



**Universidad Nacional  
Federico Villarreal**

---

Vicerrectorado de  
**INVESTIGACIÓN**

**ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO**

**“RECUPERACIÓN MARINA COSTERA DE LA BAHÍA CALLAO  
EN EL MARCO DEL SANEAMIENTO DE LAS AGUAS  
RESIDUALES”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADEMICO DE:**

**MAESTRA EN GESTIÓN AMBIENTAL**

**AUTORA:**

**CONOPUMA RIVERA CARMEN DINA**

**ASESOR:**

**DR. ZAMBRANO CABANILLAS ABEL WALTER**

**JURADOS**

**DRA. ESCENARRO VARGAS DORIS**

**DR. JAVE NAKAYO JORGE LEONARDO**

**DR. BOLIVAR JIMENEZ JODE LUIS**

**LIMA – PERÚ**

**2018**

## DEDICATORIA

*A Dios por la oportunidad de vida,  
A mi madre y padre por sus ejemplos de amor y lucha,  
A mi esposo e hijos por su comprensión y apoyo,  
en particular a Jorge Luis a quien mucho le debo,  
que hicieron posible que la experiencia de vida  
y trabajo, se plasme en este documento.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A través de estas líneas expreso mi profundo y sincero reconocimiento y agradecimiento a todas aquellas personas que colaboraron en la realización del presente trabajo, en particular al Dr. Abel Walter Zambrano Cabanillas, asesor de esta investigación, por la orientación, el seguimiento y la supervisión continúa del documento, pero sobre todo por la motivación y el apoyo en el desarrollo de trabajo.

Una inmensa gratitud a mis familiares y amigos de siempre como Rufino Panta, por importante apoyo en la elaboración de los gráficos y tablas.

Corresponde también mi especial agradecimiento a las instituciones como la Autoridad Nacional de Agua (ANA), Instituto del Mar del Perú (IMARPE), Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS) por la información brindada, en especial a aquellos profesionales, que conscientes que las importantes informaciones técnicas actuales y encarpetadas hoy por temor o desidia, pierden el valor; en un momento oportuno puede contribuir a la suma de esfuerzos dirigidos a mejorar las deficiencias o errores y proteger el ambiente en pro de desarrollo sostenible.

A todos, muchas gracias!!

## Resumen

Este trabajo está dirigido a conocer el estado de recuperación del área marina costera de la bahía Callao, donde mediante un emisario submarino de 3,5 km de longitud, frente a la playa Taboada se dispone 14000 l/s, las aguas residuales tratadas a nivel preliminar avanzado por la planta de tratamiento de aguas residuales Taboada (PTAR Taboada), desde junio de 2014. Para ellos, se recabó información generada por entidades como el Instituto del Mar del Perú (IMARPE), Autoridad Nacional del Agua (ANA), Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS) y PTAR Taboada S.A., esta última administradora de la PTAR, y que según lo establecido en la Resolución Directoral N° 0036-2010-ANA-DCPRH, trimestralmente reporta los informes de monitoreos. Se procesó la información orientada a determinar las condiciones ambientales de la bahía Callao, particularmente del agua de mar antes y después de la implementación del sistema de saneamiento; es decir la instalación y operación de la PTAR Taboada y el emisor submarino; asimismo, la calidad del efluente de la PTAR Taboada, según lo establecido en la referida Resolución Directoral.

De la evaluación de la información se encontró que, en el efluente de la PTAR Taboada, las concentraciones de sólidos suspendidos totales (SST), y coliformes fecales o termotolerantes superaron lo establecido en la referida resolución directoral que indica: 270 mg/L y  $1.0 \times 10^8$  NMP/100 ml respectivamente. Sin embargo, el aceite y grasa y demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ), cumplieron los valores compromiso que indican 70 mg/L y 500 mg/L respectivamente. Al respecto, no se aplica los Límites Máximos Permisibles para aguas residuales domésticas municipales tratadas (Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM). En el cuerpo receptor marino de la bahía Callao, los coliformes fecales, oxígeno disuelto, y ácido sulfhídrico registraron magnitudes fuera de los valores establecidos por la Resolución Jefatural N° 0291-2009-ANA. Llama la atención las bajas

concentraciones de  $\text{DBO}_5$ , que no guarda la relación inversa que debe mantener con el oxígeno disuelto; y con los registros históricos en el caso de SST y el potencial de hidrógeno (pH). Asimismo, se registraron sