perfiles transversales de concentración y velocidad del chorro se ajustan a una curva de tipo Gauss.

Variables

$X_{eje}, Y_{eje}, Z_{eje}$: coordenadas cartesianas del eje del chorro.

S_{eje} : dilución en el eje del chorro (dilución mínima en la sección).

$C_{eje}-C_a$: Exceso de concentración salina en el eje del chorro respecto a la salinidad en el medio receptor

C_{eje} : Concentración salina en el eje de chorro (concentración máxima en la sección).

b : semiancho del chorro. Distancia radial para la cual la velocidad es un 37% y la concentración un 50% de su valor en el eje del chorro.

S_{ave} : dilución media en la sección transversal del chorro.

Gp_{eje} : valor de la gravedad reducida en el eje del chorro.

F_{eje} : número de Froude densimétrico, calculado a partir de valores en el eje del chorro.

U_{eje} : velocidad del eje del chorro (relativa a la velocidad de la corriente en el medio receptor).

Theta (θ): ángulo de descarga del chorro con respecto al fondo.

Sigma: ángulo (proyección horizontal) del eje del chorro con respecto a la corriente en el medio receptor.

Punto de máxima altura del chorro:

brHne-Jet calcula el borde superior del chorro, sumando a las coordenadas del eje en cada punto el correspondiente radio del chorro, proponiendo diferentes valores de radio, a partir de los valores de concentración y velocidad respecto a los valores en el eje. Para obtener el punto de máxima altura del chorro, brHne-Jet considera para calcular el radio del chorro un valor: $Radio=2b$, que corresponde a la distancia radial desde el eje del chorro, para la cual la concentración es un 6% y la velocidad un 2% de las correspondiente al eje del chorro.

Punto de impacto con la superficie:

brHne-Jet considera que el chorro impacta con la superficie cuando su borde superior (definido a partir de un radio: $Radio=2b$) impacta en algún punto a la superficie libre del medio receptor.

Punto de impacto con el fondo:

brHne-Jet distingue entre el punto de retorno y el punto de impacto del chorro con el fondo. El punto de retorno es la posición en la cual el eje del chorro alcanza en su rama descendente el nivel o altura de la boquilla de vertido, mientras que el punto de impacto es la posición donde el eje del chorro alcanza el fondo.

Referencias

[1] Jirka, G. H. (2004). "Integral model for turbulent buoyant jets in unbounded stratified flows. Part I: The single round jet." Environmental Fluid Mechanics, volume 4, pp. 1-56.

Informe de ejecución brIHne_JET (Versión 1.0) - Proyecto 'Aluar Prueba 1'

Salinidad Rechazo Normal

Parámetros de entrada

Condiciones del medio receptor	Profundidad media en la zona de vertido [H_a (m)]	6.5
	Salinidad [C_a (psu)]	33.75
	Densidad [ρ_{a_o} (Kg/m ³)]	1025
	Velocidad de la corriente [U_a (m/s)]	0.1
Características del efluente	Concentración salina [C_o (psu)]	61.36
	Densidad [ρ_{o_o} (Kg/m ³)]	1044
	Velocidad de salida del chorro [U_o (m/s)]	1.15
Características del dispositivo de vertido	Diámetro boquilla [d_o (m)]	0.17
	Altura de la boquilla con respecto al fondo [h_o (m)]	3
	Ángulo de inclinación del chorro [θ_{o_o} (sexages)]	45
	Ángulo horizontal entre el chorro y la corriente [σ_{o_o} (sexages)]	315

Flujos iniciales y escalas de longitud

Q_o , flujo de caudal	0.03 m ³ /s
M_o , flujo de cantidad de movimiento	0.03 m ⁴ /s ²
J_o , flujo de flotabilidad	-0.00 m ⁴ /s ³
Q_{co} , flujo de masa de contaminante	0.72 psu*m ³ /s
L_Q , escala de longitud de flujo - caudal	0.15 m
L_M , escala de longitud de cantidad de movimiento - flotabilidad	-1.05 m
L_m , escala de longitud de cantidad de movimiento - corriente en medio receptor	1.73 m
L_b , escala de longitud de cantidad de flotabilidad - corriente en medio receptor	-4.75 m
Número de Froude densimétrico, F_o	6.5

Zona de desarrollo de los perfiles autosemejantes

L_e , longitud del eje al final de la zona de desarrollo de perfiles autosemejantes (ZOFE)	0.60 m
x_e , coordenada horizontal al final de la ZOFE	0.31 m
y_e , coordenada lateral al final de la ZOFE	-0.30 m
z_e , coordenada vertical al final de la ZOFE	3.42 m
θ_{e_a} , ángulo del eje del chorro con la horizontal al final de la ZOFE	43.97 sexag
σ_{e_a} , ángulo del eje del chorro con dirección de la corriente en el medio receptor al final de la ZOFE	316.99 sexag
γ_{e_a}	58.24 sexag

Principales características del chorro

Z_m , máxima altura del eje del chorro	3.99 m
Z_t , máxima altura del borde superior del chorro, correspondiente al 6% de la concentración en el eje ($C=6\%C_{eje}$)	4.61 m
X_m , posición horizontal del eje (distancia desde la boquilla) en el punto de máxima altura del chorro	1.23 m
S_m , dilución en el eje (mínima) en el punto de máxima altura	3.0

C_m , concentración salina en el eje (máxima) en el punto de máxima altura	42.8 psu
X_r , posición horizontal del eje del chorro en el punto de retorno (donde el eje alcanza el nivel de la boquilla)	2.87 m
S_r , dilución en el eje (mínima) en el punto de retorno	8.4
S_r (ave), dilución media en el punto de retorno	13.2
C_r , concentración salina en el eje (máxima) en el punto de retorno	37.0 psu
b_r , radio del chorro en el punto de retorno ($C=50\%C_{eje}$)	0.52 m
r_r , radio del chorro en el punto de retorno ($C=25\%C_{eje}$)	0.73 m
R_r , radio del chorro en el punto de retorno ($C=6\%C_{eje}$)	1.03 m
X_i , posición horizontal del eje en el punto de impacto del chorro con el fondo	5.98 m
S_i , dilución en el eje (mínima) en el punto de impacto con el fondo	30.5
S_i (ave), dilución media en el punto de impacto con el fondo	47.3
C_i , concentración salina en el eje (máxima) en el punto de impacto con el fondo	34.7 psu

Gráficas de evolución de variables

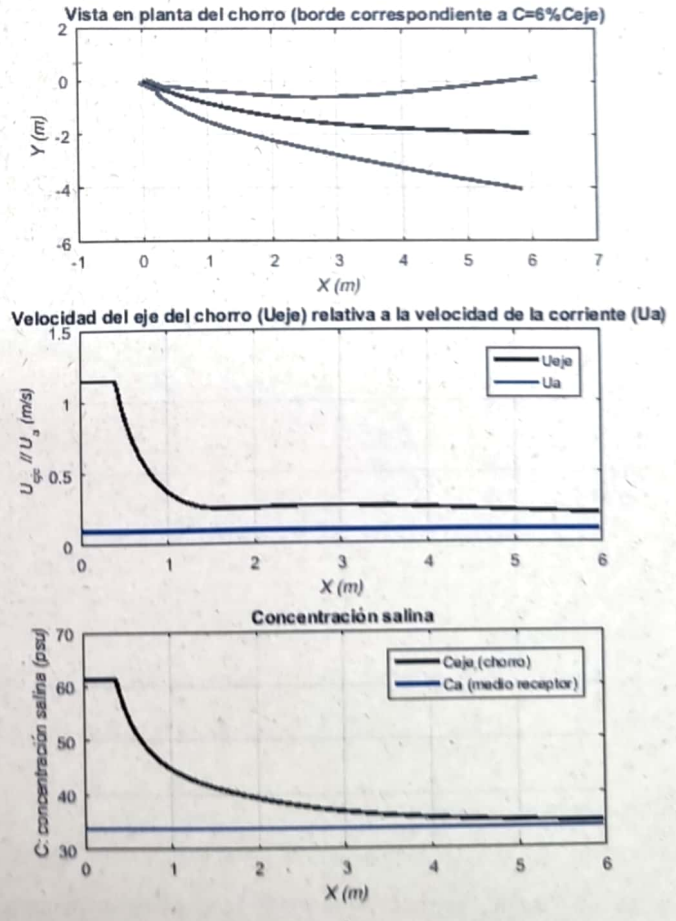
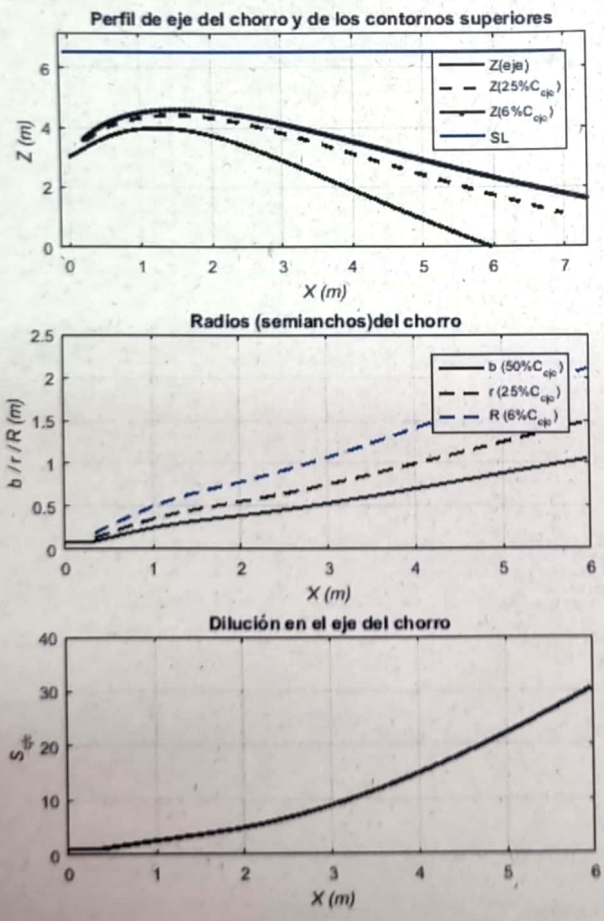


Tabla de resultados numéricos

Xeje	Yeje	Zeje	Seje	Ceje-Ca	Ceje	Save	b	Gp_eje	F_eje	Ueje	theta	sigma
0.00	0.00	3.00	1.00	27.61	61.36	1.00	0.09	-0.18	6.54	1.15	45.00	315.00
0.42	-0.40	3.56	1.12	24.58	58.33	1.86	0.11	-0.16	8.14	1.10	40.75	318.62
0.57	-0.53	3.71	1.50	18.41	52.16	2.46	0.15	-0.12	5.67	0.77	34.63	321.87
0.74	-0.65	3.84	1.91	14.42	48.17	3.10	0.19	-0.09	4.07	0.55	26.64	324.99
0.94	-0.78	3.93	2.37	11.65	45.40	3.78	0.24	-0.08	3.01	0.40	16.78	327.90
1.15	-0.91	3.98	2.85	9.70	43.45	4.47	0.28	-0.06	2.36	0.31	5.60	330.51
1.37	-1.02	3.98	3.33	8.29	42.04	5.19	0.31	-0.05	2.05	0.27	-5.71	332.85
1.59	-1.13	3.93	3.83	7.21	40.96	5.95	0.34	-0.05	1.97	0.25	-15.83	335.05
1.80	-1.23	3.85	4.37	6.32	40.07	6.80	0.37	-0.04	2.02	0.25	-23.99	337.21
2.01	-1.31	3.73	4.96	5.57	39.32	7.74	0.39	-0.04	2.12	0.25	-30.12	339.29
2.21	-1.38	3.60	5.61	4.93	38.68	8.78	0.42	-0.03	2.23	0.26	-34.58	341.25
2.40	-1.44	3.45	6.31	4.38	38.13	9.90	0.44	-0.03	2.34	0.26	-37.79	343.06
2.58	-1.50	3.30	7.06	3.91	37.66	11.10	0.47	-0.03	2.43	0.27	-40.09	344.69
2.77	-1.54	3.13	7.87	3.51	37.26	12.38	0.50	-0.02	2.50	0.27	-41.74	346.16
2.95	-1.59	2.96	8.72	3.17	36.92	13.73	0.53	-0.02	2.56	0.27	-42.90	347.46
3.12	-1.62	2.79	9.63	2.87	36.62	15.16	0.56	-0.02	2.61	0.27	-43.72	348.61
3.30	-1.66	2.62	10.58	2.61	36.36	16.66	0.58	-0.02	2.64	0.26	-44.27	349.64
3.48	-1.69	2.44	11.58	2.38	36.13	18.23	0.61	-0.02	2.67	0.26	-44.63	350.55
3.65	-1.72	2.27	12.63	2.19	35.94	19.87	0.64	-0.01	2.69	0.26	-44.84	351.35
3.83	-1.74	2.09	13.73	2.01	35.76	21.57	0.67	-0.01	2.70	0.26	-44.93	352.07
4.00	-1.77	1.91	14.87	1.86	35.61	23.35	0.70	-0.01	2.71	0.25	-44.93	352.71
4.18	-1.79	1.74	16.06	1.72	35.47	25.20	0.73	-0.01	2.71	0.25	-44.86	353.28
4.35	-1.81	1.56	17.30	1.60	35.35	27.11	0.77	-0.01	2.71	0.24	-44.73	353.80
4.53	-1.83	1.39	18.58	1.49	35.24	29.10	0.80	-0.01	2.71	0.24	-44.56	354.26
4.71	-1.84	1.21	19.91	1.39	35.14	31.15	0.83	-0.01	2.70	0.24	-44.36	354.67
4.89	-1.86	1.04	21.28	1.30	35.05	33.26	0.86	-0.01	2.69	0.23	-44.13	355.04
5.07	-1.87	0.86	22.70	1.22	34.97	35.45	0.89	-0.01	2.68	0.23	-43.88	355.38
5.25	-1.89	0.69	24.17	1.14	34.89	37.69	0.92	-0.01	2.67	0.22	-43.61	355.69
5.43	-1.90	0.52	25.68	1.08	34.83	40.01	0.96	-0.01	2.66	0.22	-43.34	355.97
5.61	-1.91	0.35	27.24	1.01	34.76	42.38	0.99	-0.01	2.65	0.21	-43.05	356.22
5.79	-1.92	0.18	28.84	0.96	34.71	44.82	1.02	-0.01	2.63	0.21	-42.76	356.46
5.98	-1.94	0.01	30.48	0.91	34.66	47.33	1.05	-0.01	2.62	0.21	-42.46	356.67

Observaciones:

El modelo ha sido desarrollado por el Instituto de Hidráulica Ambiental.

Para dudas, consultas y más información sobre el modelo: brIHnesupport@ihcantabria.com

Calibración del modelo:

El modelo simula el comportamiento de un vertido en chorro de salmuera resolviendo las ecuaciones de gobierno de acuerdo con la aproximación numérica propuesta en [1]. Esta aproximación consiste en integrar las ecuaciones diferenciales a lo largo de la sección transversal del chorro, resolviendo numéricamente el sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias resultantes.

Por el momento, brIHne-Jet utiliza los coeficientes experimentales propuestos en [1], que son también los que utiliza el modelo CORJET de Cormix, por lo que sus resultados son análogos. Próximamente, brIHne-Jet será recalibrado con datos experimentales obtenidos en el Instituto de Hidráulica Ambiental, mediante técnicas ópticas no intrusivas de anemometría láser, a fin de conseguir un mejor ajuste de sus resultados numéricos con los datos experimentales.

Sección transversal:

El modelo considera que los perfiles transversales de concentración y velocidad del chorro se ajustan a una curva de tipo Gauss.

Variables

X_{eje} , Y_{eje} , Z_{eje} : coordenadas cartesianas del eje del chorro.

S_{eje} : dilución en el eje del chorro (dilución mínima en la sección).

$C_{eje} - C_a$: Exceso de concentración salina en el eje del chorro respecto a la salinidad en el medio receptor

C_{eje} : Concentración salina en el eje de chorro (concentración máxima en la sección).

b : semiancho del chorro. Distancia radial para la cual la velocidad es un 37% y la concentración un 50% de su valor en el eje del chorro.

S_{ave} : dilución media en la sección transversal del chorro.

ρ_{eje} : valor de la gravedad reducida en el eje del chorro.

F_{eje} : número de Froude densimétrico, calculado a partir de valores en el eje del chorro.

U_{eje} : velocidad del eje del chorro (relativa a la velocidad de la corriente en el medio receptor).

Theta (θ): ángulo de descarga del chorro con respecto al fondo.

Sigma: ángulo (proyección horizontal) del eje del chorro con respecto a la corriente en el medio receptor.

Punto de máxima altura del chorro:

brIHne-Jet calcula el borde superior del chorro, sumando a las coordenadas del eje en cada punto el correspondiente radio del chorro, proponiendo diferentes valores de radio, a partir de los valores de concentración y velocidad respecto a los valores en el eje. Para obtener el punto de máxima altura del chorro, brIHne-Jet considera para calcular el radio del chorro un valor: $Radio=2b$, que corresponde a la distancia radial desde el eje del chorro, para la cual la concentración es un 6% y la velocidad un 2% de las correspondiente al eje del chorro.

Punto de impacto con la superficie:

brIHne-Jet considera que el chorro impacta con la superficie cuando su borde superior (definido a partir de un radio: $Radio=2b$) impacta en algún punto a la superficie libre del medio receptor.

Punto de impacto con el fondo:

brIHne-Jet distingue entre el punto de retorno y el punto de impacto del chorro con el fondo. El punto de retorno es la posición en la cual el eje del chorro alcanza en su rama descendente el nivel o altura de la boquilla de vertido, mientras que el punto de impacto es la posición donde el eje del chorro alcanza el fondo.

Referencias

[1] Jirka, G. H. (2004). "Integral model for turbulent buoyant jets in unbounded stratified flows. Part I: The single round jet." Environmental Fluid Mechanics, volume 4, pp. 1-56.

Informe de ejecución brIHne_JET (Versión 1.0) - Proyecto 'Aluar Prueba 1'

Salinidad Rechazo Normal

Parámetros de entrada

Condiciones del medio receptor	Profundidad media en la zona de vertido [H_a (m)]	6.5
	Salinidad [C_a (psu)]	33.75
	Densidad [ρ_a (Kg/m ³)]	1025
	Velocidad de la corriente [U_a (m/s)]	0.05
Características del efluente	Concentración salina [C_o (psu)]	61.36
	Densidad [ρ_o (Kg/m ³)]	1044
	Velocidad de salida del chorro [U_o (m/s)]	1.15
Características del dispositivo de vertido	Diámetro boquilla [d_o (m)]	0.17
	Altura de la boquilla con respecto al fondo [h_o (m)]	3
	Ángulo de inclinación del chorro [θ_o (sexages)]	45
	Ángulo horizontal entre el chorro y la corriente [σ_o (sexages)]	315

Flujos iniciales y escalas de longitud

Q_o , flujo de caudal	0.03 m ³ /s
M_o , flujo de cantidad de movimiento	0.03 m ⁴ /s ²
J_o , flujo de flotabilidad	-0.00 m ⁴ /s ³
Q_{co} , flujo de masa de contaminante	0.72 psu*m ³ /s
L_Q , escala de longitud de flujo - caudal	0.15 m
L_M , escala de longitud de cantidad de movimiento - flotabilidad	-1.05 m
L_m , escala de longitud de cantidad de movimiento - corriente en medio receptor	3.47 m
L_b , escala de longitud de cantidad de flotabilidad - corriente en medio receptor	-37.97 m
Número de Froude densimétrico, F_o	6.5

Zona de desarrollo de los perfiles autosemejantes

L_e , longitud del eje al final de la zona de desarrollo de perfiles autosemejantes (ZOFE)	0.70 m
x_e , coordenada horizontal al final de la ZOFE	0.36 m
y_e , coordenada lateral al final de la ZOFE	-0.35 m
z_e , coordenada vertical al final de la ZOFE	3.49 m
θ_{eae} , ángulo del eje del chorro con la horizontal al final de la ZOFE	44.48 sexag
σ_{eae} , ángulo del eje del chorro con dirección de la corriente en el medio receptor al final de la ZOFE	316.01 sexag
γ_{eae}	59.11 sexag

Principales características del chorro

Z_m , máxima altura del eje del chorro	4.10 m
Z_t , máxima altura del borde superior del chorro, correspondiente al 6% de la concentración en el eje ($C=6\%C_{eje}$)	4.69 m
X_m , posición horizontal del eje (distancia desde la boquilla) en el punto de máxima altura del chorro	1.24 m
S_m , dilución en el eje (mínima) en el punto de máxima altura	2.6

C_m , concentración salina en el eje (máxima) en el punto de máxima altura	44.3 psu
X_r , posición horizontal del eje del chorro en el punto de retorno (donde el eje alcanza el nivel de la boquilla)	2.39 m
S_r , dilución en el eje (mínima) en el punto de retorno	5.9
S_{r_ave} , dilución media en el punto de retorno	9.7
C_r , concentración salina en el eje (máxima) en el punto de retorno	38.5 psu
b_r , radio del chorro en el punto de retorno ($C=50\%C_{eje}$)	0.42 m
r_r , radio del chorro en el punto de retorno ($C=25\%C_{eje}$)	0.60 m
R_r , radio del chorro en el punto de retorno ($C=6\%C_{eje}$)	0.85 m
X_i , posición horizontal del eje en el punto de impacto del chorro con el fondo	3.79 m
S_i , dilución en el eje (mínima) en el punto de impacto con el fondo	15.4
S_{i_ave} , dilución media en el punto de impacto con el fondo	25.5
C_i , concentración salina en el eje (máxima) en el punto de impacto con el fondo	35.5 psu

Gráficas de evolución de variables

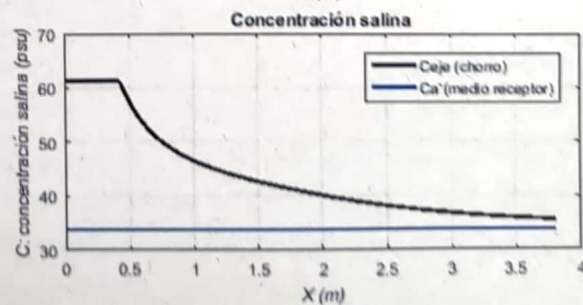
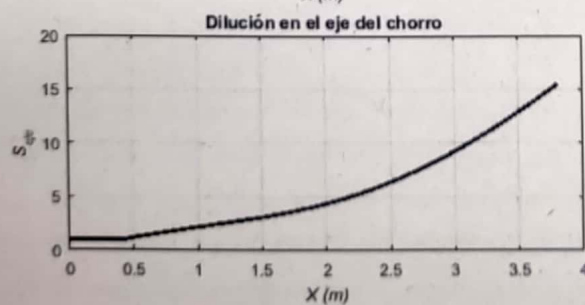
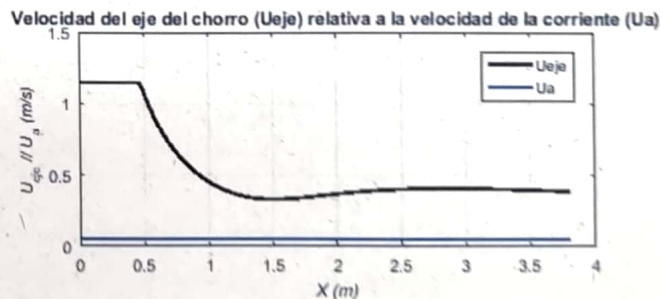
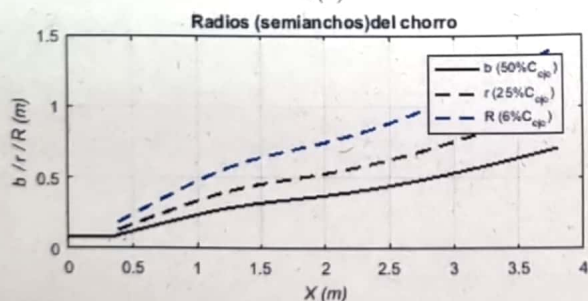
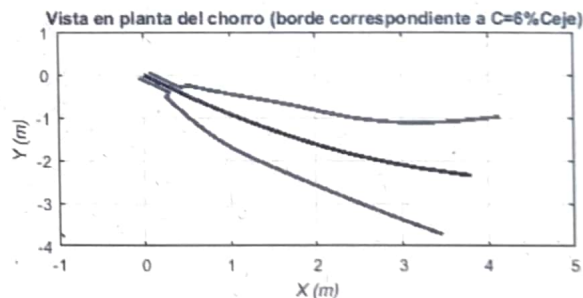
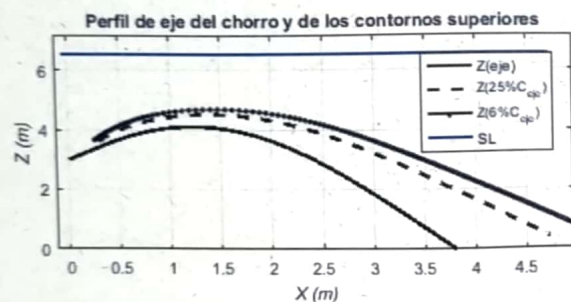


Tabla de resultados numéricos

Xeje	Yeje	Zeje	Seje	Ceje-Ca	Ceje	Save	b	Gp_eje	F_eje	Ueje	theta	sigma
0.00	0.00	3.00	1.00	27.61	61.36	1.00	0.09	-0.18	6.54	1.15	45.00	315.00
0.46	-0.45	3.63	1.08	25.51	59.26	1.82	0.11	-0.17	8.62	1.15	41.86	316.62
0.60	-0.58	3.79	1.39	19.83	53.58	2.33	0.15	-0.13	6.22	0.86	36.90	318.01
0.76	-0.72	3.93	1.71	16.14	49.89	2.84	0.18	-0.11	4.62	0.64	29.91	319.38
0.93	-0.86	4.04	2.05	13.50	47.25	3.37	0.22	-0.09	3.50	0.49	20.17	320.75
1.12	-1.01	4.10	2.40	11.52	45.27	3.92	0.26	-0.08	2.78	0.39	7.33	322.11
1.32	-1.16	4.10	2.76	10.00	43.75	4.49	0.30	-0.07	2.44	0.34	-7.48	323.46
1.51	-1.31	4.03	3.14	8.79	42.54	5.11	0.32	-0.06	2.41	0.33	-21.53	324.85
1.70	-1.43	3.92	3.54	7.80	41.55	5.78	0.34	-0.05	2.55	0.34	-32.76	326.29
1.86	-1.54	3.77	3.97	6.95	40.70	6.51	0.36	-0.05	2.76	0.35	-41.01	327.78
2.02	-1.63	3.59	4.43	6.23	39.98	7.29	0.38	-0.04	2.98	0.37	-46.97	329.26
2.16	-1.72	3.40	4.92	5.61	39.36	8.12	0.39	-0.04	3.18	0.38	-51.32	330.71
2.29	-1.79	3.20	5.44	5.08	38.83	8.99	0.41	-0.03	3.35	0.39	-54.57	332.13
2.42	-1.85	3.00	5.98	4.62	38.37	9.90	0.43	-0.03	3.50	0.40	-57.05	333.49
2.53	-1.91	2.78	6.55	4.22	37.97	10.85	0.45	-0.03	3.63	0.40	-58.98	334.80
2.65	-1.96	2.57	7.14	3.87	37.62	11.84	0.47	-0.03	3.73	0.41	-60.50	336.04
2.76	-2.01	2.35	7.76	3.56	37.31	12.87	0.49	-0.02	3.82	0.41	-61.73	337.23
2.87	-2.05	2.13	8.40	3.29	37.04	13.94	0.51	-0.02	3.90	0.41	-62.71	338.35
2.97	-2.09	1.91	9.06	3.05	36.80	15.04	0.53	-0.02	3.97	0.41	-63.52	339.41
3.08	-2.13	1.68	9.74	2.83	36.58	16.19	0.55	-0.02	4.02	0.41	-64.18	340.42
3.18	-2.17	1.46	10.45	2.64	36.39	17.37	0.57	-0.02	4.07	0.40	-64.72	341.36
3.28	-2.20	1.23	11.19	2.47	36.22	18.58	0.59	-0.02	4.11	0.40	-65.17	342.26
3.38	-2.23	1.00	11.94	2.31	36.06	19.84	0.61	-0.02	4.14	0.40	-65.54	343.10
3.48	-2.26	0.77	12.72	2.17	35.92	21.13	0.63	-0.01	4.17	0.40	-65.84	343.89
3.57	-2.29	0.55	13.52	2.04	35.79	22.46	0.66	-0.01	4.20	0.39	-66.09	344.63
3.67	-2.31	0.32	14.34	1.93	35.68	23.83	0.68	-0.01	4.22	0.39	-66.29	345.33
3.77	-2.34	0.09	15.19	1.82	35.57	25.23	0.70	-0.01	4.24	0.39	-66.45	346.00

Observaciones:

El modelo ha sido desarrollado por el Instituto de Hidráulica Ambiental.

Para dudas, consultas y más información sobre el modelo: brIHnesupport@ihcantabria.com

Calibración del modelo:

El modelo simula el comportamiento de un vertido en chorro de salmuera resolviendo las ecuaciones de gobierno de acuerdo con la aproximación numérica propuesta en [1]. Esta aproximación consiste en integrar las ecuaciones diferenciales a lo largo de la sección transversal del chorro, resolviendo numéricamente el sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias resultantes.

Por el momento, brIHne-Jet utiliza los coeficientes experimentales propuestos en [1], que son también los que utiliza el modelo CORJET de Cormix, por lo que sus resultados son análogos. Próximamente, brIHne-Jet será recalibrado con datos experimentales obtenidos en el Instituto de Hidráulica Ambiental, mediante técnicas ópticas no intrusivas de anemometría láser, a fin de conseguir un mejor ajuste de sus resultados numéricos con los datos experimentales.

Sección transversal:

El modelo considera que los perfiles transversales de concentración y velocidad del chorro se ajustan a una curva de tipo Gauss.

Variables

$X_{eje}, Y_{eje}, Z_{eje}$: coordenadas cartesianas del eje del chorro.

S_{eje} : dilución en el eje del chorro (dilución mínima en la sección).

$C_{eje} - C_a$: Exceso de concentración salina en el eje del chorro respecto a la salinidad en el medio receptor

C_{eje} : Concentración salina en el eje de chorro (concentración máxima en la sección).

b : semiancho del chorro. Distancia radial para la cual la velocidad es un 37% y la concentración un 50% de su valor en el eje del chorro.

S_{ave} : dilución media en la sección transversal del chorro.

G_{p-eje} : valor de la gravedad reducida en el eje del chorro.

F_{-eje} : número de Froude densimétrico, calculado a partir de valores en el eje del chorro.

U_{eje} : velocidad del eje del chorro (relativa a la velocidad de la corriente en el medio receptor).

θ : ángulo de descarga del chorro con respecto al fondo.

σ : ángulo (proyección horizontal) del eje del chorro con respecto a la corriente en el medio receptor.

Punto de máxima altura del chorro:

brIHne-Jet calcula el borde superior del chorro, sumando a las coordenadas del eje en cada punto el correspondiente radio del chorro, proponiendo diferentes valores de radio, a partir de los valores de concentración y velocidad respecto a los valores en el eje. Para obtener el punto de máxima altura del chorro, brIHne-Jet considera para calcular el radio del chorro un valor: $Radio=2b$, que corresponde a la distancia radial desde el eje del chorro, para la cual la concentración es un 6% y la velocidad un 2% de las correspondiente al eje del chorro.

Punto de impacto con la superficie:

brIHne-Jet considera que el chorro impacta con la superficie cuando su borde superior (definido a partir de un radio: $Radio=2b$) impacta en algún punto a la superficie libre del medio receptor.

Punto de impacto con el fondo:

brIHne-Jet distingue entre el punto de retorno y el punto de impacto del chorro con el fondo. El punto de retorno es la posición en la cual el eje del chorro alcanza en su rama descendente el nivel o altura de la boquilla de vertido, mientras que el punto de impacto es la posición donde el eje del chorro alcanza el fondo.

Referencias

[1] Jirka, G. H. (2004). "Integral model for turbulent buoyant jets in unbounded stratified flows. Part I: The single round jet." Environmental Fluid Mechanics, volume 4, pp. 1-56.

Informe de ejecución brIHne_JET (Versión 1.0) - Proyecto 'Aluar Prueba 1'

Salinidad Rechazo Normal

Parámetros de entrada

Condiciones del medio receptor	Profundidad media en la zona de vertido [H_a (m)]	6.5
	Salinidad [C_a (psu)]	33.75
	Densidad [ρ_a (Kg/m ³)]	1025
	Velocidad de la corriente [U_a (m/s)]	0.15
Características del efluente	Concentración salina [C_o (psu)]	61.36
	Densidad [ρ_o (Kg/m ³)]	1044
	Velocidad de salida del chorro [U_o (m/s)]	1.15
Características del dispositivo de vertido	Diámetro boquilla [d_o (m)]	0.17
	Altura de la boquilla con respecto al fondo [h_o (m)]	3
	Ángulo de inclinación del chorro [θ_o (sexages)]	45
	Ángulo horizontal entre el chorro y la corriente [σ_o (sexages)]	315

Flujos iniciales y escalas de longitud

Qo, flujo de caudal	0.03 m ³ /s
Mo, flujo de cantidad de movimiento	0.03 m ⁴ /s ²
Jo, flujo de flotabilidad	-0.00 m ⁴ /s ³
Qco, flujo de masa de contaminante	0.72 psu*m ³ /s
LQ, escala de longitud de flujo - caudal	0.15 m
LM, escala de longitud de cantidad de movimiento - flotabilidad	-1.05 m
Lm, escala de longitud de cantidad de movimiento - corriente en medio receptor	1.16 m
Lb, escala de longitud de cantidad de flotabilidad - corriente en medio receptor	-1.41 m
Número de Froude densimétrico, Fo	6.5

Zona de desarrollo de los perfiles autosemejantes

Le, longitud del eje al final de la zona de desarrollo de perfiles autosemejantes (ZOFE)	0.51 m
xe, coordenada horizontal al final de la ZOFE	0.26 m
ye, coordenada lateral al final de la ZOFE	-0.25 m
ze, coordenada vertical al final de la ZOFE	3.35 m
thetae, ángulo del eje del chorro con la horizontal al final de la ZOFE	43.46 sexag
sigmae, ángulo del eje del chorro con dirección de la corriente en el medio receptor al final de la ZOFE	317.93 sexag
gammae	57.39 sexag

Principales características del chorro

Zm, máxima altura del eje del chorro	3.87 m
Zl, máxima altura del borde superior del chorro, correspondiente al 6% de la concentración en el eje ($C=6\%C_{eje}$)	4.50 m
Xm, posición horizontal del eje (distancia desde la boquilla) en el punto de máxima altura del chorro	1.30 m
Sm, dilución en el eje (mínima) en el punto de máxima altura	3.6

C_m , concentración salina en el eje (máxima) en el punto de máxima altura	41.5 psu
X_r , posición horizontal del eje del chorro en el punto de retorno (donde el eje alcanza el nivel de la boquilla)	3.41 m
S_r , dilución en el eje (mínima) en el punto de retorno	10.8
S_r {ave}, dilución media en el punto de retorno	16.2
C_r , concentración salina en el eje (máxima) en el punto de retorno	36.3 psu
b_r , radio del chorro en el punto de retorno ($C=50\%C_{eje}$)	0.55 m
r_r , radio del chorro en el punto de retorno ($C=25\%C_{eje}$)	0.78 m
R_r , radio del chorro en el punto de retorno ($C=6\%C_{eje}$)	1.11 m
X_i , posición horizontal del eje en el punto de impacto del chorro con el fondo	9.04 m
S_i , dilución en el eje (mínima) en el punto de impacto con el fondo	52.3
S_i {ave}, dilución media en el punto de impacto con el fondo	76.5
C_i , concentración salina en el eje (máxima) en el punto de impacto con el fondo	34.3 psu

Gráficas de evolución de variables

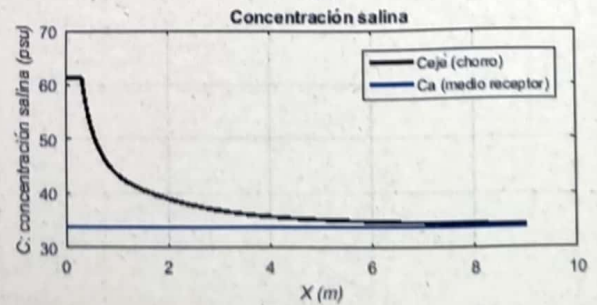
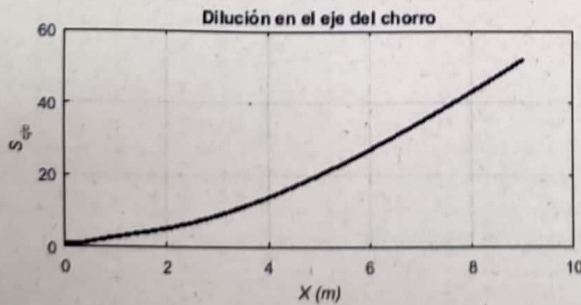
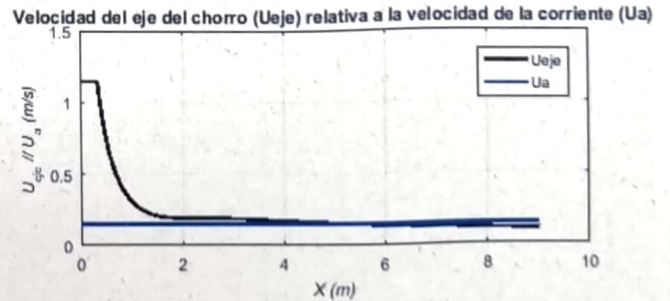
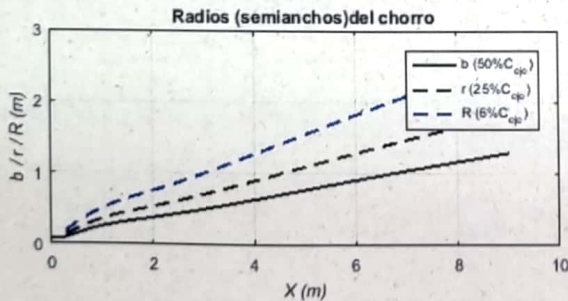
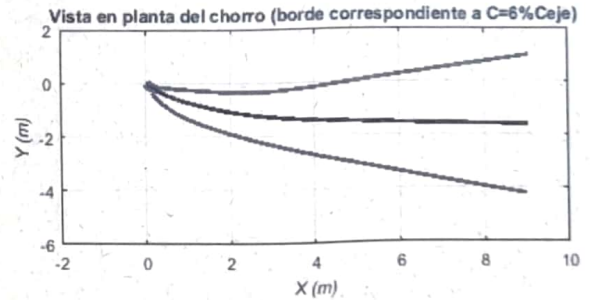
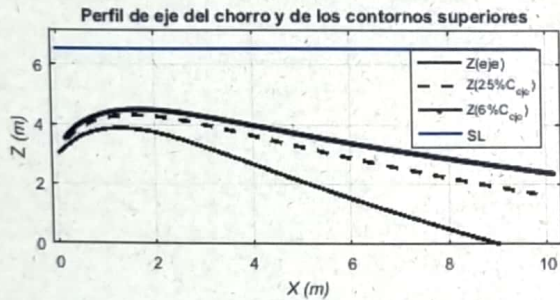


Tabla de resultados numéricos

Xeje	Yeje	Zeje	Seje	Ceje-Ca	Ceje	Save	b	Gp_eje	F_eje	Ueje	theta	sigma
0.00	0.00	3.00	1.00	27.61	61.36	1.00	0.09	-0.18	6.54	1.15	45.00	315.00
0.38	-0.35	3.49	1.17	23.64	57.39	1.92	0.12	-0.16	7.63	1.02	39.38	320.94
0.54	-0.47	3.63	1.62	17.04	50.79	2.61	-0.16	-0.11	5.10	0.68	31.82	326.19
0.73	-0.58	3.75	2.14	12.93	46.68	3.37	0.20	-0.09	3.55	0.46	22.97	330.78
0.94	-0.69	3.83	2.69	10.26	44.01	4.15	0.24	-0.07	2.59	0.33	13.62	334.57
1.16	-0.79	3.87	3.24	8.52	42.27	4.93	0.28	-0.06	2.05	0.26	4.59	337.55
1.40	-0.88	3.87	3.77	7.32	41.07	5.68	0.31	-0.05	1.78	0.22	-3.59	339.93
1.63	-0.96	3.84	4.31	6.41	40.16	6.47	0.33	-0.04	1.67	0.20	-10.60	341.99
1.86	-1.04	3.78	4.89	5.65	39.40	7.33	0.36	-0.04	1.66	0.19	-16.27	343.90
2.09	-1.10	3.70	5.53	5.00	38.75	8.29	0.39	-0.03	1.69	0.19	-20.61	345.68
2.32	-1.15	3.60	6.24	4.43	38.18	9.36	0.41	-0.03	1.73	0.19	-23.80	347.31
2.54	-1.20	3.50	7.01	3.94	37.69	10.54	0.44	-0.03	1.78	0.19	-26.09	348.78
2.76	-1.24	3.39	7.86	3.51	37.26	11.81	0.47	-0.02	1.81	0.19	-27.70	350.08
2.98	-1.27	3.27	8.77	3.15	36.90	13.17	0.50	-0.02	1.84	0.19	-28.80	351.21
3.19	-1.31	3.14	9.74	2.83	36.58	14.63	0.52	-0.02	1.86	0.18	-29.52	352.19
3.41	-1.33	3.02	10.77	2.56	36.31	16.16	0.55	-0.02	1.87	0.18	-29.98	353.04
3.62	-1.36	2.90	11.86	2.33	36.08	17.78	0.58	-0.02	1.87	0.18	-30.23	353.77
3.84	-1.38	2.77	13.00	2.12	35.87	19.47	0.61	-0.01	1.87	0.17	-30.33	354.41
4.05	-1.40	2.64	14.20	1.94	35.69	21.24	0.64	-0.01	1.87	0.17	-30.33	354.96
4.27	-1.42	2.52	15.44	1.79	35.54	23.07	0.67	-0.01	1.86	0.17	-30.25	355.44
4.48	-1.44	2.39	16.74	1.65	35.40	24.98	0.70	-0.01	1.85	0.16	-30.11	355.86
4.70	-1.45	2.27	18.08	1.53	35.28	26.95	0.73	-0.01	1.84	0.16	-29.93	356.23
4.91	-1.46	2.14	19.47	1.42	35.17	28.99	0.76	-0.01	1.83	0.15	-29.71	356.55
5.13	-1.48	2.02	20.90	1.32	35.07	31.08	0.79	-0.01	1.82	0.15	-29.48	356.84
5.35	-1.49	1.90	22.38	1.23	34.98	33.24	0.82	-0.01	1.80	0.15	-29.23	357.09
5.57	-1.50	1.77	23.90	1.16	34.91	35.46	0.85	-0.01	1.79	0.14	-28.97	357.32
5.79	-1.51	1.65	25.46	1.08	34.83	37.73	0.88	-0.01	1.77	0.14	-28.70	357.52
6.00	-1.52	1.53	27.06	1.02	34.77	40.06	0.91	-0.01	1.76	0.14	-28.44	357.70
6.22	-1.53	1.42	28.69	0.96	34.71	42.44	0.94	-0.01	1.75	0.13	-28.17	357.86
6.45	-1.53	1.30	30.37	0.91	34.66	44.87	0.97	-0.01	1.73	0.13	-27.90	358.01
6.67	-1.54	1.18	32.08	0.86	34.61	47.35	1.00	-0.01	1.72	0.13	-27.64	358.14
6.89	-1.55	1.07	33.83	0.82	34.57	49.89	1.03	-0.01	1.70	0.13	-27.38	358.26
7.11	-1.56	0.95	35.62	0.78	34.53	52.47	1.06	-0.01	1.69	0.12	-27.12	358.37
7.33	-1.56	0.84	37.44	0.74	34.49	55.10	1.08	0.00	1.67	0.12	-26.87	358.47
7.56	-1.57	0.73	39.29	0.70	34.45	57.77	1.11	0.00	1.66	0.12	-26.62	358.56
7.78	-1.57	0.61	41.17	0.67	34.42	60.49	1.14	0.00	1.65	0.12	-26.38	358.64
8.00	-1.58	0.50	43.09	0.64	34.39	63.25	1.17	0.00	1.63	0.11	-26.14	358.72
8.23	-1.58	0.39	45.04	0.61	34.36	66.06	1.20	0.00	1.62	0.11	-25.91	358.79
8.45	-1.59	0.28	47.02	0.59	34.34	68.91	1.23	0.00	1.61	0.11	-25.69	358.85
8.68	-1.59	0.18	49.02	0.56	34.31	71.80	1.25	0.00	1.60	0.11	-25.47	358.91
8.90	-1.60	0.07	51.06	0.54	34.29	74.73	1.28	0.00	1.58	0.11	-25.26	358.97

Observaciones:

El modelo ha sido desarrollado por el Instituto de Hidráulica Ambiental.

Para dudas, consultas y más información sobre el modelo: brIHnesupport@ihcantabria.com

Calibración del modelo:

El modelo simula el comportamiento de un vertido en chorro de salmuera resolviendo las ecuaciones de gobierno de acuerdo con la aproximación numérica propuesta en [1]. Esta aproximación consiste en integrar las ecuaciones diferenciales a lo largo de la sección transversal del chorro, resolviendo numéricamente el sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias resultantes.

Por el momento, brHne-Jet utiliza los coeficientes experimentales propuestos en [1], que son también los que utiliza el modelo CORJET de Cormix, por lo que sus resultados son análogos. Próximamente, brHne-Jet será recalibrado con datos experimentales obtenidos en el Instituto de Hidráulica Ambiental, mediante técnicas ópticas no intrusivas de anemometría láser, a fin de conseguir un mejor ajuste de sus resultados numéricos con los datos experimentales.

Sección transversal:

El modelo considera que los perfiles transversales de concentración y velocidad del chorro se ajustan a una curva de tipo Gauss.

Variables

X_{eje} , Y_{eje} , Z_{eje} : coordenadas cartesianas del eje del chorro.

C_{eje} : dilución en el eje del chorro (dilución mínima en la sección).

C'_{eje} , C_a : Exceso de concentración salina en el eje del chorro respecto a la salinidad en el medio receptor

C_{eje} : Concentración salina en el eje de chorro (concentración máxima en la sección).

b : semiancho del chorro. Distancia radial para la cual la velocidad es un 37% y la concentración un 50% de su valor en el eje del chorro.

S_{ave} : dilución media en la sección transversal del chorro.

G_{p-eje} : valor de la gravedad reducida en el eje del chorro.

F_{-eje} : número de Froude densimétrico, calculado a partir de valores en el eje del chorro.

U_{eje} : velocidad del eje del chorro (relativa a la velocidad de la corriente en el medio receptor).

Theta (θ): ángulo de descarga del chorro con respecto al fondo.

Sigma: ángulo (proyección horizontal) del eje del chorro con respecto a la corriente en el medio receptor.

Punto de máxima altura del chorro:

brHne-Jet calcula el borde superior del chorro, sumando a las coordenadas del eje en cada punto el correspondiente radio del chorro, proponiendo diferentes valores de radio, a partir de los valores de concentración y velocidad respecto a los valores en el eje. Para obtener el punto de máxima altura del chorro, brHne-Jet considera para calcular el radio del chorro un valor: $Radio=2b$, que corresponde a la distancia radial desde el eje del chorro, para la cual la concentración es un 6% y la velocidad un 2% de las correspondiente al eje del chorro.

Punto de impacto con la superficie:

brHne-Jet considera que el chorro impacta con la superficie cuando su borde superior (definido a partir de un radio: $Radio=2b$) impacta en algún punto a la superficie libre del medio receptor.

Punto de impacto con el fondo:

brHne-Jet distingue entre el punto de retorno y el punto de impacto del chorro con el fondo. El punto de retorno es la posición en la cual el eje del chorro alcanza en su rama descendente el nivel o altura de la boquilla de vertido, mientras que el punto de impacto es la posición donde el eje del chorro alcanza el fondo.

Referencias

[1] Jirka, G. H. (2004). "Integral model for turbulent buoyant jets in unbounded stratified flows. Part I: The single round jet." Environmental Fluid Mechanics, volume 4, pp. 1-56.

Informe de ejecución brIHne_JET (Versión 1.0) - Proyecto 'Aluar Prueba 1'

Salinidad Rechazo Normal

Parámetros de entrada

Condiciones del medio receptor	Profundidad media en la zona de vertido [Ha (m)]	6.5
	Salinidad [Ca (psu)]	33.75
	Densidad [ρ_a (Kg/m ³)]	1025
	Velocidad de la corriente [Ua (m/s)]	0.075
Características del efluente	Concentración salina [Co (psu)]	61.36
	Densidad [ρ_o (Kg/m ³)]	1044
	Velocidad de salida del chorro [Uo (m/s)]	1.15
Características del dispositivo de vertido	Diámetro boquilla [do (m)]	0.17
	Altura de la boquilla con respecto al fondo [ho (m)]	3
	Ángulo de inclinación del chorro [θ_o (sexages)]	45
	Ángulo horizontal entre el chorro y la corriente [σ_o (sexages)]	315

Flujos iniciales y escalas de longitud

Qo, flujo de caudal	0.03 m ³ /s
Mo, flujo de cantidad de movimiento	0.03 m ⁴ /s ²
Jo, flujo de flotabilidad	-0.00 m ⁴ /s ³
Qco, flujo de masa de contaminante	0.72 psu*m ³ /s
LQ, escala de longitud de flujo - caudal	0.15 m
LM, escala de longitud de cantidad de movimiento - flotabilidad	-1.05 m
Lm, escala de longitud de cantidad de movimiento - corriente en medio receptor	2.31 m
Lb, escala de longitud de cantidad de flotabilidad - corriente en medio receptor	-11.25 m
Número de Froude densimétrico, Fo	6.5

Zona de desarrollo de los perfiles autosemejantes

Le, longitud del eje al final de la zona de desarrollo de perfiles autosemejantes (ZOFE)	0.65 m
xe, coordenada horizontal al final de la ZOFE	0.33 m
ye, coordenada lateral al final de la ZOFE	-0.32 m
ze, coordenada vertical al final de la ZOFE	3.46 m
thetae, ángulo del eje del chorro con la horizontal al final de la ZOFE	44.23 sexag
sigmae, ángulo del eje del chorro con dirección de la corriente en el medio receptor al final de la ZOFE	316.51 sexag
gammae	58.68 sexag

Principales características del chorro

Zm, máxima altura del eje del chorro	4.05 m
Zt, máxima altura del borde superior del chorro, correspondiente al 6% de la concentración en el eje ($C=6\%C_{eje}$)	4.65 m
Xm, posición horizontal del eje (distancia desde la boquilla) en el punto de máxima altura del chorro	1.22 m
Sm, dilución en el eje (mínima) en el punto de máxima altura	2.8

C_m , concentración salina en el eje (máxima) en el punto de máxima altura	43.6 psu
X_r , posición horizontal del eje del chorro en el punto de retorno (donde el eje alcanza el nivel de la boquilla)	2.63 m
S_r , dilución en el eje (mínima) en el punto de retorno	7.1
S_r {ave}, dilución media en el punto de retorno	11.5
C_r , concentración salina en el eje (máxima) en el punto de retorno	37.6 psu
b_r , radio del chorro en el punto de retorno ($C=50\%C_{eje}$)	0.48 m
r_r , radio del chorro en el punto de retorno ($C=25\%C_{eje}$)	0.67 m
R_r , radio del chorro en el punto de retorno ($C=6\%C_{eje}$)	0.95 m
X_i , posición horizontal del eje en el punto de impacto del chorro con el fondo	4.74 m
S_i , dilución en el eje (mínima) en el punto de impacto con el fondo	21.3
S_i {ave}, dilución media en el punto de impacto con el fondo	34.4
C_i , concentración salina en el eje (máxima) en el punto de impacto con el fondo	35.0 psu

Gráficas de evolución de variables

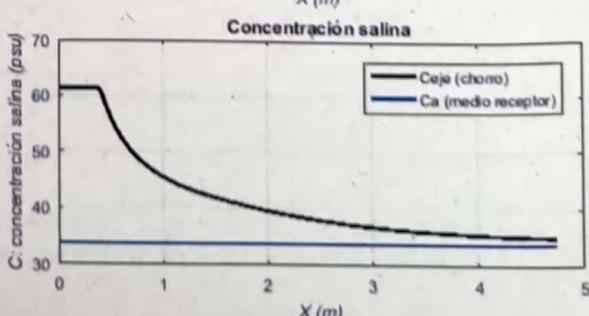
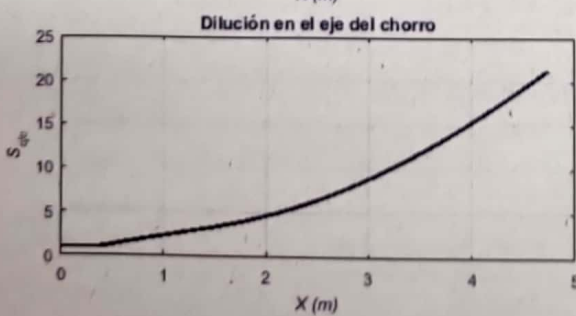
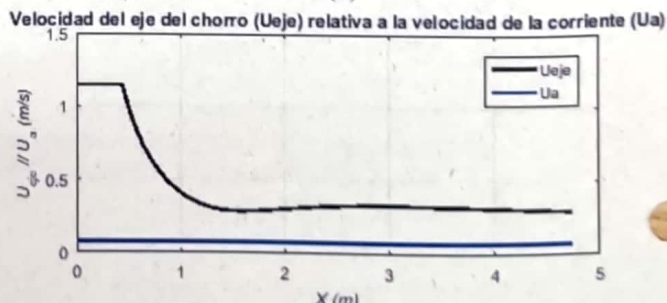
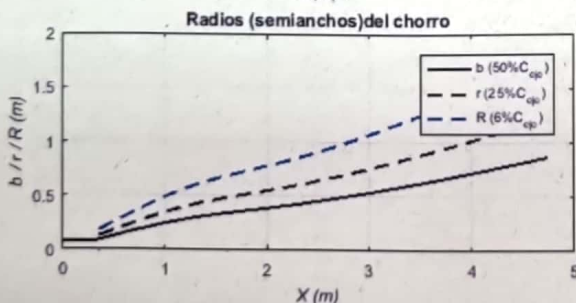
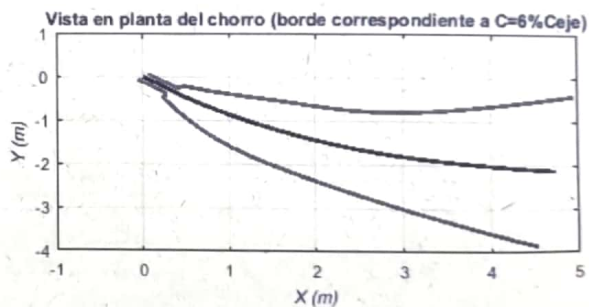
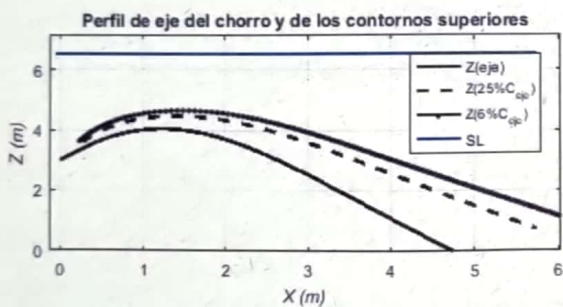


Tabla de resultados numéricos

Xeje	Yeje	Zeje	Seje	Ceje-Ca	Ceje	Save	b	Gp_eje	F_eje	Ueje	theta	sigma
0.00	0.00	3.00	1.00	27.61	61.36	1.00	0.09	-0.18	6.54	1.15	45.00	315.00
0.44	-0.42	3.60	1.10	25.04	58.79	1.84	0.11	-0.16	8.38	1.14	41.34	317.58
0.59	-0.55	3.75	1.44	19.12	52.87	2.39	0.15	-0.13	5.95	0.81	35.84	319.85
0.75	-0.69	3.89	1.81	15.26	49.01	2.97	0.19	-0.10	4.34	0.60	28.36	322.09
0.93	-0.82	3.99	2.20	12.53	46.28	3.57	0.23	-0.08	3.25	0.45	18.49	324.27
1.13	-0.96	4.04	2.62	10.53	44.28	4.20	0.27	-0.07	2.56	0.35	6.37	326.36
1.34	-1.10	4.04	3.05	9.04	42.79	4.86	0.31	-0.06	2.23	0.30	-6.74	328.33
1.55	-1.22	3.98	3.50	7.89	41.64	5.56	0.34	-0.05	2.17	0.29	-18.82	330.28
1.75	-1.33	3.88	3.98	6.94	40.69	6.34	0.36	-0.05	2.27	0.29	-28.54	332.25
1.94	-1.43	3.75	4.50	6.14	39.89	7.20	0.38	-0.04	2.42	0.30	-35.78	334.20
2.12	-1.51	3.59	5.06	5.46	39.21	8.13	0.40	-0.04	2.58	0.31	-41.03	336.10
2.29	-1.58	3.42	5.66	4.88	38.63	9.12	0.43	-0.03	2.73	0.32	-44.84	337.89
2.45	-1.64	3.24	6.30	4.38	38.13	10.17	0.45	-0.03	2.87	0.33	-47.63	339.55
2.60	-1.70	3.05	6.98	3.96	37.71	11.28	0.47	-0.03	2.98	0.33	-49.70	341.09
2.75	-1.75	2.86	7.69	3.59	37.34	12.45	0.49	-0.02	3.07	0.33	-51.25	342.50
2.90	-1.79	2.66	8.43	3.27	37.02	13.67	0.52	-0.02	3.15	0.33	-52.42	343.79
3.05	-1.83	2.46	9.22	3.00	36.75	14.94	0.54	-0.02	3.22	0.33	-53.30	344.97
3.19	-1.87	2.26	10.03	2.75	36.50	16.27	0.57	-0.02	3.27	0.33	-53.95	346.04
3.33	-1.90	2.06	10.89	2.54	36.29	17.65	0.59	-0.02	3.31	0.33	-54.44	347.02
3.47	-1.93	1.86	11.77	2.35	36.10	19.09	0.62	-0.02	3.35	0.33	-54.79	347.91
3.61	-1.96	1.65	12.70	2.17	35.92	20.58	0.65	-0.01	3.37	0.32	-55.04	348.72
3.75	-1.99	1.45	13.65	2.02	35.77	22.12	0.67	-0.01	3.39	0.32	-55.20	349.46
3.90	-2.02	1.24	14.64	1.89	35.64	23.72	0.70	-0.01	3.41	0.32	-55.29	350.14
4.04	-2.04	1.04	15.67	1.76	35.51	25.37	0.73	-0.01	3.42	0.31	-55.32	350.76
4.18	-2.06	0.83	16.73	1.65	35.40	27.08	0.75	-0.01	3.43	0.31	-55.31	351.33
4.32	-2.08	0.62	17.83	1.55	35.30	28.84	0.78	-0.01	3.43	0.31	-55.26	351.85
4.46	-2.10	0.42	18.96	1.46	35.21	30.65	0.81	-0.01	3.44	0.30	-55.17	352.33
4.60	-2.12	0.21	20.13	1.37	35.12	32.52	0.84	-0.01	3.44	0.30	-55.06	352.77
4.74	-2.14	0.01	21.33	1.29	35.04	34.44	0.87	-0.01	3.43	0.30	-54.93	353.18

Observaciones:

El modelo ha sido desarrollado por el Instituto de Hidráulica Ambiental.

Para dudas, consultas y más información sobre el modelo: brIHnesupport@ihcantabria.com

Calibración del modelo:

El modelo simula el comportamiento de un vertido en chorro de salmuera resolviendo las ecuaciones de gobierno de acuerdo con la aproximación numérica propuesta en [1]. Esta aproximación consiste en integrar las ecuaciones diferenciales a lo largo de la sección transversal del chorro, resolviendo numéricamente el sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias resultantes.

Por el momento, brIHne-Jet utiliza los coeficientes experimentales propuestos en [1], que son también los que utiliza el modelo CORJET de Cormix, por lo que sus resultados son análogos. Próximamente, brIHne-Jet será recalibrado con datos experimentales obtenidos en el Instituto de Hidráulica Ambiental, mediante técnicas ópticas no intrusivas de anemometría láser, a fin de conseguir un mejor ajuste de sus resultados numéricos con los datos experimentales.

Sección transversal:

El modelo considera que los perfiles transversales de concentración y velocidad del chorro se ajustan a una curva de tipo Gauss.

Variables

X_{eje} , Y_{eje} , Z_{eje} : coordenadas cartesianas del eje del chorro.

S_{eje} : dilución en el eje del chorro (dilución mínima en la sección).

$C_{eje} - C_a$: Exceso de concentración salina en el eje del chorro respecto a la salinidad en el medio receptor

C_{eje} : Concentración salina en el eje de chorro (concentración máxima en la sección).

b : semiancho del chorro. Distancia radial para la cual la velocidad es un 37% y la concentración un 50% de su valor en el eje del chorro.

S_{ave} : dilución media en la sección transversal del chorro.

G_{p-eje} : valor de la gravedad reducida en el eje del chorro.

F_{-eje} : número de Froude densimétrico, calculado a partir de valores en el eje del chorro.

U_{eje} : velocidad del eje del chorro (relativa a la velocidad de la corriente en el medio receptor).

Theta (θ): ángulo de descarga del chorro con respecto al fondo.

Sigma: ángulo (proyección horizontal) del eje del chorro con respecto a la corriente en el medio receptor.

Punto de máxima altura del chorro:

brHne-Jet calcula el borde superior del chorro, sumando a las coordenadas del eje en cada punto el correspondiente radio del chorro, proponiendo diferentes valores de radio, a partir de los valores de concentración y velocidad respecto a los valores en el eje. Para obtener el punto de máxima altura del chorro, brHne-Jet considera para calcular el radio del chorro un valor: $Radio=2b$, que corresponde a la distancia radial desde el eje del chorro, para la cual la concentración es un 6% y la velocidad un 2% de las correspondiente al eje del chorro.

Punto de impacto con la superficie:

brHne-Jet considera que el chorro impacta con la superficie cuando su borde superior (definido a partir de un radio: $Radio=2b$) impacta en algún punto a la superficie libre del medio receptor.


Punto de impacto con el fondo:

brHne-Jet distingue entre el punto de retorno y el punto de impacto del chorro con el fondo. El punto de retorno es la posición en la cual el eje del chorro alcanza en su rama descendente el nivel o altura de la boquilla de vertido, mientras que el punto de impacto es la posición donde el eje del chorro alcanza el fondo.


Referencias

[1] Jirka, G. H. (2004). "Integral model for turbulent buoyant jets in unbounded stratified flows. Part I: The single round jet." Environmental Fluid Mechanics, volume 4, pp. 1-56.



	INFORME AMBIENTAL DE PROYECTO PLANTA POTABILIZADORA DE OSMOSIS INVERSA	Versión Julio 2023
---	---	-----------------------

Anexo XII. Especificación Técnica de un producto Anti-Incrustante/Dispersante utilizado para mejorar el desempeño de las membranas de OI.

	CONSULTORA AMBIENTAL N°287 Dec. N°185/09, 1.003/16 y modificatorias del MACyDS - Chubut	Página 158 de 162
---	--	----------------------

Genesys LS Antiscalant for Sea Water

Genesys LS is a broad spectrum, low phosphorous antiscalant for use in potable sea-water Reverse Osmosis and Nano-Filtration systems, both large and small.

By inhibiting all scaling species, Genesys LS allows systems to be designed and operated at high rates of recovery. Significant capital and operational cost savings can be made by reducing the amount of feed water used and concentrate to be discharged.

Application

Genesys LS should be dosed continuously to the feed water upstream of the cartridge filters. Typical dosage rates are <1-2 mg/L.

Under NSF listing the Genesys LS dose rate in the feed water should be less than 5 mg/L in potable water systems.

The optimum dosage rate can be calculated using the Genesys Membrane Master software.

Genesys LS can be diluted and is fully miscible with water in all proportions.

Health and Safety

Genesys LS is an aqueous solution of neutralised phosphonates and is approved for use in drinking water applications. Genesys LS is compatible with carbon steel and all commonly used materials of construction.

Observe all safety precautions shown in the material safety data sheet, available on request.

Packaging

Available in 25 kg kegs, 230 kg drums and 1,000 kg IBCs. Shelf life is 2 years under normal conditions of storage.

Typical properties

Appearance: pale coloured liquid
pH as supplied: 9.7 – 10.3
Specific gravity: 1.08 – 1.11
Freezing point: -2°C



Inhibits Scale Formation




Prevents Iron Fouling

- ✓ Suitable for Reverse Osmosis (RO) and Nano-Filtration (NF) membranes
- ✓ Particularly effective in high pressure systems working at 50-60% recovery
- ✓ Compatible with all polyamide membranes
- ✓ Approved for use in drinking water applications (UKDWI)
- ✓ Highly cost effective alternative to SHMP and sulphuric acid
- ✓ Inhibits common scales
 - Calcium carbonate/sulphate
 - Calcium phosphate
 - Barium/Strontium sulphate
 - Silica
 - Iron/Manganese
- ✓ NSF listed

The information provided in this data sheet is believed to be true and accurate. Genesys International Ltd. accepts no product liability as the use of its products are outside the company's control.




	INFORME AMBIENTAL DE PROYECTO PLANTA POTABILIZADORA DE OSMOSIS INVERSA	Versión Julio 2023
---	---	-----------------------

Anexo XIII. CARACTERIZACIÓN TEXTURAL, COMPOSICIONAL Y ANÁLISIS DE PROCEDENCIA DE LOS SEDIMENTOS DE PLAYA DEL GOLFO NUEVO, PROVINCIA DE CHUBUT.

M. Paula BUNICONTRO, Silvia C. MARCOMINI, Nilda E. WEILER, Rubén A. LÓPEZ y Sonia QUENARDELLE.

Revista de la Asociación Geológica Argentina 74 (2): 207-222 (2017).


María Josefina Aristarain
Ing. Ambiental
M.P. 2212

	CONSULTORA AMBIENTAL N°287 Dec. N°185/09, 1.003/16 y modificatorias del MACyDS - Chubut	Página 159 de 162
---	--	----------------------

CARACTERIZACIÓN TEXTURAL, COMPOSICIONAL Y ANÁLISIS DE PROCEDENCIA DE LOS SEDIMENTOS DE PLAYA DEL GOLFO NUEVO, PROVINCIA DE CHUBUT

M. Paula BUNICONTRO¹, Silvia C. MARCOMINI¹, Nilda E. WEILER², Rubén A. LÓPEZ¹ y Sonia QUENARDELLE¹

¹ Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales de Buenos Aires (IGEBA) - CONICET - Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires. E-mail: paulabunicontro@hotmail.com

² Centro Nacional Patagónico (CENPAT) - CONICET, Puerto Madryn, Chubut.

RESUMEN

Se presenta un estudio de caracterización textural y composicional de los sedimentos de playa en 17 perfiles costeros desde cerro Prismático al norte hasta cerro Avanzado al sur, en el golfo Nuevo, provincia de Chubut. Se pretende determinar la principal fuente de aporte de sedimentos al sistema litoral y los factores que controlan su textura y composición. Este trabajo profundiza y avanza sobre el conocimiento de los sedimentos actuales de la costa argentina, estableciendo un antecedente preciso y cuantitativo para futuras investigaciones. Los sedimentos del intermareal alto están compuestos por arena (62%) y grava (38%) y muestran selección pobre. Los sedimentos del intermareal bajo, playa distal y duna costera presentan sedimentos mejor seleccionados y predominantemente arenosos (más del 90% en promedio). La composición petrográfica resulta homogénea a lo largo de la costa, caracterizada mayormente y en promedio por fragmentos líticos (35%), plagioclasa (24%), cuarzo (23%), feldespato potásico (6%) y alteritas (5%). Los afloramientos rocosos costeros presentan entre un 40% y un 70% de arena, según diversos autores, y se comprueba que tanto la composición petrográfica como la proporción de sus componentes mayoritarios son equivalentes a la descrita para las arenas de playa. Además, debido al ambiente parcialmente protegido que representa el golfo Nuevo, la ausencia de evidencia de deriva litoral dentro del mismo y de cursos fluviales de alimentación alóctona que desembocan en él, se concluye que la principal fuente de arena al sistema litoral resulta de la erosión de los acantilados que dominan el paisaje costero (Formación Gaiman y Puerto Madryn).

Palabras Clave: *Granulometría; arenas; Patagonia; aporte; petrografía*

ABSTRACT

Textural and compositional characterization and provenance analysis of beach sediments in golfo Nuevo, Chubut province

A textural and compositional characterization of beach sediments in 17 coastal profiles is presented from cerro Prismático northward to cerro Avanzado southward, in the golfo Nuevo, Chubut province. The aim of this work is to establish the main input source of sediments to the littoral system and the factors controlling their texture and composition. This work deepens and advances on sediments knowledge of Argentinean coast, establishing an accurate and quantitative background for futures researches. High intertidal sediments are composed by sand (62%) and gravel (38%), showing poor sorting. Sediments from the low intertidal, backshore and coastal dune environments show well sorted sandy sediments (more than 90% on average). Petrographic composition is homogenous along the coast, mostly characterized on average by lithic fragments (35%), plagioclase (24%), quartz (23%), feldspar (6%) and alterites (5%). The rocky coastal outcrops present up between 40% and 70% of sand, according to various authors, and it is found that both the composition and the proportion of its majority components are equivalent to that presented for beach sands. Also, due to the golfo Nuevo is a partially protected environment and the absence of evidences of littoral drift as well as the absence of allochthonous fluvial input inside it, it is concluded that the main source of sand to the littoral system results from the erosion of the cliffs that dominate the coastal landscape (Gaiman and Puerto Madryn formations).

Keywords: *Granulometry, Sands, Patagonia, Input, Petrography*

INTRODUCCIÓN

El estudio de las modas detríticas proporciona valiosa información para comprender la naturaleza petrográfica de los clastos que

componen dichos sedimentos y determinar sus posibles áreas de procedencia. El objetivo de los estudios de procedencia es deducir las características de las áreas de aporte a partir de las observaciones y mediciones de

las propiedades texturales y composicionales de los sedimentos (Pettijohn *et al.* 1987). Otros objetivos de este tipo de estudios es analizar cómo el clima y el retrabajo modifican la signatura original de la roca fuente.

Las costas formadas por sedimentos no consolidados representan aproximadamente el 40% de las costas del mundo compuestas por playas de arena y grava (Bird 2000). En este sentido, los procesos marinos, eólicos y/o fluviales a los que las áreas costeras están expuestas, así como también las áreas de aporte y el clima, condicionan la composición (mineralógica y geoquímica) y el tamaño de los sedimentos que conforman las playas (Carranza-Edwards *et al.* 2009). Resulta de gran importancia considerar los procesos marinos de erosión y depositación como uno de los factores más influyentes en las características sedimentarias y en el modelado del paisaje costero. Se estima que la contribución de sedimentos a la plataforma continental como consecuencia de la erosión de los acantilados supera ampliamente el aporte por cursos fluviales (Isla y Cortizo 2014), considerando además el clima semiárido que predomina en la región patagónica.

Pese a que existen numerosas contribuciones a nivel regional de índole sedimentológico y morfodinámico a lo largo del litoral argentino patagónico (Teruggi 1964, Gelós *et al.* 1990, Gelós *et al.* 1994, Isla y Bértola 2003, Monti y Bayarsky 1996, Isla *et al.* 2000, Isla *et al.* 2002, Blanco 2012, Pirraglia 2015, Martínez 2015, entre otros) son escasos los aportes realizados en las inmediaciones de la zona de estudio. En este sentido, el más destacado corresponde a un trabajo publicado por Etchichury y Remiro (1979) quienes presentan un detallado análisis sobre la textura y la petrografía de las arenas de playas ubicadas entre las provincias de Río Negro y Chubut, siendo ésta una de las primeras y más completas contribuciones al análisis de sedimentos costeros actuales en Patagonia. Posteriormente Monti y Bayarsky (1996) analizan las características texturales y mineralógicas de los sedimentos de playa de la localidad de Puerto Madryn con el fin de determinar tendencias sobre el transporte litoral. Dicho aporte representa el estudio sedimentológico de sedimentos actuales más próximo a la zona de estudio de esta investigación. Regionalmente, Etchichury y Tófaló (1996) analizaron la mineralogía de las arenas del litoral argentino con un enfoque particular a sus áreas de aporte.

Estudios sedimentológicos y estratigráficos de detalle sobre los afloramientos terciarios del área corresponden a Spielgelman y Bus-

teros (1978), Mendía y Bayarsky (1981), Scasso y Del Río (1987), Castro (1981), Sato (1981), Vrba (1985) y más recientemente Marengo (2006 y 2015) y Cuitiño *et al.* (2017).

En sentido amplio, antecedentes de análisis de sedimentos de playa similares sobre la costa de la provincia de Buenos Aires han sido desarrollados por Teruggi (1959), Spalletti y Mazzoni (1979) e Isla *et al.* (1997) mientras que durante los últimos años se destacan los aportes de Marcomini (2002), Manogrosso (2008), López (2010), Spinoglio (2010), Sitjá y Balbastro (2011), San Martín (2012) y Bunicontrol (2012) entre otros, estableciendo una importante y extensa caracterización de las arenas que conforman los ambientes litorales de dicha provincia.

A nivel internacional se destacan los estudios granulométricos de Mc Lean and Kirk (1969), Nordstrom (1977), Davis (1989), Pyökäri (1999), Carranza-Edwards (2001), Alsharhan and El-Sammak (2004) y Carranza-Edwards *et al.* (2009), quienes además de la procedencia analizan la relación entre las características sedimentológicas y la hidrodinámica de playas. Un importante trabajo a nivel regional de las arenas de ríos y playas de Sudamérica fue hecho por Potter (1994), quien asoció el clima, los paisajes y la composición de las arenas modernas para determinar distintas asociaciones minerales. El principal objetivo de este trabajo es caracterizar textural y composicionalmente los sedimentos de playa del golfo Nuevo (Chubut) y analizar el área de proveniencia local. Se pretende establecer una relación entre la composición de las arenas de playa, la geología de los afloramientos terciarios que conforman los acantilados y la geomorfología costera del golfo con el fin de establecer si la erosión de los acantilados constituye la principal fuente de aporte de los sedimentos de playa. Esto permitirá, además, comprender la dinámica morfo-sedimentaria del sistema costero. Por otra parte, resulta de interés para este trabajo contribuir a profundizar los conocimientos sedimentológicos de los materiales en tránsito que caracterizan a esta zona costera y establecer una base para futuros estudios.

Debido a los escasos antecedentes sobre la petrografía y granulometría de las arenas de las playas del golfo Nuevo, se considera que este trabajo constituye un sustancioso

aporte a las investigaciones de índole sedimentológicas e hidrodinámicas no sólo de las costas patagónicas sino también de todo el litoral de Argentina.

MARCO GEOLÓGICO

Área de estudio

La zona de estudio se localiza en la costa occidental del golfo Nuevo ubicada en el noreste de la provincia de Chubut, en la Patagonia argentina. Se extiende por 54,7 km de longitud desde cerro Prismático al norte (42° 34' 57,27"S - 64° 48' 31,74"O) hasta cerro Avanzado al sur (42° 50' 09,92"S - 64° 53' 06,90"O), incluyendo la ciudad de Puerto Madryn y abarcando una franja costera angosta de entre 1 y 6 km en la zona urbana (Fig. 1).

Está ubicada al este de la meseta Patagónica, dentro de un paisaje dominado por depósitos aluviales, coluviales y eólicos, resultado de la erosión de las unidades geológicas aflorantes. Está influenciada mayormente por la interacción de distintos procesos geomorfológicos tales como el proceso marino, eólico, remoción en masa y erosión hídrica (escurrimiento superficial). La superposición de éstos genera un paisaje costero compuesto por variedad de rasgos que evidencian acreción y erosión, activa e inactiva (Monti 1996). El contorno de la costa es irregular, con cabos y bahías, dominada por acantilados y playas arenosas a gravosas.

Características ambientales

El golfo Nuevo constituye una cuenca o bahía semicerrada, que comunica al océano Atlántico a través de un estrecho de unos 17 km de ancho entre punta Ninfas y morro Nuevo (Fig. 1). El golfo posee una forma elíptica con una superficie aproximada de 2500 km² y una profundidad máxima registrada en 184 m, mientras que en la zona del estrecho de entrada las profundidades son en general menores a 50 m disminuyendo hacia la costa (Mouzo y Garza 1979). Presenta unos 70 km de longitud y 48 km de ancho en su parte central, siendo considerablemente más profundo que la plataforma continental adyacente (Mazio *et al.* 2004). El clima de la región es árido a semiárido. Sin embargo, la zona se encuentra regulada por su ubicación a sotavento de la meseta patagónica y por su cercanía a la mar. La temperatura media anual es 13,4°C y la hu-

medad media anual es de 68,4 %. La precipitación media ha variado apreciablemente durante las últimas décadas, y se distribuye casi uniformemente a lo largo del año con máximos relativos en los meses de abril y mayo. Según los registros, la precipitación media anual para el período 1910-1950 era de 172,8 mm mientras que para el período 1982-2001 aumentó a 235,9 mm anuales (Labraga y De Davis 2013).

La persistencia de dos grandes sistemas de alta presión durante todo el año determina una mayor proporción de vientos desde el oeste y suroeste, con una velocidad media de 16,6 km/h. En los meses de verano, el incremento de la radiación solar y la escasa disponibilidad de agua en el suelo provocan 'brisa de mar', la cual atenúa la extrema sequedad del aire y las temperaturas máximas del día (Labraga y De Davis, 2013). En general, en verano y primavera, aumenta la frecuencia relativa de los vientos del sector este y noreste.

La zona presenta un régimen meso a macromareal semidiurno con desigualdades diurnas. La amplitud media de mareas es de 4,13 m, alcanzando máximas medias de 5,21 m y mínimas medias de 1,08 m (Servicio de Hidrografía Naval, 2016). No se advierte un sentido de deriva litoral neta dentro del golfo. Según Krepper y Rivas (1979) existe una circulación definida en las aguas costeras próximas a Puerto Madryn y la misma depende en general fundamentalmente del viento. De acuerdo a Mazio *et al.* (2004) la circulación es dominada por las mareas aunque las corrientes mareales dentro del golfo son menores respecto de aquellas en la plataforma continental adyacente (posiblemente debido a la profundidad del golfo). Además, considerando el ambiente de cuenca semicerrada que constituye el golfo, la energía del oleaje es menor respecto a la que predomina en una costa expuesta a mar abierto. Con respecto a la temperatura del mar, las aguas someras del intermareal registran temperaturas de aguas superficiales de 18°C hacia el final del verano y mínimas de 8°C en primavera (Rivas y Beier 1990).

Geología

A lo largo de la costa en estudio afloran rocas de edad terciaria correspondientes a las Formaciones Gaiman y Puerto Madryn (Fig. 2). La Formación Gaiman (Haller y Mendía 1980) corresponde a pelitas tobáceas asigna-

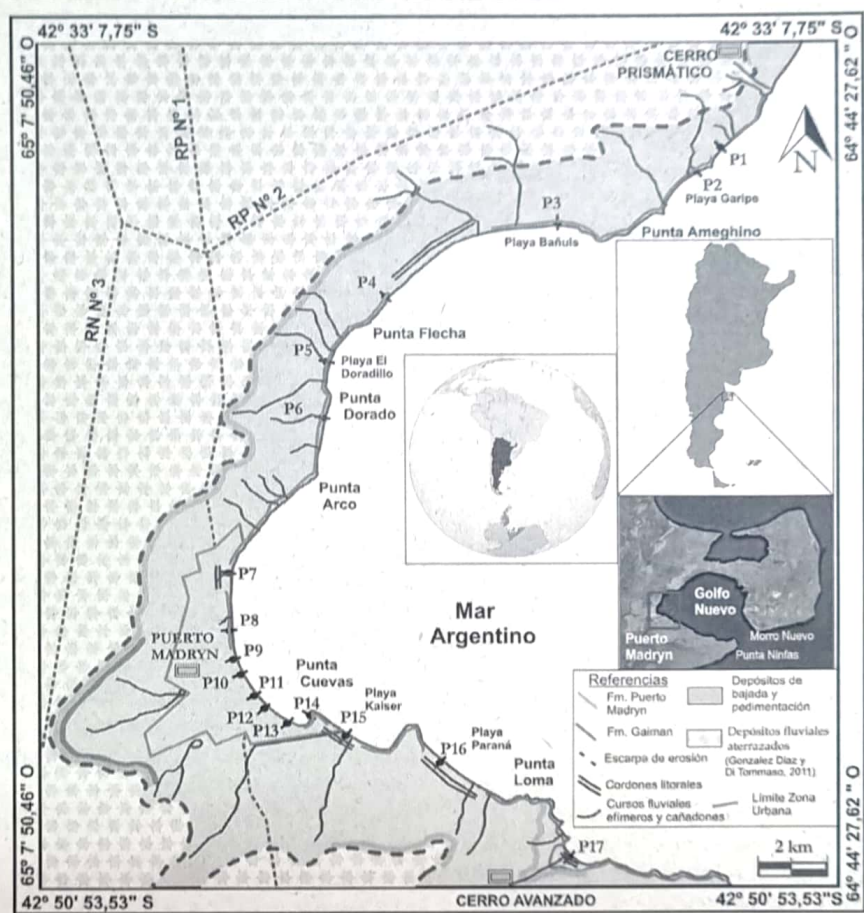


Figura 1: Ubicación de la zona de estudio.

das al ciclo marino Patagoniano o transgresión marina Patagónica del Mioceno temprano (Cuitiño *et al.* 2017) que afloran en el sector septentrional de la Patagonia. En la zona de estudio los afloramientos de la Formación Gaiman se distribuyen a lo largo de la zona costera, principalmente en el sector norte, encontrándose otros afloramientos en el sector continental adyacente al mar (Fig. 1). Se encuentra constituida por sedimentitas y piroclastitas dispuestas en bancos con estratificación de color blanquecino. Cortés (1987) distinguió dos facies: una heterogénea situada en el ambiente mesetiforme, denominada Facies Occidental, y otra con características homogéneas y composición tuftítica, denominada Facies Oriental. La Facies Occidental está compuesta por tufitas blanquecinas con material psamítico y pelítico, intercaladas con bancos de calizas y arcillitas bien consolidadas. La Facies Oriental, predominantemente distribuida en la

zona de estudio, se encuentra bien expuesta en las barrancas inmediatamente al oeste de Puerto Madryn. Allí afloran 25 m de tobas de grano muy fino, bien consolidadas, macizas y de color gris amarillento. Presentan moldes mal conservados de gasterópodos y bivalvos, y concreciones de hasta 15 cm de longitud. Microscópicamente presentan textura cristaloclástica, con cristaloclastos de tamaño limo-arena fina, contenidos en una matriz vítrea ligeramente alterada a material arcilloso (Haller *et al.* 2005). El contenido paleontológico es abundante aunque disperso. El pobre estado de conservación de los fósiles de invertebrados marinos no permite su completa identificación mientras que sólo los fósiles de vertebrados marinos presentan buena preservación (Cuitiño *et al.* 2017). Las sedimentitas de la Formación Gaiman fueron depositadas en un ambiente marino, costero y sublitoral, que recibió el aporte de elementos piroclásticos finos, re-

sultado de la frecuente actividad volcánica explosiva en la región occidental (Haller *et al.* 2005).

Definida por Haller (1979), la Formación Puerto Madryn (Mioceno tardío) corresponde a las areniscas y pelitas que afloran en las barrancas de los golfos San Matías, San José y Nuevo, y su depositación se asocia a la transgresión marina Entrerriense del Mioceno medio a tardío. Originalmente era considerada como una sola unidad estratigráfica que presentaba una transición facial hacia el techo (Haller 1979) mientras que recientemente Cuitiño *et al.* (2017) han definido cuatro facies relacionadas a distintos paleoambientes depositacionales. En la zona de estudio ha sido reconocida a lo largo de toda la región costera, estableciéndose un espesor de 18 m en las barrancas norte del cerro Avanzado, apoyados sobre la Formación Gaiman. Litológicamente la unidad está conformada por una sucesión horizontal de estratos constituidos predominantemente por areniscas medianas a finas, tobas y pelitas con participación de arcillas expansivas y cemento calcáreo (Scasso y del Río 1987, Monti 1996). Los restos fósiles de invertebrados y vertebrados marinos, vertebrados continentales y palinomorfos son muy abundantes y están bien conservados, a los que se asocian también variadas trazas fósiles (Cuitiño *et al.* 2017). La fauna y litología indican un paleoambiente marino somero, de plataforma y de planicie de marea, que en ocasiones podría quedar expuesto a condiciones subaéreas (Cuitiño *et al.* 2017). Los términos superiores presentan características estuáricas a continentales, con depósitos de lagunas litorales, con abundante yeso (Scasso y del Río 1987, Haller *et al.* 2005).

Cubriendo a las unidades anteriores se hallan los Rodados Patagónicos (Fidalgo y Riggi 1970) de edad Plioceno superior-Pleistoceno inferior, que coronan la superficie mesetiforme más elevada que puede observarse en la región desde la costa hacia el oeste (Haller *et al.* 2005). Estos depósitos están conformados por bancos de conglomerados, de entre 3 y 6 m de espesor, polimícticos con matriz areno-arcillo-limosa, cementados en parte por carbonato. Los clastos están bien redondeados, son predominantemente subsféricos a subelongados y están compuestos por vulcanitas félsicas, andesíticas y basálticas (Haller *et al.* 2005). Según Cortalezzi *et al.* (1965 y 1968), las gravas de los Rodados Pa-

tagónicos se depositaron en un medio ácuo (fluvial). De acuerdo a González Díaz y Di Tommaso (2011), los depósitos de los Rodados Patagónicos se encuentran restringidos a la meseta Montemayor ubicada al sur del Río Chubut, conformando una planicie estructural.

La Formación San Miguel, de edad Holocena (Haller 1979), está constituida por los depósitos de origen marino más modernos, correspondientes a gravas y arenas con abundantes fragmentos de valvas de moluscos ubicados a poca altura por encima de los depósitos de playa actuales. Esta unidad se encuentra topográficamente entre 4 y 6 m por encima de la línea de marea actual más alta. Dentro del golfo Nuevo, constituye fajas angostas de terrazas de acreción marina cercanas a la costa (Fig. 1) (Haller *et al.* 2005).

El golfo Nuevo, así como otros golfos norpatagónicos (golfo San José y San Matías), es considerado como un bajo endorreico cuyo origen resulta de la submergencia, tras el Último Máximo Glacial, de dicha depresión continental preexistente (Mouzo y Garza 1979). De acuerdo a evidencias morfológicas y sedimentológicas, estos autores proponen a la acción cólica, hídrica y a la remoción en masa como los procesos dominantes en la formación de la depresión, cuya aparición sería posterior a la depositación de

los Rodados Patagónicos y su submergencia aún más reciente (posiblemente Holocena). El modelado del golfo por parte de agentes subaéreos y su origen continental (evidenciado, por ejemplo, por la presencia de drenajes semiradiales centrípetos) también ha sido mencionado por otros autores como Palertini y Mouzo (2013) y Violante *et al.* (2014).

Geomorfología continental

En el área continental, han sido reconocidos niveles de antiguas terrazas aluviales que corresponden a distintas posiciones que ocupaba el río Chubut cuando su curso desembocaba en el golfo San Matías en las cercanías de Puerto Lobos (unos 110 km al norte de Puerto Madryn) (González Díaz y Di Tommaso 2011). Estas terrazas están formadas por sedimentos retrabajados a partir de los Rodados Patagónicos y su altura varía de los 180 a 130 m al oeste de Puerto Madryn (Fig. 1). Según González Díaz y Di Tommaso (2011), las acumulaciones que cubren en discordancia a las sedimentitas miocenas locales corresponden a depósitos de un antiguo abanico aluvial generado por un complejo paleo-drenaje del río Chubut, planteando serias diferencias genéticas y temporales con las acumulaciones consideradas como Rodados Patagónicos. Según

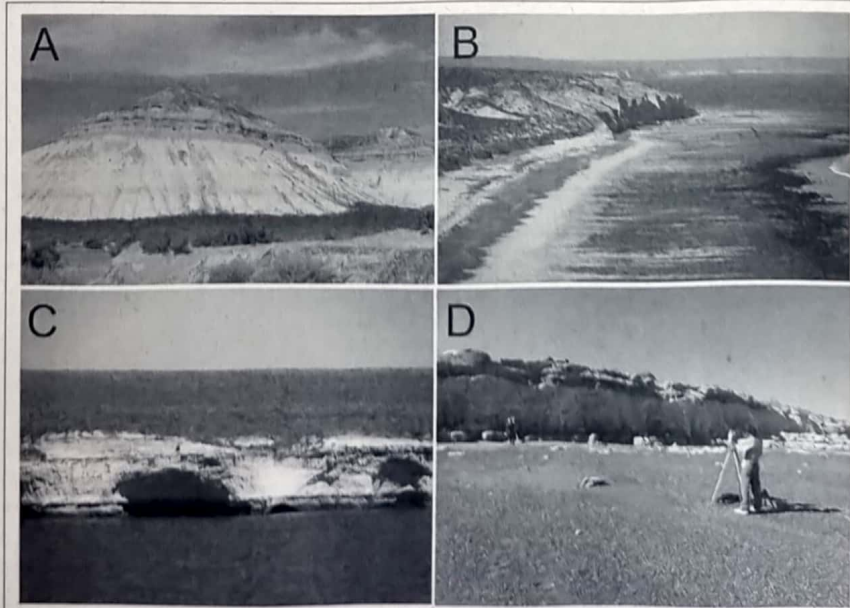


Figura 2: Afloramientos de las Formaciones Gaiman y Puerto Madryn en los acantilados del Golfo Nuevo. A) Cerro Avanzado; b) Cerro Prismático; c) Punta Loma; d) Playa Bañuls.

estos autores, se desarrollaron en la zona de estudio sucesivos niveles de terrazas de distinta cota y edad, correspondientes al nivel superior y nivel medio dejados por la antigua posición del río Chubut (en un esquema de migración del curso de norte a sur). Los autores del presente trabajo consideran a los depósitos mencionados como retrabajo de los rodados patagónicos para la zona de estudio.

Estos niveles de terraza aluvial están disectados hacia el este por una escarpa de erosión fluvial, a los 120 m de altura donde afloran principalmente las sedimentitas correspondientes a la Formación Puerto Madryn. Entre dicha escarpa y la línea de costa los rasgos morfológicos costeros son dominantes.

METODOLOGÍA

La caracterización sedimentológica de las playas se realizó mediante el análisis granulométrico de los sedimentos superficiales, tomados sobre la traza de 17 perfiles topográficos a lo largo de la zona de estudio (Fig. 1). El muestreo consistió en la obtención de sedimentos superficiales representativos de cada subambiente, de aproximadamente 500 gramos. Las muestras se tomaron de la playa frontal (intermareal alto y bajo), duna costera y playa distal (Cuadro 1).

El procedimiento en el laboratorio consistió en el secado y cuarteo de las muestras hasta la obtención de un peso aproximado de 100 gramos. Los sedimentos fueron tamizados a escala de $\frac{1}{2}$ phi para aquellas muestras dominadas por arena y a 1 phi para aquellas muestras dominadas por arena y grava, utilizando Ro-Tap durante 15 minutos en un rango de -2 a 4 phi (guija a arena muy fina). Se calcularon los porcentajes en peso de las clases granulométricas para luego realizar los histogramas de frecuencia porcentual y analizar la distribución granulométrica de cada muestra de sedimentos. Para el análisis estadístico se utilizó el programa Gradistat versión 4.0 (Blott 2000) y se obtuvieron los parámetros de media, moda, selección, asimetría y curtosis, en base al método Folk y Ward (1957), además de los porcentajes de grava, arena y limo de cada muestra y su clasificación.

Para el estudio composicional de los sedimentos de playa, se confeccionaron preparaciones petrográficas y se hicieron cortes delgados de los granos sueltos sobre la

fracción modal (2.5 phi) de 15 muestras en 11 perfiles. Las mismas corresponden al subambiente intermareal alto (11 muestras), duna costera en 2 sitios (Playa Garipe y Punta Este), subambiente de playa distal (1 muestra) e intermareal bajo (1 muestra). Estas dos últimas se tomaron, junto al muestreo del sector intermareal alto, dentro un mismo perfil (Puerto Madryn 6) para analizar la composición en sentido transversal a la línea de costa. Se determinaron las características composicionales, identificando componentes livianos y pesados, y se calculó su porcentaje a través del conteo de aproximadamente 300 individuos por muestra, de modo de ser lo más representativa posible. Finalmente, se realizó un análisis comparativo entre los resultados obtenidos en la composición de las arenas de playa y la composición petrográfica de los acantilados activos publicada por otros autores (Sato 1981, Castro 1981, Vrba 1985, Scasso y del Río 1987, Marengo 2015) a fin de establecer la principal área de aporte de los depósitos marinos.

RESULTADOS

Se presentan a continuación los resultados del relevamiento geomorfológico costero, y de los análisis granulométricos y petrográficos de las arenas de playa y duna costera.

Geomorfología costera

El paisaje costero está dominado por procesos marinos, eólicos, fluviales y de remoción en masa.

Si bien el proceso fluvial ha tenido una acción muy importante en el modelado del paisaje durante el Cuaternario, en la actualidad no hay cursos fluviales capaces de aportar importantes volúmenes de sedimentos al golfo Nuevo, ya que los mismos son de régimen efímero (debido al clima semiárido dominante), de escasa extensión (perfiles longitudinales de hasta 6 km) y presentan valles desproporcionados. El río Chubut, cuyo régimen es alóctono y permanente, desemboca fuera de la bahía, a una distancia de aproximadamente 75 km al sur de Punta Ninfas.

A partir del quiebre de pendiente, dado por la escarpa de erosión fluvial, hacia el este se reconocen distintos niveles de bajada y pedimentos litorales disectados por la acción fluvial conformando cárcavas que drenan hacia

la bahía. Las mismas presentan un diseño dendrítico y perfiles transversales bien profundizados. La erosión hídrica en ambientes áridos (eventos pluviales extraordinarios), es aquí uno de los procesos más significativos, desarrollando cárcavas que alcanzan hasta 10 m de profundidad concentradas mayormente en el sector norte de la ciudad de Puerto Madryn. Debido a la conjunción de dicha erosión hídrica intensa, los procesos de remoción en masa y la acción marina, es que la degradación del terreno y el retroceso de la línea de costa se ven favorecidas.

En las cercanías a la costa y en forma longitudinal, se reconocen niveles de terrazas marinas de acumulación ubicadas a una cota de 4 y 6 m sobre el nivel del mar, compuesta por cordones litorales paralelos a la línea de costa actual. Estas terrazas se distribuyen en forma discontinua a lo largo de la costa, preferentemente en antiguas bahías. El desarrollo de playas está mayormente condicionado a la presencia de bahías. En estos sectores es donde presentan su mayor extensión. En Playa El Doradillo y Puerto Madryn alcanzan entre 300 y 400 m de ancho y están dominadas por arenas finas a medianas. Son playas disipativas con pendientes que no superan los 2°, asociadas a la presencia de duna costera. En Playa El Doradillo, la playa distal alcanza hasta 80 m de ancho mientras que en Puerto Madryn varían entre 10 y 40 m. La presencia de bermas sobre la playa distal ha sido observada en algunas playas como Playa Garipe, El Doradillo o Puerto Madryn, siendo todas ellas de carácter transitorio o estacional. En las playas de Puerto Madryn, dentro del subambiente intermareal, es frecuente la presencia de barras submareales longitudinales y subparalelas a la costa, favoreciendo el desarrollo de un sistema multi-barras. Por otro lado, en sitios dominados por morfologías erosivas (acantilados activos) la playa (enteramente caracterizada por el subambiente de playa frontal) se distingue como una acumulación de sedimentos areno-gravosos en fajas angostas de hasta 30 m de ancho, como por ejemplo, en Playa Bañuls y Playa Manara. En las playas con mayor proporción de gravas (como en Playa Paraná y Cerro Avanzado) las pendientes varían entre 4 y 12° y son frecuentes las morfologías rítmicas (cuspillitos) denotando una característica de playas intermedias, según la clasificación de Masselink y Short (1993).

Las geoformas eólicas están determinadas por cordones de dunas costeras (mayormente desarrolladas en la ciudad de Puerto Madryn y Playa El Doradillo), dunas colgadas sobre los acantilados, rampas eólicas y mantos de arena desarrollados sobre cordones litorales. Los depósitos eólicos se encuentran mayormente degradados y vegetados, por lo que es escasa la presencia de dunas totalmente activas. Sólo se encuentra un campo de dunas colgadas activo en Punta Este, el cual también se encuentra degradado producto de la explotación de arena.

La configuración de la línea de costa actual es irregular, caracterizada por una sucesión de bahías y salientes. En general corresponde a una costa dominada por la erosión, marcada por un extenso desarrollo de acantilados activos de entre 4 y 30 m de altura labrados mayormente sobre la Formación Gaiman. Las rocas sedimentarias de esta unidad suelen estar afectadas por distintos juegos de fracturas en forma discontinua a lo largo de la costa y presentan poca consolidación. En este contexto, la erosión marina y la generación de cavernas en la base de los acantilados se ven favorecidas. Las plataformas de abrasión se encuentran asociadas a los frentes de los acantilados activos y pueden alcanzar anchos de hasta 200 m en sentido perpendicular a la costa. Se distingue además, la presencia de un paleoacantilado ubicado a la altura del Muelle Alte. Storni, altamente influenciado por la remoción en masa y la vegetación.

Textura de los sedimentos de playa y duna costera

Los resultados de los análisis texturales de los subambientes de playa (intermareal alto, intermareal bajo, playa distal) y duna costera analizados a lo largo de la costa se exponen en el cuadro 2 y se analizan a continuación.

Los sedimentos de las dunas costeras y dunas colgadas analizados presentan distribuciones unimodales y corresponden en su totalidad a arenas finas a medianas, con escaso contenido de grava (<0,5%) y limo (<7%). Sólo las muestras de duna costera (P5, P12 y P13) son muy bien seleccionadas y un 100% de los sedimentos son arenosos. Las muestras de dunas colgadas de los P2, P3, P14 y P15 presentan una selección moderada a buena; mientras que la muestra de las dunas desarrolladas sobre los cordones lito-

CUADRO 1: Distribución de las muestras en los perfiles de playa y dunas costeras.

PERFILES		MUESTRAS		
1	Co Prismático		IA	
2	Playa Garipe	DUNA	IA	
3	Playa Bañuls	DUNA	IA	
4	Playa Las Canteras		IA	
5	Playa El Doradillo	DUNA	IA	
6	Playa Manara		IA	
7	Muelle Alte. Storni		IA	IB
8	PtoMadryn 1			
9	PtoMadryn 2		P DISTAL	IA IB
10	PtoMadryn 3		P DISTAL	IA IB
11	PtoMadryn 4		P DISTAL	IA IB
12	PtoMadryn 5	DUNA	P DISTAL	IA IB
13	PtoMadryn 6	DUNA	P DISTAL	IA IB
14	Punta Cuevas	DUNA	IA	IB
15	Playa Kaiser	DUNA	IA	IB
16	Playa Paraná		IA	
17	Cerro Avanzado	DUNA	IA	
	Punta Este	DUNA		

Las muestras resaltadas fueron analizadas petrográficamente. IB: Intermareal bajo; IA: Intermareal alto. El P8 no presenta muestra de sedimento debido a la ausencia de playa en este sector.

rales del P17 presenta mayor dispersión (pobre selección) debido a una ligera cantidad de material limoso (7%). Las distribuciones son mayormente simétricas con valores de curtosis variables y una moda promedio en 2,3 phi (arena fina).

Los sedimentos que integran la playa distal son, en su gran mayoría, arenosos con más del 85% de arena fina. Sus distribuciones son unimodales, bien seleccionados, con valores de asimetría y curtosis variables. A diferencia del resto, el P9 muestra un predominio de gravas (61%) asociado a sedimentos pobremente seleccionados y una distribución polimodal.

Los sedimentos correspondientes al sector intermareal alto han presentado dos agrupamientos. Uno de ellos tiene distribuciones unimodales (31%), bien a moderadamente bien seleccionadas, simétricas y leptocúrticas a mesocúrticas, conformadas por arena fina. Estas muestras se concentran en los P5 y P10 a P13. El otro grupo presenta distribuciones bimodales y polimodales (38% y 31% del total restante, respectivamente). Con excepción de la muestra del P4 que presenta distribución bimodal y leptocúrtica y sedimentos totalmente gravosos moderadamente seleccionados, el resto de las muestras con distribución bi y polimodales

CUADRO 2: Parámetros estadísticos obtenidos para cada subambiente. Aclaración: Se adjuntan referencias de abreviaturas.

	Perfil	Tipo de Distrib.	Moda 1º (phi)	Media	Selección	Asimetría	Curtosis	Grava	Arena	Limo	Clasif.			
Intermareal Alto	1	P	-2,24	0,66	2,04	MPS	-0,5	MN	0,47	MP	35,9	64	0,1	AG
	2	P	-3,24	-1,29	2,37	MPS	0,52	MP	0,68	P	70,5	29,4	0,1	GMF
	3	B	-2,24	-1,75	1,19	PS	0,57	MP	1,92	ML	79,4	20,5	0,1	GMF
	4	B	-1,24	-1,67	0,78	MDS	-0,63	MN	1,16	L	99,8	0,2	0	GMF
	5	U	2,23	2,38	0,46	BS	-0,11	N	0,92	M	0,2	99,7	0,1	AF
	6	B	-2,24	-0,84	1,65	PS	0,64	MP	0,76	P	58,9	41	0,1	GF
	7	B	-2,24	-0,71	1,69	PS	0,64	MP	0,47	MP	51,9	48,1	0	AMG
	9	B	-2,24	0,02	1,88	PS	0,04	S	0,51	MP	40,4	59,5	0,1	AG
	10	U	2,23	2,34	0,38	BS	0,08	S	1,11	L	0	100	0	AF
	11	U	1,74	1,72	0,54	MDBS	-0,08	S	0,99	M	0,9	99	0,1	AM
	12	U	2,23	2,34	0,38	BS	0,08	S	1,21	L	0	99,8	0,2	AF
	13	U	2,73	2,51	0,42	BS	-0,03	S	1,01	M	0,2	99,3	0,6	AF
	14	P	-3,24	-1,59	2,24	MPS	0,72	MP	0,57	MP	61	39	0	GF
	15	P	-3,24	-2,19	2,16	MPS	0,55	MP	0,81	P	66,8	33,1	0,1	GF
	16	P	1,74	0,77	1,34	PS	-0,23	N	1,71	ML	15,9	84,1	0	AG
	17	B	2,33	1,41	1,44	PS	-0,67	MN	1,34	L	11	88,9	0,1	AM
	Intermareal Bajo	7	P	2,73	0,11	2,33	MPS	0,11	P	0,59	MP	41,7	58,3	0,1
9		P	2,73	0,82	2,35	MPS	-0,51	MN	0,68	P	32,2	64,7	3,1	AG
10		U	2,73	2,62	0,39	BS	-0,07	S	1,18	L	0	98,8	1,2	AF
11		U	2,73	2,67	0,45	BS	-0,15	N	1,48	L	0,2	99,3	0,5	AF
12		U	2,73	2,81	0,34	MBS	0,11	P	1,34	L	0	98,6	1,4	AF
13		U	2,73	2,59	0,37	BS	-0,04	S	1	MP	0	99,5	0,5	AF
14		P	2,23	0,4	2,06	MPS	-0,46	MN	0,67	P	28,2	71,7	0,1	AG
15	P	0,74	0,31	1,38	PS	-0,07	S	1,19	L	17,4	82,5	0,1	AG	
Playa Distal	9	P	-3,24	-1,15	2,25	MPS	0,59	MP	0,53	MP	61,4	38,5	0,1	GMF
	10	U	2,23	2,47	0,34	MBS	0,14	P	0,76	P	0	99,9	0,1	AF
	11	U	2,23	2,28	0,34	MBS	0,07	S	1,39	L	0	100	0	AF
	12	U	2,23	2,01	1,41	PS	-0,58	MN	4,05	ML	13,1	86,9	0	AF
	13	U	2,23	2,32	0,45	BS	0	S	1,1	M	0,5	99,4	0,1	AF
Duna Costera	2	U	2,73	2,58	0,77	MDS	-0,06	S	1,3	L	0	95,5	4,5	AF
	3	U	1,74	1,92	0,55	MDBS	0,09	S	1,1	M	0	99,5	0,5	AM
	5	U	2,73	2,52	0,34	MBS	0	S	0,78	P	0	100	0	AF
	12	U	2,23	2,28	0,34	MBS	0,07	S	1,37	L	0	100	0	AF
	13	U	2,23	2,47	0,33	MBS	0,12	P	0,74	P	0	100	0	AF
	14	U	1,74	1,85	0,41	BS	0,02	S	1,03	M	0,4	99,2	0,3	AM
	15	U	2,23	2,17	0,57	MDBS	-0,14	N	1,3	L	0	99,5	0,5	AF
17	U	3,23	2,69	1,03	PS	-0,18	N	1,04	M	0,4	92,5	7,1	AF	

Selección	Asimetría	Curtosis	Clasificación
MBS	Muy bien seleccionado	MP	Muy platocúrtica
BS	Bien seleccionado	P	Platocúrtica
MDBS	Moderadamente bien seleccionado	S	Mesocúrtica
MDS	Moderadamente seleccionado	N	Leptocúrtica
PS	Pobremente seleccionado	MN	Muy leptocúrtica
MPS	Muy pobremente seleccionado		

Clasificación	Grava gruesa	Grava mediana	Grava fina	Grava muy fina	Arena muy gruesa
AG	AG	AM	AF		
AM					
AF					
GMF					
AMG					

presentan una importante participación tanto de arenas como de gravas. Estas últimas presentan pobre a muy pobre selección, asimetría variable entre muy positiva y muy negativa y distribución mayormente platicúrtica a muy platicúrtica (P1, P2, P6, P7, P9, P14 y P15) hasta muy leptocúrticas (P3 y P16).

En sentido amplio los sedimentos de los subambientes intermareales altos pueden dividirse entre aquellos con predominio de arena (63%) y aquellos con predominio de gravas (37%). Esta característica puede correlacionarse con una sectorización espacial a lo largo de la costa (Fig. 3), ya que las muestras más gruesas se ubican preferentemente en los perfiles de los extremos norte (P1 a P4) y sur (P14 y P15) mientras que los sedimentos más finos se localizan en los perfiles más internos de la bahía (P9 a P13). Esta tendencia puede observarse también en la figura 4 en la cual la moda se correlaciona directamente con la media sólo en las muestras de los P5 y P10 a P13 donde predominan los sedimentos más finos y con mayor porcentaje de arena. En aquellos perfiles de los extremos norte y sur, la moda y media junto con la selección presentan valores más variables debido a una combinación de sedimentos gravosos y arenosos.

La figura 3 muestra la variación textural a lo largo de la costa en estudio. Teniendo en cuenta las proporciones de los distintos tamaños de grano que componen el subambiente intermareal alto (arena y grava) se pretende visualizar las principales características sedimentológicas de los distintos sectores de la costa. (Los perfiles centrales, P7 y P9, presentan una gran participación de gravas que se asocia a la cercanía con cordones litorales y acantilados activos que aportan material grueso.) La presencia de sedimentos totalmente arenosos en el subambiente intermareal se relaciona directamente con la presencia de dunas costeras como principal geoforma costera. A su vez, esto puede relacionarse con sectores de menor energía (bahías) donde la acumulación de materiales finos es frecuente, como son Playa El Doradillo (P5) y Bahía Nueva en Puerto Madryn (P10 a P13). Algo similar ocurre en el P17 salvo que, pese a estar en una bahía, posee ligeramente mayor cantidad de gravas por estar asociado a cordones litorales.

Los sedimentos que componen el interma-

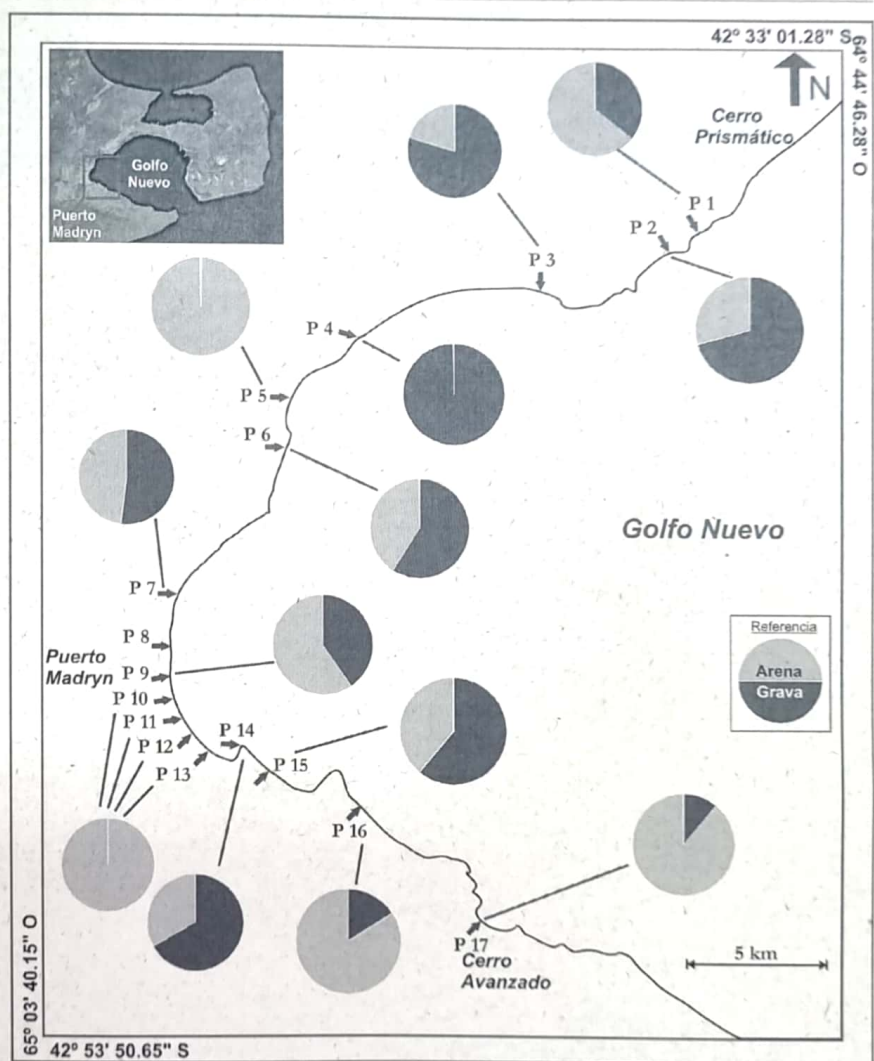


Figura 3: Distribución textural regional del ambiente intermareal alto a lo largo de la costa. Nótese la abundancia de sedimentos arenosos sobre todo en las principales bahías.

real bajo (Cuadro 2) se dividen en dos grupos con características texturales distintas. El primero corresponde a los sedimentos correspondientes a los perfiles de los extremos norte y sur (en este caso, P7, P9 y P14 y P15, respectivamente) y el segundo, a las muestras de los perfiles centrales (P10 a P13). En el primer grupo los sedimentos del subambiente intermareal bajo tienen distribuciones polimodales, son pobre a muy pobremente seleccionados con importante participación tanto de grava como de arena. Estas muestras se clasifican en su totalidad como arena gruesa ligeramente gravosa, con una participación de grava de entre el 17 y el 41%. Las distribuciones son mayormente

platicúrticas mientras que la asimetría resulta un parámetro variable. En el segundo grupo (los perfiles centrales P10 a P13) los sedimentos son de arena fina, bien a muy bien seleccionados con distribuciones unimodales, mayormente leptocúrticas con asimetría variable.

Comparando las muestras de los intermareales altos y bajos de los mismos perfiles entre sí se observan similitudes. Ambos subambientes de los perfiles extremos (P7, P9, P14 y P15) presentan sedimentos entre arenas gruesas y gravas finas mientras que en los perfiles centrales (P9 a P10) dominan las arenas finas. Además, en sentido amplio se observa que el subambiente intermareal

bajo de los perfiles de los extremos presentan mayores proporciones de arena que el subambiente intermareal alto de los mismos perfiles, lo cual podría relacionarse con la influencia que presentan las geoformas costeras (acantilados y cordones litorales) sobre este último subambiente. Esta tendencia no se observa en los perfiles centrales donde la granulometría es más homogénea entre subambientes.

Variaciones texturales de los sedimentos a lo largo del perfil de playa

Tras realizar el análisis a lo largo de la costa, se llevó adelante una caracterización textural en sentido transversal a la costa en aquellos perfiles donde el muestreo de todos los subambientes fue posible. Dichos perfiles (P9 a P13) comprenden la zona central de estudio y representan el sector urbano de la localidad de Puerto Madryn. Analizando la variación textural a lo largo de todos los perfiles se advierte una ligera tendencia a disminuir el tamaño de grano desde la playa distal hacia la zona de intermareal bajo. Exceptuando el P9, la correlación moda-media es buena en todos los perfiles con sedimentos de arena fina bien seleccionados en todos sus subambientes. Se observa un leve aumento de los valores de selección en la playa distal del P12 lo que se asocia a una pequeña proporción de material grueso (13%). Esta homogeneidad en el tamaño de grano desde las dunas costeras hasta los intermareales (arena fina) también se percibe en el P5 (perfil con duna costera) pese a no tener representados totalmente sus subambientes en el análisis granulométrico. A comparación de los sectores con duna costera, aquellos perfiles con desarrollo de dunas colgadas y acantilados sepultados presentan intermareales más gruesos por lo que a lo largo de sus subambientes la variación textural es más amplia.

Respecto al P9, se observa que pese a que sí existe una disminución del tamaño de grano desde la playa distal hacia el intermareal bajo, ésta variación es desde grava fina a arena gruesa, mientras que en el resto de los perfiles (P10 a P13) dicha variación se mantiene dentro del rango de arena fina. Debido a la gran dispersión de tamaños de grano la correlación moda-media no es buena y la selección es pobre. Esta diferencia textural que se registra en el P9 podría estar asociada a la influencia del muelle Luis Piedrabuena (ubicado a poco menos de 300 m al sur) y a

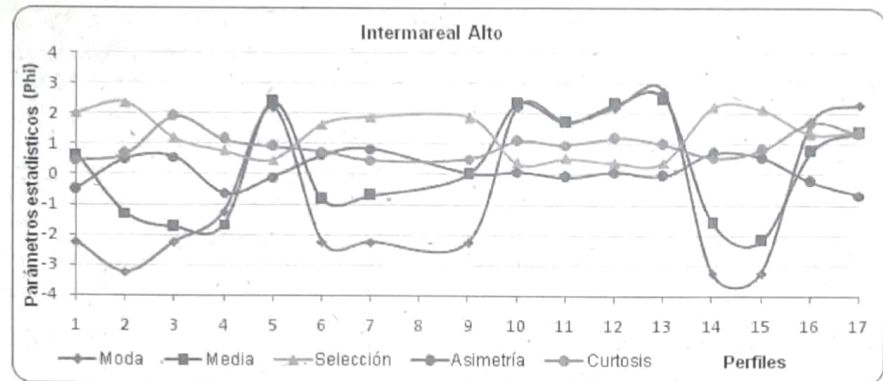


Figura 4: Variación de parámetros estadísticos del subambiente intermareal alto para todos los perfiles muestreados a lo largo de la costa.

la presencia de una desagüe pluvial (ubicado a 50 m al sur), el cual podría facilitar el lavado de los materiales más finos hacia el mar. A su vez, dentro de los perfiles centrales analizados, es aquel que se encuentra cercano al acantilado del sector norte de la ciudad cuya erosión podría aportar sedimentos gruesos a las playas de los alrededores.

Salvo por la simetría de los sedimentos eólicos, dada por la gran capacidad de transporte selectiva del viento, el resto de las arenas estudiadas presentan valores de simetría tan variables que resulta un parámetro poco útil para la discriminación de subambientes litorales. Un caso similar ocurre con el parámetro de curtosis. Incluso, tras analizar diagramas de dispersión bivariantes entre los parámetros estadísticos (asimetría vs media; selección vs asimetría y curtosis vs media) para cada subambiente no se ha obtenido un patrón de distribución definido, entendiéndose que variaciones locales (de aporte o transporte) podrían alterar los valores y dificultar la presencia de una tendencia clara a lo largo de la costa.

Composición de los sedimentos de playa y duna costera

El análisis petrográfico (Cuadro 3), realizado sobre la fracción 2.5 phi (entre 0.250 y 0.177 mm), permitió reconocer en los subambientes de duna y playa, en sentido amplio y en orden de abundancia, a los fragmentos líticos, cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico, alteritas, carbonatos, trizas y fragmentos pumíceos como componentes de la fracción liviana, y a piroxenos, anfíboles, granate, minerales opacos y epidoto como los principales componentes de la

fracción pesada (Fig. 5).

La fracción liviana de los sedimentos de playa y duna costera está integrada por fragmentos líticos (35% - entre volcánicos, 99%, y plutónicos, 1%), cuarzo (23%), plagioclasa (24%), feldespato potásico (6%), carbonatos (1%) y alteritas (5%).

Los fragmentos líticos representan un promedio de 35% del total de la fracción clásica, siendo el componente más abundante y en proporción casi constante a lo largo de la zona de estudio. La mayoría de ellos corresponden específicamente a fragmentos de origen volcánico. Pese a haber sido agrupados bajo una misma categoría a los fines cuantitativos, los fragmentos volcánicos no muestran las mismas características. A grandes rasgos se advierten tres clases de fragmentos líticos volcánicos. En la primera clase, se distinguen fragmentos subredondeados a subangulosos con texturas porfíricas (Fig. 5). En muy pocos casos se han encontrado texturas pilotácicas fluidales. En la segunda clase, se ha reconocido una abundante proporción de fragmentos líticos correspondientes a pastas de grano muy fino de tipo felsítico, donde los cristales de cuarzo y feldespato forman una agregado microcristalino característico (Fig. 5). Éstos son mayormente subredondeados y su abundancia es casi constante a lo largo de todas las muestras. Finalmente, para la tercera clase, se distinguen fragmentos líticos con texturas equigranulares de grano fino los cuales podrían asociarse a rocas hipabisales (posiblemente ácidas a intermedias). Cabe mencionar que se han reconocido además, líticos volcánicos con texturas esferulíticas y algunos con leve grado de deformación

aunque ambos en muy baja proporción. Los fragmentos pumíceos y trizas vítreas son muy escasos o nulos (1% en aquellas muestras donde es visible). El vidrio volcánico alcanza el 10% del total sólo en la muestra de duna costera de playa Garipé. En general, las trizas vítreas se presentan incoloras con formas elongadas entre curvas y angulosas, mientras que los fragmentos pumíceos son de color castaño claro y de bordes ligeramente redondeados. En sentido amplio, los fragmentos reconocidos corresponderían mayormente a rocas volcánicas félsicas e intermedias (riolitas a andesitas) a máficas. Los líticos plutónicos son muy escasos y se reconocen por su textura granosa fina (algunos de ellos con indicios de deformación). Las plagioclasas constituyen un 24% del total de las muestras con una participación homogénea y constante a lo largo de la costa. Está representada por individuos tabulares a equidimensionales y subredondeados

(Fig. 5). Presentan maclas polisintéticas y su grado de alteración es variable entre completamente bien preservados y límpidos hasta moderada e intensamente alterados a sericita o arcillas en menor proporción. La presencia de zonalidad es escasa. La procedencia de estas plagioclasas es variada entre rocas plutónicas y volcánicas.

La fracción cuarzosa está representada mayormente por cuarzo monocristalino (23%) y en menor medida por cuarzo policristalino (2%). Ambos se presentan en granos equidimensionales subredondeados y en menor medida subangulosos, todos límpidos (Fig. 5). En el cuarzo monocristalino la extinción relámpago es la más frecuente, siendo ocasional la presencia de extinción ondulosa. Son escasos los individuos rodeados por una ligera pátina de material arcilloso o ferruginoso. El cuarzo policristalino es muy poco frecuente y suele presentarse en agregados medianos a finos. Se advierte que, de acuerdo

a las diversas características de los clastos de cuarzo, éstos podrían presentar distinta procedencia. Los clastos más redondeados podrían indicar un aporte sedimentario, mientras que aquellos con extinción ondulosa y bordes angulosos o engolfados un origen volcánico. Además, algunos cuarzoes policristalinos presentan cierta deformidad de sus cristales lo cual podría indicar un origen metamórfico, al igual que aquellos que sólo presentan extinción ondulosa.

El feldespato potásico integra un promedio de 6% del total de las muestras. Está compuesto por granos subredondeados de ortosa con una frecuente alteración a materiales arcillosos que varía de moderada a intensa. Es dificultosa la identificación en aquellos individuos intensamente alterados. Son muy escasos (< 1%) los granos de feldespato con textura gráfica, exsoluciones peritíticas y los correspondientes a microclino. La presencia de estas características permite infe-

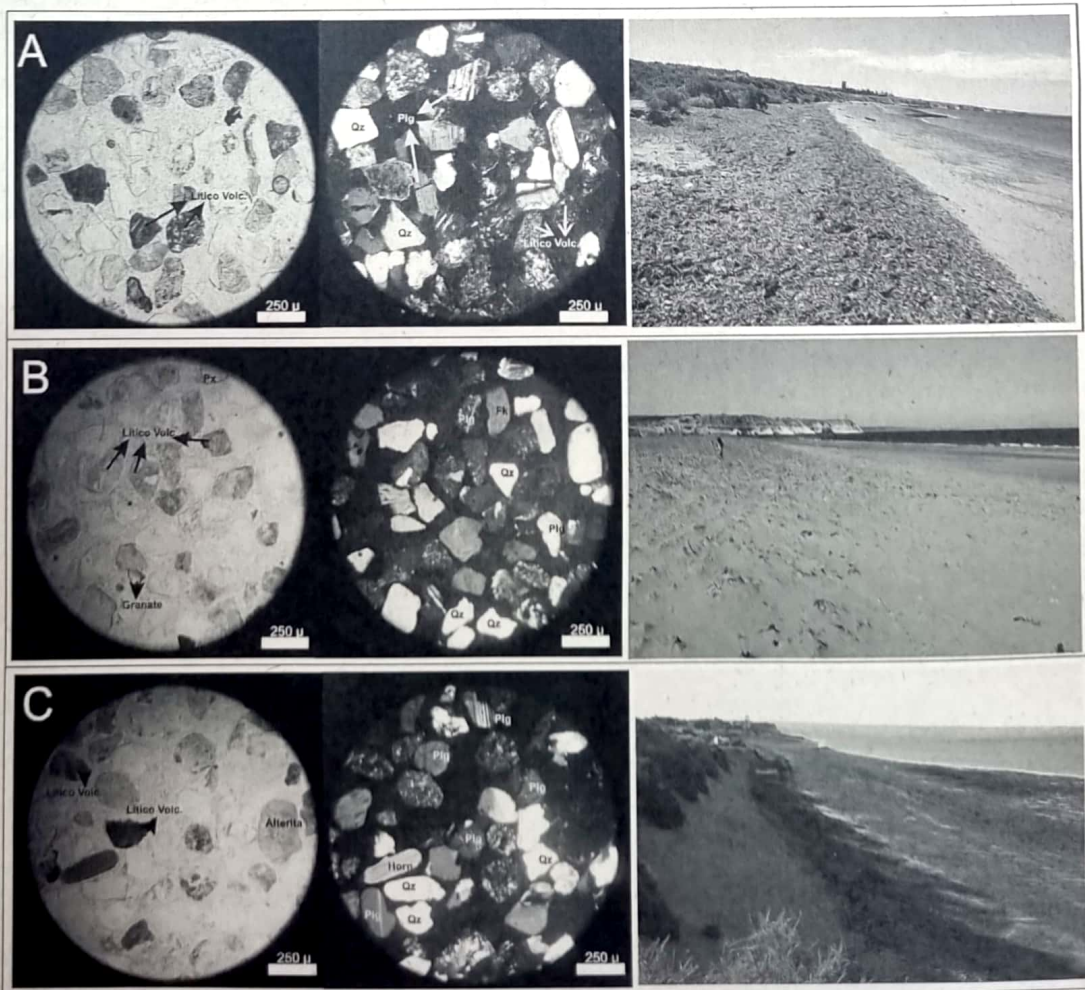


Figura 5: Microfotografías de secciones delgadas de las arenas del intermareal alto de los perfiles: Muelle Storni (a), El Doradillo (b), Playa Kaiser (c). Se muestran de izquierda a derecha las secciones con nicoles paralelos y la foto de campo del sitio correspondiente.

CUADRO 3: Composición de las arenas.

Perfil N°	Muestras (IA)	Plagioclasa	Cuarzo (monocristalino)	Cuarzo (policristalino)	Fragmentos Líticos	Feldespato Potásico	Alteritas	Carbonatos	Hornblenda	Clinopiroxenos	Ortopiroxenos	Granate	Minerales Opacos	Trizas Vitreas	Fragmentos Pumíceos	Epidoto	Zoicita	Circón	
5	El Doradillo	22	23	1	42	2	1	1	2	2	<1	1	2			1			
6	Playa Manara	20	22	1	40	6	6	4		1			<1						
7	Muelle Storni	25	22	2	27	7	10	2	<1	2	1	1			<1				
9	Pto Madryn 2	26	22	1	32	6	7	3		2		1			<1				
10	Pto Madryn 3	26	25	2	38	6	3	<1											
11	Pto Madryn 4	26	24	1	35	9	4			<1									
12	Pto Madryn 5	28	26	2	31	6	5	1	1	<1									
13	Pto Madryn 6	28	26	2	28	9	5	<1		<1	<1					<1	<1	<1	
14	Punta Cuevas	18	20	1	26	10	8	2	1	6	2	2	3			1		<1	
15	Playa Kaiser	24	25	2	33	8	4	1	1	1	1	<1				<1			
17	Co Avanzado	25	22	1	39	3	2	3	1	<1		1	1	1		1			
Dunas																			
2	Playa Garipe	20	23	1	34	3	2		<1	1		2	1	2	10	<1			
-	Punta Este	21	23	1	44	4		2	1	2				1		1			
Pto Mad. 6																			
13	Playa Distal	26	28	2	25	7	8	<1	<1	2	<1		<1			<1		<1	
13	Inter. Alto	28	26	2	28	9	5	<1		<1	<1					<1	<1	<1	
13	Inter. Bajo	24	20	2	38	3	6		1	2	1	<1	1	2		<1			

Porcentajes de los minerales observados en cortes delgados en base a 300 individuos contabilizados. Se muestran comparativamente los subambientes de intermareal alto a lo largo de la costa de norte a sur; duna en extremo norte y sur; y subambientes transversales a la costa del Perfil Puerto Madryn 6.

rir un origen plutónico de estos clastos de feldespato.

Las alteritas, formadas por clastos intensamente alterados, presentan granos subredondeados de aspecto terroso de coloración castaña clara a oscura y rojiza. Pese a que son escasos, su presencia no es despreciable, con un promedio del 5 %.

Los fragmentos carbonáticos constituyen apenas el 1% de las muestras en aquellas donde están presentes. Se estima que corresponden mayormente a fragmentos de conchillas u organismos calcáreos. En general, suelen presentar color rosado claro y bordes

irregulares que pueden ser totalmente redondeados o angulosos.

La fracción pesada de las arenas de playa y dunas costeras es minoritaria (< 5%) y se compone de piroxenos (1-2%) y anfíboles, granate, minerales opacos, epidoto, zoicita y circón (en escasa proporción, menos del 1%). Los piroxenos son los componentes más representativos de la fracción pesada pese a que sólo alcanzan un promedio de entre 1 y 2% del total de la muestra. Están compuestos por clinopiroxenos y ortopiroxenos. Los primeros están representados por augita con tendencia a formas prismáticas a equi-

dimensionales y bordes subredondeados. Presentan un color verde pálido a incoloro, con birrefringencia moderada. La presencia de ortopiroxenos es muy escasa a nula.

La presencia de anfíboles es prácticamente despreciable siendo < 1% en aquellas muestras donde están presentes. Están representados por hornblenda en su variedad castaña a verdosa constituyendo individuos de hábito prismático y aspecto fresco. La lamprobolita, por ejemplo, fue identificada en granos elongados y redondeados de color castaño oscuro a rojizo intenso y con marcado pleocroísmo en al menos una muestra.

El resto de los minerales pesados conforman una fracción mínima de las muestras (< 1% en promedio) y están representados por escasos individuos de granate, minerales opacos, epidoto, zoicita y circón. El granate presenta granos equidimensionales de incoloros a rosado claro. Los granos de epidoto son pequeños y presentan color verde claro a amarillento. Las reducidas cantidades de minerales como granate y epidoto sugieren un escaso aporte de rocas metamórficas. Los minerales opacos son aislados con granos subredondeados y equidimensionales, y muchos de ellos se concentran dentro de los clastos de rocas volcánicas (por lo que no fueron contabilizados como clastos individuales en este caso). Su composición no fue determinada para este trabajo. Tanto la zoicita como el circón también fueron identificados en muy bajas proporciones, ambos con granos pequeños y equidimensionales.

Variación espacial de la composición mineralógica de los sedimentos de playa y duna costera

Analizando el cuadro 3 se puede ver que la composición de las arenas de los subambientes intermareales altos de los perfiles seleccionados es homogénea a lo largo de la costa y con pocas variaciones de un perfil a otro. La proporción de los componentes principales se mantiene prácticamente constante, con algunas ligeras variaciones en los componentes minoritarios o accesorios. Sólo se destaca un leve aumento de los minerales pesados (como piroxenos, opacos y granate) en la muestra correspondiente al perfil Punta Cuevas (P14). Esta pequeña diferencia podría deberse a que el subambiente intermareal alto está muy expuesto a un sector predominantemente erosivo al pie de un acantilado activo, lo cual podría favorecer la acumulación de materiales provenientes del desgaste del mismo.

La composición de los sedimentos de las dunas costeras es, a grandes rasgos, similar entre sí. Sin embargo, las arenas de Playa Garipé (P2) poseen mayor proporción de fragmentos pumíceos mientras que las arenas de Punta Este poseen ligeramente mayor proporción de fragmentos líticos. Esta diferencia podría deberse a una variación en la composición de las áreas de aporte, aunque para arribar a una conclusión certera es necesario realizar un estudio más detallado sobre la composición de las dunas costeras

en la zona.

Las muestras de playa analizadas del perfil Puerto Madryn 6 (P13), tienen variaciones composicionales importantes entre sus subambientes. Se advierte un aumento de fragmentos líticos hacia el sector intermareal bajo con una disminución de la proporción de cuarzo sobre la plagioclasa.

DISCUSIÓN

El análisis textural indica que los sedimentos que componen las playas muestran menor grado de selección hacia los extremos norte y sur mientras que los sedimentos de la bahía central (bahía Nueva) presentan mejor selección. Esta variación puede asociarse a que los materiales que conforman las playas no sólo provienen de la erosión de los acantilados activos sino que están íntimamente relacionados con las geoformas costeras que se desarrollan en cada perfil. En este sentido, se asocian playas más arenosas a sectores con desarrollo de duna costera, mientras que playas mixtas (arena y grava) se asocian a sectores con predominio de acantilados activos y cordones litorales. Según un estudio similar en costas patagónicas (Etchichury y Remiro 1979), estas diferencias granulométricas se asocian a las irregularidades de la costa y a la incidencia que tienen sobre ésta los distintos agentes de sedimentación (marino, eólico, etc.).

Pese a las variaciones texturales, los sedimentos no presentan mayores diferencias composicionales a lo largo de la costa en la fracción estudiada. Las proporciones de cuarzo, plagioclasa y fragmentos líticos son prácticamente constantes a lo largo de todos los perfiles analizados, observándose alguna pequeña diferencia en componentes minoritarios. Esta constancia en la composición permite interpretar que la principal fuente de aporte de los sedimentos costeros es local, sin alimentación alóctona (al menos en el ámbito del golfo Nuevo). Las geoformas costeras (dunas costeras, cordones litorales, plataformas de abrasión, acantilados activos) influenciadas por los procesos de erosión y sedimentación constituyen áreas de aporte directas de los sedimentos de playa. Los cursos fluviales que surcan el área de estudio son efímeros, de corta extensión y su aporte se restringe a la erosión de las sedimentitas terciarias sobre las que ocurren, sólo en períodos de precipitaciones. Se esta-

blece, por otro lado, que no existe aporte de materiales por deriva litoral dentro del golfo (ya que no hay evidencias de ello) ni cursos fluviales alóctonos que alimenten el sistema costero, desarrollándose un transporte de sedimentos *onshore-offshore*.

Para constatar esta hipótesis se llevó adelante un estudio comparativo entre la petrografía de los sedimentos actuales y aquella descrita previamente en los acantilados por distintos autores. Uno de los estudios más completos es el de Castro (1981) sobre los afloramientos de la Formación Puerto Madryn en península de Valdés. En su trabajo, las muestras presentan hasta 95% de arena aunque algunas alcanzan hasta un 20% de limo, correspondiendo mayormente a areniscas volcánicas de grano fino a medio. La fracción liviana alcanza hasta el 98% de abundancia siendo minoritarios la fracción pesada y los minerales magnéticos. Analizando numerosas muestras se describe en promedio una abundancia de plagioclasa del 35%, fragmentos líticos del 30% (mayormente de origen volcánico), cuarzo del 20% y feldespatos potásicos del 5%. Las asociaciones mineralógicas sugieren una procedencia de rocas volcánicas y en menor proporción de rocas metamórficas, sedimentarias y plutónicas (Castro 1981). Según un estudio de Sato (1981) sobre las sedimentitas de la Formación Puerto Madryn, domina la presencia de areniscas tobáceas con un contenido de material arenoso que varía entre el 50 y 70%, con predominio de arena fina a mediana (135 a 260 micrones). En general, se registra una proporción de minerales livianos de hasta 96% y de minerales pesados de menos 5% en promedio. La presencia de plagioclasa y fragmentos líticos (30%) dominan en promedio por sobre los demás componentes como cuarzo (15%) y feldespatos potásicos (10%) (Sato 1981). Otro aporte (Vrba 1985) muestra areniscas líticas compuestas principalmente por arenas medianas (0,27 mm) en un 90% y con abundancia de minerales mayoritarios muy similares. Según resultados de Scasso y del Río (1987) sobre la petrografía de las sedimentitas Miocenas aflorantes en la zona (Formaciones Gaiman y Puerto Madryn) la composición promedio de los componentes dominantes es: plagioclasa (29%), fragmentos líticos (27%), vidrio (27%) y cuarzo (12%), destacándose una importante cantidad de vidrio y la inmadurez mine-

ralógica de los sedimentos. Las facies más arenosas descritas alcanzan entre 41 y 85% de arena, mientras que en las facies más finas domina la fracción arcillosa hasta un 55%. En su trabajo, estos autores postulan un origen volcánico como fuente de aporte principal a la formación de la secuencia sedimentaria, un aporte piroclástico directo y otro por erosión de volcanitas y piroclastitas previas de naturaleza variada entre mesosilícicas a básicas, con escaso aporte de rocas metamórficas y plutónicas (Scasso y del Río 1987). Cabe mencionar que, pese a que las arenas de playa analizadas son consideradas sedimentos mineralógicamente muy inmaduros (Etchichury y Remiro 1979), presentan ligeramente mayor madurez mineralógica en comparación con las sedimentitas descritas por Sato (1981) y por Scasso y del Río (1987) debido al aumento de cuarzo (de 15% y 12% respectivamente, a 23%) y a la disminución notable del vidrio. Esta relación se debe a que las arenas de playa poseen un retrabajo por oleaje que permite la destrucción de materiales lábiles como el vidrio y el aumento relativo de cuarzo. Más recientemente se destaca la contribución de Marengo (2015) quien realizó análisis petrográficos de tres perfiles (dos en Península Valdés y uno en Playa El Doradillo) y determinó que el material clástico de las sedimentitas Miocenas fue mayormente aportado por actividad volcánica y sedimentación con poco aporte de origen plutónico y metamórfico.

La comparación entre los análisis petrográficos realizados en este trabajo sobre las arenas de playa actuales y aquellos presentados por Castro (1981), Vrba (1985), Sato (1981), Scasso y del Río (1987) y Marengo (2015) sobre los afloramientos terciarios que rodean al golfo Nuevo permite establecer una relación directa entre ellos. La cantidad de arena de los afloramientos descrita por dichos autores, principalmente sobre la Formación Puerto Madryn (que en promedio alcanza entre un 40 y 70%) resulta una fuente de material directa al sistema costero, mientras que la composición petrográfica y la abundancia de los componentes mayoritarios (livianos) es equivalente a los descriptos en las muestras analizadas en el presente trabajo. Esto denota que más allá de la naturaleza original de los materiales, el área de proveniencia más importante de los sedimentos actuales de las playas lo constituyen los

acantilados labrados sobre las Formaciones Puerto Madryn y Gaimán que dominan el paisaje costero a lo largo de la zona de estudio y todo el golfo Nuevo (Fig. 2). Sin embargo, es sabido que no sólo las rocas fuente controlan la composición de los sedimentos. Por lo que debe considerarse también, como parte de esta discusión, que el clima (árido en esta región) y el tiempo de retrabajo (corto debido a la joven edad del golfo Nuevo) son dos factores importantes.

Por otro lado, en comparación con las arenas del litoral bonaerense, los sedimentos de la costa norpatagónica estudiada son gruesos y pobremente seleccionados, pero según Etchichury y Remiro (1979) y Etchichury y Tófaló (1996) resultan más finos que los del sur (Santa Cruz y Tierra del Fuego). Es decir que, por sus caracteres texturales los sedimentos de este tramo representan una zona de transición entre aquellos de la porción austral de Santa Cruz y los de la costa bonaerense (Etchichury y Remiro 1979). Además, estos autores encuentran los sedimentos de las playas norpatagónicas mineralógicamente inmaduros, lo cual se acentúa desde Bahía Blanca hacia el sur, mientras que sin embargo, sí presentan madurez textural (Etchichury y Remiro 1979). De acuerdo a los trabajos en la costa de Buenos Aires de Marcomini (2002), López (2010) y Buniconro (2012), entre muchos otros, las arenas de dichas playas presentan cantidades más altas de feldespato potásico en relación a la plagioclasa, valores similares de cuarzo y menor cantidad de fragmentos líticos. Se observa, entonces, que existe un aumento progresivo de componentes líticos, especialmente volcánicos, desde el litoral bonaerense hacia el sur, en tanto que el cuarzo y el feldespato alcalino se reducen débilmente en igual sentido (Etchichury y Remiro 1979 y Etchichury y Tófaló 1996).

En sentido regional, Potter (1994) determinó una asociación composicional para las arenas de playas y ríos de Argentina con una relación promedio de cuarzo-feldespato-fragmentos líticos de 26:18:56, con una dominancia clara de fragmentos líticos volcánicos, provenientes de la Cordillera de los Andes. Esta contrariedad de hallar una asociación composicional de margen activo en las arenas del margen pasivo del litoral argentino fue también analizada por Etchichury y Tófaló (1996), entendiéndose que factores como la geografía de Sudamérica,

las direcciones de drenaje y vientos, el clima y los relictos del paisaje Pleistoceno podrían ser la causa de esta diferencia. Más recientemente, Etchichury y Tófaló (2004) establecieron para el sector austral de la cuenca Chacoparanense dos asociaciones mineralógicas que permiten sectorizar dos regiones definidas en base a su composición y área de aporte dominante. La metodología específica considerada por estas autoras podría aplicarse en futuros estudios para la sectorización regional de los sedimentos litorales patagónicos analizados en este trabajo.

CONCLUSIONES

El relevamiento y análisis de las muestras de sedimentos de playas distribuidos en 17 perfiles transversales a la línea de costa, en la región occidental del golfo Nuevo (Chubut), permitió caracterizar en detalle la textura y composición de los materiales que los componen.

Los sedimentos del subambiente intermareal alto son los que muestran menor selección con texturas variables (arena: 62% y grava: 38%). Los intermareales bajos presentan sedimentos mejor seleccionados y mayormente arenosos. Las playas distales (sólo presentes en los perfiles centrales del área de estudio P9 a P13) presentan menor variación textural y dominancia de arena por encima del 90%. Los sedimentos que componen las dunas costeras son homogéneos, mayormente constituidos por arena fina bien seleccionada.

A diferencia de la textura, la composición de las muestras analizadas no muestra grandes variaciones, con una dominancia notable de la fracción liviana (95%) por sobre la fracción pesada (5%). Los sedimentos están caracterizados mayormente y en promedio por fragmentos líticos (35%), plagioclasa (24%), cuarzo (23%), y feldespato potásico (6%) siendo el resto de sus componentes minoritarios.

Tras el análisis se puede observar que las mayores variaciones son texturales y no composicionales y que debido a la falta de aporte de materiales alóctonos al sistema costero (ausencia de deriva litoral y cursos fluviales de alimentación alóctona) la principal fuente de aporte de material a las playas es local y reside mayormente en la erosión de las geoformas costeras dentro del golfo. Por ello, y luego de la comparación entre la

composición y abundancia de los materiales que componen los afloramientos terciarios de la zona y los sedimentos de playa estudiados, se establece que la principal fuente de aporte de dichos materiales en tránsito corresponde a la erosión de los acantilados que rodean todo el golfo Nuevo correspondientes a las Formaciones Gaiman y Puerto Madryn. La erosión de estas geoformas estaría aportando en promedio entre un 40 y un 70% de material arenoso (arena mediana a fina) que en algunos casos podría alcanzar el 90% (de acuerdo con estudios petrográficos de distintos autores). En menor proporción, pero no menos importante, el transporte de arena también está asociado al desarrollo de las dunas costeras, mientras que el material más grueso (gravas y arenas gruesas) podría provenir de la erosión hídrica de los cordones litorales, depósitos de bajadas y terrazas fluviales presentes en las cercanías del área costera. La proveniencia local de sedimentos y el análisis hidrodinámico de los mismos dentro del golfo, permite establecer un sistema de transporte *onshore-offshore* de los materiales en tránsito, además de un sistema de corrientes locales desde los cabos (erosión) hacia las bahías (acumulación). Se considera entonces, que este estudio constituye un aporte sustancial para profundizar los conocimientos sedimentológicos de la zona y sienta un antecedente preciso para futuras investigaciones sobre sedimentos actuales en zonas costeras de Argentina.

AGRADECIMIENTOS

La presente contribución fue financiada a través de los subsidios otorgados por la Universidad de Buenos Aires. Se agradece a los evaluadores, Dra. Rita Tófaló y Dr. Jose Cuitiño, por sus valiosas observaciones y sugerencias que contribuyeron a mejorar este trabajo.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Alsharhan, A. y El-Sammak, A. 2004. Grain-size analysis and characterization of sedimentary environments of The United Arab Emirates coastal area. *Journal of Coastal Research* 20: 464-477.
- Bird, E. 2000. *Coastal Geomorphology: an introduction*. John Wiley & Sons, 322 p., Oxford.
- Blanco, B. 2012. Geomorfología costera y evolución de la Isla Jabal y alrededores. Trabajo Final de Licenciatura, Universidad de Buenos Aires (inédito), 162 p., Buenos Aires.
- Blott, S. 2000. GRADISTAT version 4.0. A grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments by sieving or laser granulometer. Surfer processes and modern environments research group. University of London.
- Bunicontro, M.P. 2012. Geología, dinámica costera y ordenamiento territorial en Santa Clara del Mar, municipio de Mar Chiquita, provincia de Buenos Aires. Trabajo Final de Licenciatura, Universidad de Buenos Aires (inédito), 158 p., Buenos Aires.
- Carranza-Edwards, A. 2001. Grain size and sorting in modern beach sands. *Journal of Coastal Research* 17: 38-52.
- Carranza-Edwards, A., Kasper-Zubillaga, J.J., Rosales-Hoz, L., Morales-de la Garza, E.A. y Lozano-Santa Cruz, R. 2009. Beach sand composition and provenance in a sector of the southwestern Mexican Pacific. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 26: 433-447.
- Castro, L. 1981. Estudio sedimentológico de las psamitas, pelitas y calizas de la Formación Puerto Madryn correspondiente a las localidades de Puerto Pirámides y Punta Delgada, Península Valdés, provincia de Chubut. Trabajo Final de Licenciatura, Universidad de Buenos Aires (inédito), 135 p., Buenos Aires.
- Cortelezzi, C., De Salvo, O. y De Francesco, F. 1965. Estudio de las gravas tehuelches de la región comprendida entre el río Colorado y el Río Negro, desde la costa de la provincia de Buenos Aires hasta Choele Choel. *Acta Geológica Lilloana* 6: 65-85, San Miguel de Tucumán.
- Cortelezzi, C., De Salvo, O. y De Francesco, F. 1968. Estudio de las gravas tehuelches de la región comprendida entre el río Colorado y el Río Negro, desde la costa atlántica hasta la cordillera. 3º Jornadas Geológicas Argentinas, Actas 3: 123-145, Buenos Aires.
- Cortés, J.M. 1987. Descripción geológica de la Hoja 42h, Puerto Lobos, provincia de Chubut. Dirección Nacional de Minería y Geología. Boletín 97, 68 p. Buenos Aires.
- Cuitiño, J.I., Dozo, M.T., del Río, C.J., Buono, M.R., Palazzesi, L., Fuentes, S. y Scasso, R.A., 2017. Miocene marine transgressions: paleoenvironments and paleobiodiversity. En: Bouza, P.J. y Birmes, A. (eds.), *Late Cenozoic of Península de Valdés, Patagonia Argentina: an interdisciplinary approach*. Springer Earth Systems Series, p. 47-84.
- Davis, R. 1989. Texture, composition and provenance of beach sands, Victoria, Australia. *Journal of Coastal Research* 5: 37-47.
- del Río, C. 1988. Bioestratigrafía y cronoestratigrafía de la Formación Puerto Madryn (Mioceno medio) – provincia de Chubut – Argentina. *Anales de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 40: 231-254, Buenos Aires.
- Etchichury, M.C. y Remiro, J.R. 1979. Sedimentos de playa de la zona comprendida entre Balneario El Cóndor (provincia de Río Negro) y Puerto Madryn (provincia de Chubut). VI Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 281-302, Bahía Blanca.
- Etchichury M. C. y Tófaló, O. R. 1996. Un margen pasivo con mineralogía contradictoria: litoral argentino. 6º Reunión Argentina de Sedimentología, Actas: 49-54, San Juan.
- Etchichury M. C. y Tófaló O. R. 2004. Mineralogía de arenas y limos en suelos, sedimentos fluviales y cólicos actuales del sector austral de la cuenca Chacoparanense. Regionalización y áreas de aporte. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 59: 317-329.
- Fidalgo, F. y Riggi, J. 1970. Consideraciones geomórficas y sedimentológicas sobre los Rodados Patagónicos. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 25: 430-443.
- Folk, R. y Ward, W. 1957. Brazos river bar: a study of the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology* 25: 297-301.
- Gelós, E., Spagnuolo, J. y Schillizzi, R. 1990. Caracteres texturales y mineralógicos de sedimentos de playa de la costa norte del golfo San Matías. *Revista de la Asociación Argentina de Mineralogía, Petrología y Sedimentología* 21: 41-52.
- Gelós, E., Spagnuolo, J., Schillizzi, R. y Gómez, E. 1994. Mineralogía de los sedimentos de playa entre San Antonio Oeste (Río Negro) y Puerto Lobos (Chubut). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 49: 85-92.
- González Díaz, E. y Di Tommaso, I. 2011. Evolución geomorfológica y cronología relativa de los niveles aterrizados del área adyacente a la desembocadura del río Chubut al Atlántico (Provincia del Chubut). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 68: 507-525.
- Haller, M. 1979. Estratigrafía de la región al poniente de Puerto Madryn, provincia del Chubut, República Argentina. 7º Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 285-297, Buenos Aires.
- Haller, M. y Mendía, J. 1980. Las sedimentitas del ciclo Patagónico en el litoral atlántico norpatagónico. Coloquio "R. Wichmann". 8º Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 593-606,




- San Luis.
- Haller, M.J., Meister, C., Monti, A.J. y Weiler, N. 2005. Hoja Geológica 4366-II, Puerto Madryn, provincia del Chubut. Dirección Nacional del Servicio Geológico, 39 p., Buenos Aires.
- Isla, F.I. y Bértola, G. 2003. Morfodinámica de las playas meso y micromareales entre Bahía Blanca y Río Negro. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología* 10: 65-74.
- Isla, F. y Cortizo, L. 2014. Sediment input from fluvial sources and cliff erosion to the continental shelf of Argentina. *Journal of Integrated Coastal Zone Management* 14: 541-552.
- Isla, F.I., Farenga, M.O., Cortizo, L.C., Bertola, G.R. y Serra, S.B. 1997. Dinámica morfosedimentaria de playas de arena y grava: Mar del Sur, Arenas Verdes y Costa Bonita. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología* 4: 15-24.
- Isla, F., Iantanos, N. y Estrada, E. 2002. Playas reflectivas y disipativas macromareales del Golfo San Jorge, Chubut. *Revista Asociación Argentina de Sedimentología* 9: 155-164.
- Isla, F., Spagnuolo, J. y Gelós, E. 2000. Sedimentología y mineralogía de playas de Tierra del Fuego y Sector Antártico Argentino (Arco de Scotia e islas asociadas). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 55: 216-228.
- Krepper, C. y Rivas, A. 1979. Dinámica de las aguas costeras en Golfo Nuevo. Medición de corrientes en superficies derivantes. *Acta Oceanográfica Argentina* 2: 83-106.
- Labraga, J.C. y De Davies, E.C. 2013. Datos de la estación meteorológica del Centro Nacional Patagónico (CONICET), Puerto Madryn (42°46'S; 65°02'W), Chubut, Argentina. <http://200.9.244.24/fisicambien/climaPM.htm> (último acceso agosto 2016).
- López, R. 2010. Geología y dinámica costera del Cabo San Antonio, provincia de Buenos Aires. Tesis doctoral., Universidad de Buenos Aires (inédita), 368 p. Buenos Aires.
- Manograsso, T. 2008. Caracterización geológico-ambiental y manejo costero del sector comprendido entre las localidades de Claromecó y Reta. Trabajo Final de Licenciatura. Universidad de Buenos Aires (inédito), 158 p., Buenos Aires.
- Marcomini, S. 2002. Morfodinámica, sedimentología, geomorfología ambiental y sus alteraciones antropogénicas en costas de dunas del noreste de la provincia de Buenos Aires. Tesis doctoral, Universidad de Buenos Aires (inédita), 360 p., Buenos Aires.
- Marengo, H. 2006. Micropaleontología y estratigrafía del mioceno marino de la Argentina: las transgresiones de Laguna Paiva y del "Entre-riense-Paranense". Tesis doctoral, Universidad de Buenos Aires (inédita), 123 p., Buenos Aires.
- Marengo, H. 2015. Neogène micropalaeontology and stratigraphy of Argentina. The Chaco-Paranaense Basin and the Península de Valdés. *Springer Briefs in Earth Systems Series*, 218 p., New York.
- Martínez, F.R. 2015. Geología, dinámica y ordenamiento territorial del sector comprendido entre las localidades de Las Grutas y Piedras Coloradas, departamento de San Antonio, provincia de Río Negro. Trabajo Final de Licenciatura, Universidad de Buenos Aires (inédito), 153 p., Buenos Aires.
- Masselink, G. y Short, A.D. 1993. The effect of tide range on beach morphodynamics and morphology: a conceptual model. *Journal of Coastal Research* 9: 785-800.
- Mazio, C., Dragani, W., Caviglia, F. y Pousa, J. 2004. Tidal hydrodynamics in Golfo Nuevo, Argentina and the adjacent continental shelf. *Journal of Coastal Research* 20: 1000-1011.
- McLean, R. y Kirk, R. 1969. Relationship between grain-size, size-sorting and foreshore slope on mixed sand-shingle beaches. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics* 12: 138-155.
- Mendía, J. y Bayarsky, A. 1981. Estratigrafía del Terciario del Valle Inferior del río Chubut. 8º Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 593-603, San Luis.
- Monti, A. 1996. Características geológicas, zonificación y usos de la costa en la ciudad de Puerto Madryn, Chubut. *Revista de la Asociación Argentina Aplicada a la Ingeniería* 10: 199-212.
- Monti, A. y Bayarsky, A. 1996. Tendencias generales del transporte de sedimentos en la playa de Puerto Madryn, Chubut. 6º Reunión Argentina de Sedimentología, Actas: 225-230, Bahía Blanca.
- Mouzo, F. y Garza, M. 1979. Rasgos de la geología submarina del Golfo Nuevo (provincia del Chubut). 6º Congreso Geológico Argentino, Actas: 413-430, Buenos Aires.
- Nordstrom, K.F. 1977. The use of grain size statistics to distinguish between high- and moderate energy beach environments. *Journal of Sedimentary Petrology* 47: 1287-1294.
- Paterlini, C. y Mouzo, F. 2013. Exploración sísmica del Golfo Norpatagónico San José, Plataforma Continental Argentina, provincia de Chubut. *Geoacta* 38: 81-94.
- Pettijohn, F.J., Potter, P.E. y Siever, R. 1987. *Sand and Sandstone*. Springer, 553 p., New York
- Pirraglia, L. 2015. Geomorfología costera e impacto ambiental del sector comprendido entre San Antonio Oeste y Los Álamos, provincia de Río Negro. Trabajo Final de Licenciatura, Universidad de Buenos Aires (inédito), 140 p., Buenos Aires.
- Potter, P. 1994. Modern sands of South America: composition, provenance and global significance. *Geologische Rundschau* 83: 212-232.
- Pyökäri, M. 1999. Beach sediments of Crete: texture, composition, roundness, source and transport. *Journal of Coastal Research* 15: 537-553.
- Rivas, A. y Beier, E. 1990. Temperature and salinity fields in the Northpatagonic Gulfs. *Acta Oceanográfica Argentina* 13: 15-20.
- San Martín, L. 2012. Geomorfología, morfodinámica, impactos antrópicos y vulnerabilidad a la erosión del sector costero entre las localidades de Mar Chiquita y Mar de Cobo. Trabajo Final de Licenciatura, Universidad de Buenos Aires (inédito), 278 p., Buenos Aires.
- Sato, A. 1981. Estudio sedimentológico de cuatro perfiles realizados en sedimentitas terciarias del ámbito de la Península Valdés. Trabajo Final de Licenciatura, Universidad de Buenos Aires (inédito), 144 p., Buenos Aires.
- Scasso R. y del Río, C. 1987. Ambiente de sedimentación, estratigrafía y proveniencia de la secuencia marina el Terciario Superior de la región de la Península Valdés, Chubut. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 42: 291-321.
- Servicio de Hidrografía Naval, 2016. Tablas de Mareas de Puerto Madryn. http://www.hidro.gob.ar/oceanografia/Tmareas/Form_Tmareas.asp (último acceso agosto de 2016).
- Sitjá y Balbastro, J.M. 2011. Geomorfología actual y evolutiva de la cuenca baja del Riachuelo y zona costera. Ciudad Autónoma y provincia de Buenos Aires, República Argentina. Trabajo Final de Licenciatura, Universidad de Buenos Aires (inédito), 120 p., Buenos Aires.
- Spalletti, L.A. y Mazzoni, M.M. 1979. Caracteres granulométricos de arenas de playa frontal, distal y médanos del litoral Atlántico bonaerense. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 34 (1): 12-30.
- Spiegelman, A. y Busters, A. 1978. Caracterización litoestratigráfica de las sedimentitas terciarias en las localidades de Barrancas Blancas (Puerto Madryn), Bahía Craker e Isla Escondida (Punta Lobos), Provincia del Chubut, República Argentina. 7º Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 659-671, Neuquén.
- Spinoglio, B. 2010. Geomorfología costera e impacto ambiental del sector comprendido entre Quequén y el balneario Los Ángeles. Trabajo

- Final de Licenciatura, Universidad de Buenos Aires (inédito), 196 p., Buenos Aires.
- Teruggi, M. 1959. Las arenas de la costa de la provincia de Buenos Aires entre Cabo San Antonio y Bahía Blanca. Laboratorio de Ensayo de Materiales e Investigación Tecnológica. Serie 2(77): 1 -37, La Plata.
- Teruggi, M. 1964. Las arenas de la costa de la provincia de Buenos Aires, entre Bahía Blanca y Río Negro. Laboratorio de Ensayo de Materiales e Investigación Tecnológica, Serie 2 (81): 1-38, La Plata.
- Violante, R., Costa, I., Cavallotto, J., Paterlini, C., Marcolini, S. y Bozzano, G. 2014. Rasgos morfosedimentarios, procesos y evolución de la plataforma continental argentina desde el Último Máximo Glacial. Revista de la Asociación Geológica Argentina 71: 292-310.
- Vrba, A. 1985. Descripción geológica del terciario en los alrededores de Trelew, provincia de Chubut. Trabajo Final de Licenciatura, Universidad de Buenos Aires (inédito), 82 p., Buenos Aires.

Recibido: 5 de julio de 2016

Aceptado: 8 de septiembre de 2016



	INFORME AMBIENTAL DE PROYECTO PLANTA POTABILIZADORA DE OSMOSIS INVERSA	Versión Julio 2023
---	---	-----------------------

Anexo XIV. Matriz de Impacto Ambiental del proyecto “Planta Potabilizadora de Ósmosis Inversa”, ubicado dentro del predio de Aluar en la ciudad de Puerto Madryn, Chubut.


[JA]
María Josefina Aristerain
Ing. Ambiental
M.P. 2212

	CONSULTORA AMBIENTAL N°287 Dec. N°185/09, 1.003/16 y modificatorias del MACyDS - Chubut	Página 160 de 162
--	--	----------------------

"PPOI - Planta Potabilizadora Ósmosis Inversa" en la ciudad de Puerto Madryn, Chubut - ALUAR S.A.I.C.



ACCIONES SUSCEPTIBLES DE PROVOCAR IMPACTOS

FACTORES AMBIENTALES

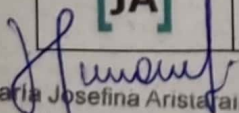
ACCIONES SUSCEPTIBLES DE PROVOCAR IMPACTOS	MEDIO FÍSICO NATURAL										SOCIOECONÓMICO					IMPACTO AMBIENTAL TOTAL
	BIÓTICO Y PERCEPTUAL					INERTE					SOCIAL		ECONÓMICO			
	FLORA TERRESTRE Y ACUÁTICA	FAUNA TERRESTRE Y ACUÁTICA	PAISAJE	IMPORTANCIA RELATIVA	AGUA SUPERFICIAL	AIRE	SUELO	IMPORTANCIA RELATIVA	IMPORTANCIA RELATIVA TOTAL	SAUD/SEGURIDAD	IMPORTANCIA RELATIVA	INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS	GENER. EMPLEOS	ACTIVIDAD ECONÓMICA	IMPORTANCIA RELATIVA	
UNIDADES DE IMPORTANCIA																
	100	100	80	0,28	150	50	1,00	0,3	0,58	210	0,21	70	70	70	0,21	0,42
PS.L.S.	-17		-18	-11		-21	-23	-11	-11				22	19	14	7
Activación y consolidación terreno PPOI (4.400 m ²)																
Alimentación eléctrica PPOI desde Aluar y construcción cables eléctricos PPOI.	-21		-8	-18			-23	-17	-12				22	19	14	7
Tratamiento de efluentes de PPOI e iluminación			-18	-5	-19	-18	-25	-21	-13				22	19	14	7
Revisión de normativa para apoyo de 4 conexiones, trabajos y conexiones.													22	19	6	-8
Tratamiento eléctrico para bombas de impulsión de AM desde cabina eléctrica C012.	-25	-25	-20	-24			-23	-8	-15	-22	-22	-23	22	19	6	-8
Instalación de obra en el Muelle (zona de AM y cabina de transporte AM y salmuera (Piso el Muelle y zona de acceso).	-18	-18	-18	-18	-17	-18	-26	-20	-19							
Obra de transporte AM y salmuera (Piso el Muelle y zona de acceso).	-24	-24	-24	-24				-5	-14	-21	-21					
Cuando termine de acceso (AM cruda, Impulsa química, AP y rechazo).	-24							-16	-21	-21	-21					
Obra de interconexión entre conexiones con cables de PPOI.			-20	-6				-14	-5	-22	-22	-20	19	19	6	-8
Obra de distribución y distribución de cables eléctricos.												-20	19	19	6	14
Cable de bomba para distribución de AP.												-20	19	19	6	14
Obra de distribución de AP la cabina de Aluar (zona de acceso, 1300 m ² trabajo).												-20	19	19	6	14
Montaje de conexiones con equipamiento PPOI.												-20	19	19	6	14
Planta en marcha de la PPOI e instalaciones anexas.	-30	-30	-30	-30	-21	-30	-26	-24	-27	-25	-25					
IMPORTANCIA RELATIVA TOTAL PS.Y O																
	-48	-43	-42	-134	-50	-23	-65	-138	-186	-89	-89	-28	48	44	65	-12
OPERAÇÃO Y MANTENIMIENTO (O Y M)																
Generación y disposición de residuos sólidos asimilables a urbanos, peligrosos y reciclables)	-22	-22	-20	-21			-23	-8	-34	-22	-22	-23	22	19	6	-8
Emisión de gases de combustión y material particulado	-21	-21	-21	-21				-4	-12	-21	-21					
Generación de ruidos y vibraciones	-27			-10				-21	-19	-10	-21	-21				
Generación, tratamiento y recibo de efluentes líquidos	21		18	13			14	5	9	-22	-22	-20	17	17	18	-2
Captación y uso de AM	-27	-27	-22	-26	-22			-11	-18	-20	-20	-19				
Generación y descarga de salmuera de rechazo	-34	-34	-22	-31	-25			-13	-21	-20	-20	-18				
Contingencias (incendio, inundación, derrame grupo electrogénicos y/o productos químicos, la caída de objetos/residuos al mar, rotura de cañerías enterradas y fijadas en el muelle, variación de la capacidad del AM, y el incumplimiento de parámetros de la descarga de salmuera por fuera de la Zona de mezcla).	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-26	-29	-28	-25	-25					
Consumo de agua potable proveniente de la PPOI												22	22	27	9	16
Consumo de energía eléctrica												-24	24	24	8	4
Generación de empleos												22	22	22	15	7
IMPORTANCIA RELATIVA TOTAL OPERACIÓN																
	-40	-58	-28	-126	-99	-12	-18	-69	-96	-27	-27	-13	28	27	43	-43
CERRE																
Contingencias (incendio, inundación, derrame grupo electrogénicos y productos químicos, caída de objetos/residuos al mar)	-30	-30	-30	-30	-21	-30	-26	-24	-27	-25	-25					
Emisión de gases de combustión y material particulado	-21	-21	-21	-21				-4	-12	-21	-21					
Generación de ruidos y vibraciones	-21	-21	-21	-21				-4	-12	-21	-21					
IMPORTANCIA RELATIVA TOTAL CERRE																
	-26	-34	-20	-80	-23	-13	-23	-58	-69	-19	-19	-8	6	6	5	-42
IMPACTO AMBIENTAL TOTAL																
	-82	-88	-25	-95	-33	-14	-32	-79	-174	-64	-64	-10	17	16	24	-41

Maria Josefina Aristarain
Ing. Ambiental
M.P. 2212



Anexo XV. Certificados ISO 14.001, ISO 9.001, ISO 45.001 de la Aluar e Infa. Certificado de ISO 50.001 de Aluar.

[JA]


María Josefina Arista
Ing. Ambiental
M.P. 2212

BUREAU VERITAS
Certification



ALUAR ALUMINIO ARGENTINO S.A.I.C.

HEAD OFFICE: Ruta Nacional A010 km 6, Parque Industrial Pesado, (9120) Puerto Madryn, Provincia del Chubut
Argentina

This is a multi-site certificate, additional site(s) are listed on the next page(s)

Bureau Veritas Certification Holding SAS – UK Branch certifies that the Management System of the above organisation has been audited and found to be in accordance with the requirements of the management system standards detailed below

ISO 14001:2015

Scope of certification

PRODUCTION BY ELECTROLYSIS OF LIQUID PRIMARY ALUMINUM. PRODUCTION OF SOLID ALUMINUM IN THE FORMATS AND ALLOYS REQUESTED BY CUSTOMERS. PRODUCTION OF ANODE PACKAGES AND RODDING OF CATHODES TO OBTAIN ALUMINUM. ELECTRIC POWER GENERATION FROM CONVENTIONAL AND RENEWABLE SOURCES, CONVERSION, TRANSMISSION AND DISTRIBUTION OF ELECTRICAL ENERGY TO OBTAIN LIQUID ALUMINUM AND GENERAL PLANT SERVICES. TEMPORARY STORAGE PROCESS FOR WASTE STREAMS Y8, Y9, Y31, Y34 AND OPERATION OF THE RAAI4 (INTERNAL ARTIFICIAL SECURITY LANDFILL N°4) AND THE RSA (ALUAR SECURITY LANDFILL) FOR FINAL DISPOSAL OF WASTE STREAMS Y11, Y12, Y16, Y18, Y48 (Y6, Y8, Y9, Y11, Y12, Y13, Y32, Y42) AND THE CONSTITUENTS Y26, Y29, Y31, Y32, Y33, Y34, Y35, Y42 AND Y45. FINAL DISPOSAL IN CONTROLLED LANDFILL OF SOLID WASTE ASSIMILABLE TO URBAN.

PRODUCCIÓN POR ELECTRÓLISIS DE ALUMINIO PRIMARIO LÍQUIDO. PRODUCCIÓN DE ALUMINIO SÓLIDO Y DESPACHO EN FORMATOS Y ALEACIONES SOLICITADOS POR LOS CLIENTES. PRODUCCIÓN DE PAQUETES ANÓDICOS Y DE VARILLADO DE CÁTODOS PARA LA OBTENCIÓN DE ALUMINIO. GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DE FUENTES CONVENCIONALES Y RENOVABLES, CONVERSIÓN TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LA OBTENCIÓN DE ALUMINIO LÍQUIDO Y SERVICIOS GENERALES DE PLANTA. PROCESO DE ALMACENAMIENTO TRANSITORIO DE LOS RESIDUOS DE LAS CORRIENTES Y8, Y9, Y31, Y34 Y DE OPERACIÓN DE LOS RELLENOS DE SEGURIDAD RAAI4 (RELLENO ARRAICO ARTIFICIAL INTERNO N°4) Y RSA (RELLENO DE SEGURIDAD ALUAR) PARA DISPOSICIÓN FINAL DE LAS CORRIENTES DE RESIDUOS Y11, Y12, Y16, Y18, Y48 (Y6, Y8, Y9, Y11, Y12, Y13, Y32, Y42) Y LOS CONSTITUYENTES Y26, Y29, Y31, Y32, Y33, Y34, Y35, Y42 E Y45. DISPOSICIÓN FINAL EN VERTEDERO CONTROLADO DE RESIDUOS SÓLIDOS ASIMILABLES A URBANOS.

Original cycle start date: **29 November 2013**

Expiry date of previous cycle: **N/A**

Certification / Recertification audit date: **06 May 2022**

Certification / Recertification cycle start date: **04 July 2022**

Subject to the continued satisfactory operation of the organisation's Management System, this certificate expires on: **04 July 2025**

Certificate No. **AR-U239351**

Version **04**

Issue date: **28 July 2022**

Previous Certificate No. **AR-O237422 v01**



0008

Certification body address: 5th Floor, 66 Prescot Street, London E1 8HG, United Kingdom

Local office: Bureau Veritas Argentina S.A. – Av. L. N. Alem 855, Piso 2°- Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

Further clarifications regarding the scope and validity of this certificate and the applicability of the management system requirements, please call: +54 11 4000 8100.





ALUAR ALUMINIO ARGENTINO S.A.I.C.

ISO 14001:2015

Scope of certification

SITE NAME / LOCATION	SITE ADDRESS	SITE SCOPE
HEAD OFFICE	RUTA NACIONAL A010 KM 6, PARQUE INDUSTRIAL PESADO, (9120) PUERTO MADRYN, PROVINCIA DEL CHUBUT ARGENTINA	PRODUCTION BY ELECTROLYSIS OF LIQUID PRIMARY ALUMINUM. PRODUCTION OF SOLID ALUMINUM IN THE FORMATS AND ALLOYS REQUESTED BY CUSTOMERS. PRODUCTION OF ANODE PACKAGES AND RODDING OF CATHODES TO OBTAIN ALUMINUM. ELECTRIC POWER GENERATION FROM CONVENTIONAL AND RENEWABLE SOURCES, CONVERSION, TRANSMISSION AND DISTRIBUTION OF ELECTRICAL ENERGY TO OBTAIN LIQUID ALUMINUM AND GENERAL PLANT SERVICES. TEMPORARY STORAGE PROCESS FOR WASTE STREAMS Y8, Y9, Y31, Y34 AND OPERATION OF THE RAAI4 (INTERNAL ARTIFICIAL SECURITY LANDFILL N°4) FOR FINAL DISPOSAL OF WASTE STREAMS Y11, Y12, Y16, Y18, Y48 (Y6, Y8, Y9, Y11, Y12, Y13, Y32, Y42) AND THE CONSTITUENTS Y26, Y29, Y31, Y32, Y33, Y34, Y35, Y42 AND Y45. FINAL DISPOSAL IN CONTROLLED LANDFILL OF SOLID WASTE ASSIMILABLE TO URBAN. / PRODUCCIÓN POR ELECTRÓLISIS DE ALUMINIO PRIMARIO LÍQUIDO. PRODUCCIÓN DE ALUMINIO SÓLIDO Y DESPACHO EN FORMATOS Y ALEACIONES SOLICITADOS POR LOS CLIENTES. PRODUCCIÓN DE PAQUETES ANÓDICOS Y DE VARILLADO DE CÁTODOS PARA LA OBTENCIÓN DE ALUMINIO. GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DE FUENTES CONVENCIONALES Y RENOVABLES, CONVERSIÓN, TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LA OBTENCIÓN DE ALUMINIO LÍQUIDO Y SERVICIOS GENERALES DE PLANTA. PROCESO DE ALMACENAMIENTO TRANSITORIO DE LOS RESIDUOS DE LAS CORRIENTES Y8, Y9, Y31, Y34 Y DE OPERACIÓN DE RELLENOS DE SEGURIDAD RAAI4 (RELLENO ARRAICO ARTIFICIAL INTERNO N°4) PARA DISPOSICIÓN FINAL DE LAS CORRIENTES DE RESIDUOS Y11, Y12, Y16, Y18, Y48 (Y6, Y8, Y9, Y11, Y12, Y13, Y32, Y42) Y LOS CONSTITUYENTES Y26, Y29, Y31, Y32, Y33, Y34, Y35, Y42 E Y45. DISPOSICIÓN FINAL EN VERTEDERO CONTROLADO DE RESIDUOS SÓLIDOS ASIMILABLES A URBANOS.

Certificate No. AR-U239351

Version 04

Issue date: 28 July 2022

Previous Certificate No. AR-O237422 v01



0008

Certification body address: 5th Floor, 66 Prescot Street, London E1 8HG, United Kingdom

Local office: Bureau Veritas Argentina S.A. – Av. L. N. Alem 855, Piso 2°- Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

Further clarifications regarding the scope and validity of this certificate and the applicability of the management system requirements, please call: +54 11 4000 8100.



BUREAU VERITAS
Certification



ALUAR ALUMINIO ARGENTINO S.A.I.C.

ISO 14001:2015

Scope of certification

SITE NAME / LOCATION	SITE ADDRESS	SITE SCOPE
SITE 1	CAMPO EL LLANO, LOTE 11A, SECCIÓN AIII, FRACCIÓN C, (9120) DEPARTAMENTO BIEDMA, PARQUE EÓLICO DE ALUAR (PEAL), PROVINCIA DEL CHUBUT, ARGENTINA	ELECTRIC POWER GENERATION FROM RENEWABLE SOURCES AND TRANSMISSION OF ELECTRICAL ENERGY / GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DE FUENTES RENOVABLES Y TRANSMISIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.
SITE 2	EGIDO 28, CIRCUNSCRIPCIÓN 4, SECTOR 1, PARCELA 20, (9120) PUERTO MADRYN, PROVINCIA DEL CHUBUT ARGENTINA	OPERATION OF THE RSA SECURITY LANDFILL (ALUAR SECURITY LANDFILL) FOR FINAL DISPOSAL OF WASTE STREAMS Y11, Y12, Y16, Y18, Y48 (Y6, Y8, Y9, Y11, Y12, Y13, Y32, Y42) AND THE CONSTITUENTS Y26, Y29, Y31, Y32, Y33, Y34, Y35, Y42 AND Y45. / OPERACIÓN DE RELLENO DE SEGURIDAD RSA (RELLENO DE SEGURIDAD ALUAR) PARA DISPOSICIÓN FINAL DE LAS CORRIENTES DE RESIDUOS Y11, Y12, Y16, Y18, Y48 (Y6, Y8, Y9, Y11, Y12, Y13, Y32, Y42) Y LOS CONSTITUYENTES Y26, Y29, Y31, Y32, Y33, Y34, Y35, Y42 E Y45.

Certificate No. AR-U239351

Version 04

Issue date: 28 July 2022

Previous Certificate No. AR-O237422 v01



0008

Certification body address: 5th Floor, 66 Prescott Street, London E1 8HG, United Kingdom

Local office: Bureau Veritas Argentina S.A. – Av. L. N. Alem 855, Piso 2°- Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

Further clarifications regarding the scope and validity of this certificate and the applicability of the management system requirements, please call: +54 11 4000 8100.



BUREAU VERITAS
Certification



ALUAR ALUMINIO ARGENTINO S.A.I.C.

HEAD OFFICE: Ruta Nacional A010 Km 6 Parque Industrial Pesado, (9120) Puerto Madryn, Provincia del Chubut
Argentina

This is a multi-site certificate, additional site(s) are listed on the next page(s)

Bureau Veritas Certification Holding SAS – UK Branch certifies that the Management System of the above organisation has been audited and found to be in accordance with the requirements of the management system standards detailed below

ISO 9001:2015

Scope of certification

PRODUCTION BY ELECTROLYSIS OF LIQUID PRIMARY ALUMINUM. PRODUCTION, MARKETING AND DISPATCH OF SOLID ALUMINUM IN THE FORMATS AND ALLOYS REQUESTED BY CUSTOMERS. PRODUCTION OF ANODE PACKAGES AND RODDING OF CATHODES TO OBTAIN ALUMINUM. GENERATION, CONVERSION AND DISTRIBUTION OF ELECTRICAL ENERGY TO OBTAIN LIQUID ALUMINUM AND GENERAL PLANT SERVICES. COMMERCIALIZATION OF SOLID ALUMINUM IN FORMATS AND ALLOYS REQUESTED BY CUSTOMERS.

PRODUCCIÓN POR ELECTRÓLISIS DE ALUMINIO PRIMARIO LÍQUIDO. PRODUCCIÓN DE ALUMINIO SÓLIDO Y DESPACHO EN LOS FORMATOS Y ALEACIONES SOLICITADOS POR LOS CLIENTES. PRODUCCIÓN DE PAQUETES ANÓDICOS Y VARILLADO DE CÁTODOS PARA LA OBTENCIÓN DE ALUMINIO. GENERACIÓN, CONVERSIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LA OBTENCIÓN DE ALUMINIO LÍQUIDO Y SERVICIOS GENERALES DE PLANTA. COMERCIALIZACIÓN DE ALUMINIO SÓLIDO EN LOS FORMATOS Y ALEACIONES SOLICITADOS POR LOS CLIENTES.

Original cycle start date: **13 June 1997**

Expiry date of previous cycle: **N/A**

Certification / Recertification audit date: **06 November 2020**

Certification / Recertification cycle start date: **10 December 2020**

Subject to the continued satisfactory operation of the organisation's Management System, this certificate expires on: **15 December 2023**

Certificate No. AR-U238142 Version: 02 Issue date: **23 February 2022**

Previous Certificate No. AR-U236337 v00



0008

Certification body address: 5th Floor, 66 Prescott Street, London E1 8HG, United Kingdom

Local office: Bureau Veritas Argentina S.A. – Av. L. N. Alem 855, Piso 2º- Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

Further clarifications regarding the scope and validity of this certificate and the applicability of the management system requirements, please call: +54 11 4000 8100.



BUREAU VERITAS
Certification



ALUAR ALUMINIO ARGENTINO S.A.I.C.

ISO 9001:2015

Scope of certification

SITE NAME / LOCATION	SITE ADDRESS	SITE SCOPE
HEAD OFFICE	RUTA NACIONAL A010 KM6 PARQUE INDUSTRIAL PESADO, PUERTO MADRYN, PROVINCIA DEL CHUBUT ARGENTINA	PRODUCTION BY ELECTROLYSIS OF LIQUID PRIMARY ALUMINUM. PRODUCTION, MARKETING AND DISPATCH OF SOLID ALUMINUM IN THE FORMATS AND ALLOYS REQUESTED BY CUSTOMERS. PRODUCTION OF ANODE PACKAGES AND RODDING OF CATHODES TO OBTAIN ALUMINUM. GENERATION, CONVERSION AND DISTRIBUTION OF ELECTRICAL ENERGY TO OBTAIN LIQUID ALUMINUM AND GENERAL PLANT SERVICES / PRODUCCIÓN POR ELECTRÓLISIS DE ALUMINIO PRIMARIO LÍQUIDO. PRODUCCIÓN DE ALUMINIO SÓLIDO Y DESPACHO EN LOS FORMATOS Y ALEACIONES SOLICITADOS POR LOS CLIENTES. PRODUCCIÓN DE PAQUETES ANÓDICOS Y VARILLADO DE CÁTODOS PARA LA OBTENCIÓN DE ALUMINIO. GENERACIÓN, CONVERSIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LA OBTENCIÓN DE ALUMINIO LÍQUIDO Y SERVICIOS GENERALES DE PLANTA.
SITIO 2	PASTEUR 4600, VICTORIA, PROVINCIA DE BUENOS AIRES ARGENTINA	COMMERCIALIZATION OF SOLID ALUMINUM IN FORMATS AND ALLOYS REQUESTED BY CUSTOMERS / COMERCIALIZACIÓN DE ALUMINIO SÓLIDO EN LOS FORMATOS Y ALEACIONES SOLICITADOS POR LOS CLIENTES.

Certificate No. AR-U238142

Version: 02 Issue date: 23 February 2022

Previous Certificate No. AR-U236337 v00



0008

Certification body address: 5th Floor, 66 Prescot Street, London E1 8HG, United Kingdom

Local office: Bureau Veritas Argentina S.A. - Av. L. N. Alem 855, Piso 2°. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

Further clarifications regarding the scope and validity of this certificate and the applicability of the management system requirements, please call: +54 11 4000 8100.





ALUAR ALUMINIO ARGENTINO S.A.I.C.

RUTA NACIONAL A010 KM6 PARQUE INDUSTRIAL PESADO, PUERTO MADRYN, PROVINCIA DEL CHUBUT ARGENTINA

Bureau Veritas Certification certifica que el Sistema de Gestión de la organización arriba mencionada ha sido auditado y encontrado acorde con los requisitos de la norma detallada a continuación

Norma

ISO 45001:2018

Alcance de la Certificación

PRODUCCIÓN POR ELECTRÓLISIS DE ALUMINIO PRIMARIO LÍQUIDO. PRODUCCIÓN DE ALUMINIO SÓLIDO Y DESPACHO EN LOS FORMATOS Y ALEACIONES SOLICITADOS POR LOS CLIENTES. PRODUCCIÓN DE PAQUETES ANÓDICOS Y VARILLADO DE CÁTODOS PARA LA OBTENCIÓN DE ALUMINIO. GENERACIÓN, CONVERSIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LA OBTENCIÓN DE ALUMINIO LÍQUIDO Y SERVICIOS GENERALES DE PLANTA.

PRODUCTION BY ELECTROLYSIS OF LIQUID PRIMARY ALUMINUM. PRODUCTION, MARKETING AND DISPATCH OF SOLID ALUMINUM IN THE FORMATS AND ALLOYS REQUESTED BY CUSTOMERS. PRODUCTION OF ANODE PACKAGES AND RODDING OF CATHODES TO OBTAIN ALUMINUM. GENERATION, CONVERSION AND DISTRIBUTION OF ELECTRICAL ENERGY TO OBTAIN LIQUID ALUMINUM AND GENERAL PLANT SERVICES.

Fecha de inicio del ciclo original: **10 de Diciembre de 2020**

Fecha de expiración del ciclo anterior: **N/A**

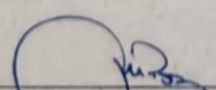
Fecha de la auditoría de certificación: **06 de Noviembre de 2020**

Fecha de inicio del ciclo de certificación: **10 de Diciembre de 2020**

Sujeto a la operación continua y satisfactoria del Sistema de Gestión este certificado expira el: **09 de Diciembre de 2023**

Certificado No. AR-O238143

Versión 01, Fecha de Revisión: **10 de Diciembre de 2020**


Ing. Marta G. Paz

OAA ✓

Organismo Argentino de Acreditación

Organismo de Certificación de Sistemas de Gestión de Calidad y Seguridad de Alimentos



Oficina de Gestión y Emisión: Bureau Veritas Argentina S.A. - Av. L. N. Alem 855, Piso 2º - Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

Cualquier aclaración adicional en relación al alcance de este certificado y la aplicación de los requisitos del sistema de gestión se puede obtener consultando a la organización. Para verificar la validez de este certificado puede llamar al +54 11 4000 8100



ALUAR ALUMINIO ARGENTINO S.A.I.C.

Ruta Nacional A010 S/N Parque Industrial Pesado, Puerto Madryn, Provincia de Chubut
Argentina

Bureau Veritas Certification Holding SAS – UK Branch certifies that the Management System of the above organisation has been audited and found to be in accordance with the requirements of the management system standards detailed below

ISO 50001:2018

Scope of certification

PRODUCTION BY ELECTROLYSIS OF LIQUID PRIMARY ALUMINUM; PRODUCTION AND DISPATCH OF SOLID ALUMINUM IN FORMATS AND ALLOYS REQUESTED BY THE CUSTOMERS; PRODUCTION OF ANODIC PACKAGES AND CATHODE RODS TO OBTAIN ALUMINUM. CONVENTIONAL GENERATION, CONVERSION AND DISTRIBUTION OF ELECTRICAL ENERGY TO OBTAIN LIQUID ALUMINUM.

PRODUCCIÓN POR ELECTRÓLISIS DE ALUMINIO PRIMARIO LÍQUIDO; PRODUCCIÓN DE ALUMINIO SÓLIDO Y DESPACHO EN FORMATOS Y ALEACIONES SOLICITADOS POR LOS CLIENTES; PRODUCCIÓN DE PAQUETES ANÓDICOS Y VARILLADOS DE CÁTODOS PARA LA OBTENCIÓN DE ALUMINIO. GENERACIÓN CONVENCIONAL, CONVERSIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LA OBTENCIÓN DE ALUMINIO LÍQUIDO.

Original cycle start date: **16 December 2021**

Expiry date of previous cycle: **N/A**

Certification audit date: **25 October 2021**

Certification cycle start date: **16 December 2021**

Subject to the continued satisfactory operation of the organisation's Management System, this certificate expires on: **15 December 2024**

Certificate No. IND.21.5524/EN/U

Version 01, Issue date: **16 December 2021**

Previous Certificate No, **N/A**



0008

Certification body address: **9th Floor, 66 Prescot Street, London E1 8HG, United Kingdom**

Local office: **Bureau Veritas Argentina S.A. – Av. L. N. Alem 855, Piso 2*- Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina**


Further clarifications regarding the scope and validity of this certificate and the applicability of the management system requirements, please call: **+54 11 4000 8100**.





	INFORME AMBIENTAL DE PROYECTO PLANTA POTABILIZADORA DE OSMOSIS INVERSA	Versión Julio 2023
---	---	-----------------------

Anexo XVI. Plan de monitoreo ambiental

	CONSULTORA AMBIENTAL N°287 Dec. N°185/09, 1.003/16 y modificatorias del MACyDS - Chubut	Página 162 de 162
---	--	----------------------

Maria Josefina Aristarain
Ing. Ambiental
M.P. 2212

1. EMPRESA

Aluar Aluminio Argentino S.A.I.C.

2. PROYECTO

Planta Potabilizadora de Ósmosis Inversa, Puerto Madryn, Chubut, Argentina.

3. DESARROLLO

3.1 Etapa de preparación de sitio y construcción

Materia	Factor ambiental	Indicador a monitorear	Protocolo	Frecuencia de monitoreo	Responsable del monitoreo e interpretación de resultados	Forma de registro del monitoreo
Gestión de productos químicos	Salud/seguridad	Transporte y manipulación de productos químicos	<p>Verificar el cumplimiento de las capacitaciones en la manipulación de productos químicos.</p> <p>Verificar el uso obligatorio de los elementos de protección personal.</p> <p>Verificar la limpieza y mantenimiento adecuado del sitio de acopiados de insumos y etiquetas SGA.</p> <p>Controlar que los vehículos/maquinarias se encuentren habilitados y respeten las verificaciones de mantenimiento según la normativa vigente.</p>	<p>Durante la obra civil, en la puesta en marcha</p> <p>Definir frecuencia según disponibilidad de recursos</p>	<p>Responsables de Operación de la PPOI</p> <p>Responsables de Seguridad y Salud de Aluar</p>	<p>Reuniones de seguimiento periódico</p> <p>Inspecciones ambientales</p>



H

Gestión de obra civil	Flora y Fauna terrestre y marina Agua superficial Paisaje Aire Suelo Salud/seguridad Infraestructura y servicios	Desarrollo de tareas generales de la obra civil	Verificar que todos los vehículos, maquinaria, herramientas y equipos involucrados se encuentren habilitados y presenten el mantenimiento preventivo que requieran según normativa vigente. Verificar que el personal utilice los elementos de protección personal durante el desarrollo de sus tareas. Verificar que se respeten las rutas establecidas, minimizando los viajes/traslados. Verificar que la zona a intervenir se encuentre libre de fauna autóctona antes y durante las tareas de mayor impacto sonoro. Controlar que las tareas de obra civil que generan material particulado se realicen en días de viento leve (ej.: movimiento de suelo). Verificar que, al finalizar las tareas relacionadas con movimiento de suelo, las zonas sean restauradas con el uso del "top soil" (capa superficial de suelo con más nutrientes) previamente separado. Verificar el correcto acopio y estado general de los materiales de obra.	Visual Fotográfico Verificación del tiempo (climático) Inspecciones ambientales
		DIARIA y cuando aplique por finalización de tareas	Responsable y/o encargado de obra	



Gestión de residuos	Fauna Suelo Salud/ Seguridad	Segregación y gestión integral de residuos	<p>Verificar que se cumplan los plazos de obra planificados, buscando minimizar el tiempo de trabajo en el muelle.</p> <p>Verificar que los tambores/volquetes de residuos posean tapa/red/lona.</p> <p>Verificar que los tambores/volquetes se encuentren identificados correctamente (color e identificación).</p> <p>Verificar correcta segregación para la totalidad de tambores/volquetes.</p> <p>Verificar el dictado de capacitaciones al personal en la gestión de residuos.</p> <p>Verificar que el sitio de acopio de residuos peligrosos se encuentre limpio y ordenado, y cumpla con los requisitos de la normativa vigente.</p> <p>Verificar los manifiestos y certificados de la gestión de residuos peligrosos, y su correspondiente libro de actas.</p> <p>Verificar registros de transporte y disposición final de residuos sólidos asimilables a urbanos y reciclaje.</p> <p>Verificar que todo lo anterior, cumpla con el Sistema de Gestión Ambiental de la</p>	Definir frecuencia según disponibilidad de recursos	Responsable y/o encargado de obra Responsables de Operación de la POI Responsables de Gestión Ambiental de Aluar	<p>Visual</p> <p>Fotográfico</p> <p>Registros de capacitaciones</p> <p>Registros de retiro y disposición final de residuos de Aluar</p> <p>Archivo de manifiestos, certificados y libro de actas (residuos peligrosos)</p> <p>Inspecciones ambientales</p>
---------------------	---------------------------------------	--	---	---	--	--

[Signature]
Virginia Josefina Arístegui
RESPONSABLE TÉCNICO



[Handwritten mark]

Gestión efluente cloacal	Salud / seguridad	Instalación sanitaria	<p>empresa, su manual, procedimientos, registros e instrucciones de trabajo.</p> <p>Verificar que los baños químicos se encuentren fijados con estacas durante la etapa de obra.</p> <p>Verificar la frecuencia adecuada de limpieza y recambio de baños químicos durante la etapa de obra.</p>	DIARIA / MENSUAL Definir frecuencia según disponibilidad de recursos	Responsable y/o encargado de obra Responsables de Operación de la PPOI	Visual Fotográfico Inspecciones ambientales
--------------------------	-------------------	-----------------------	---	---	---	---



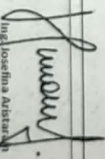
PLAN DE MONITOREO AMBIENTAL
 Proyecto Planta Potabilizadora de Osmosis Inversa
 Aluar S.A.I.C.

Julio 2023

3.2 Etapa de operación y mantenimiento

Materia	Factor ambiental	Indicador a monitorear	Protocolo	Frecuencia de monitoreo	Responsable del monitoreo e interpretación de resultados	Forma de registro del monitoreo
Gestión de la captación y uso de AM y de la descarga de salmuera	<p>Flora y Fauna terrestre y marina</p> <p>Agua superficial</p> <p>Paisaje</p> <p>Aire</p> <p>Suelo</p> <p>Salud/seguridad</p>	<p>Calidad del agua de mar en tres áreas (que se corresponden a las AID):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Obra de toma de AM - Descarga de salmuera dentro de la Zona de mezcla. - Descarga de salmuera fuera de la Zona de mezcla. 	<p>Verificar el cumplimiento y resultados de la medición de la calidad del agua de mar en las tres áreas. Algunos parámetros podrían ser TSD, pH, Fe, temperatura, turbidez.</p> <p>Deberá realizar dicho análisis un laboratorio habilitado por el Ministerio de Ambiente y Control del Desarrollo Sustentable de la provincia del Chubut, según normativa vigente.</p>	<p>MENSUAL</p>	<p>Responsables de Gestión Ambiental de Aluar</p>	<p>Registros de los monitoreos del agua de mar en las tres áreas</p> <p>Inspecciones ambientales</p>
		<p>Salmuera (en tanque de rechazo)</p>	<p>Verificar el cumplimiento y resultados de la medición de la calidad de la salmuera de rechazo. Algunos parámetros son: caudal, TSD, pH, Fe, temperatura, etc.</p> <p>Deberá realizar dicho análisis un laboratorio habilitado según normativa legal vigente.</p>	<p>MENSUAL (analíticos)</p> <p>BIANUAL (DDJJ)</p>	<p>Registros de los monitoreos de la salmuera de descarga</p> <p>Registro de las declaraciones juradas de vuelco</p> <p>Inspecciones ambientales</p>	

[JA] INGENIERIA AMBIENTAL


 Ing. Josefina Astara
 RESPONSABLE TÉCNICO
 DE LA ELABORACIÓN DEL DOCUMENTO AMBIENTAL

Página 5 de 7

			<p>Verificar la presentación y cumplimiento de la Declaración Jurada (DDJJ) por vuelco de efluentes según el Decreto MAYCDS N° 1.540/16.</p>			
Gestión del AP producida	Salud/seguridad	AP de la POI	<p>Verificar los resultados de análisis y cumplimiento de requisitos del Código Alimentario Argentino Capítulo XII.</p> <p>Deberá realizar dicho análisis un laboratorio habilitado por autoridad de aplicación, según normativa vigente.</p>	QUINCENAL	<p>Responsables de Operación de la POI</p> <p>Responsables de Seguridad y Salud de Aluar</p>	<p>Registro en la base de datos de muestras de Salud y Seguridad de Aluar</p> <p>Inspecciones ambientales</p>
Gestión de productos químicos	Salud/seguridad	Transporte y manipulación de productos químicos	<p>Verificar el cumplimiento de las capacitaciones en la manipulación de productos químicos.</p> <p>Verificar el uso obligatorio de los elementos de protección personal.</p> <p>Verificar la limpieza y mantenimiento adecuado del sitio de acopiados de insumos y etiquetas SGA.</p> <p>Controlar que los vehículos/maquinarias se encuentren habilitados y respeten las verificaciones de mantenimiento según la normativa vigente.</p>	<p>DIARIA / MENSUAL</p> <p>Definir frecuencia según disponibilidad de recursos</p>	<p>Responsables de Operación de la POI</p> <p>Responsables de Seguridad y Salud de Aluar</p>	<p>Visual</p> <p>Registros de capacitaciones</p> <p>Reuniones de seguimiento periódico</p> <p>Inspecciones ambientales</p>

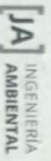


PLAN DE MONITOREO AMBIENTAL
 Proyecto Planta Potabilizadora de Osmosis Inversa
 Aluar S.A.I.C.

Julio 2023

Handwritten signature

<p>Gestión de residuos</p>	<p>Fauna Suelo Salud/ Seguridad</p>	<p>Segregación y gestión integral de residuos</p>	<p>Verificar que los tambores/volquetes de residuos posean tapa/red/lona. Verificar que los tambores/volquetes se encuentren identificados correctamente (color e identificación). Verificar correcta segregación para la totalidad de tambores/volquetes. Verificar el dictado de capacitaciones al personal en la gestión de residuos. Verificar que el sitio de acopio de residuos peligrosos se encuentre limpio y ordenado, y cumpla con los requisitos de la normativa vigente. Verificar los manifiestos y certificados de la gestión de residuos peligrosos, y su correspondiente libro de actas. Verificar registros de transporte y disposición final de residuos sólidos asimilables a urbanos y reciclaje. Verificar que todo lo anterior, cumpla con el Sistema de Gestión Ambiental de la empresa, su manual, procedimientos, registros e instrucciones de trabajo.</p>	<p>DIARIA / MENSUAL y/o ante desvíos Definir frecuencia según disponibilidad de recursos</p>	<p>Responsable y/o encargado de obra Responsables de Operación de la POI Responsables de Gestión Ambiental de Aluar</p>	<p>Visual Fotográfico Registros de capacitaciones Registros de retiro y disposición final de residuos de Aluar Archivo de manifiestos, certificados y libro de actas (residuos peligrosos) Inspecciones ambientales</p>
-----------------------------------	---	---	---	--	---	---



Ingeniera Aluar
 RESPONSABLE TÉCNICO
 DE LA ELABORACIÓN DEL DOCUMENTO AMBIENTAL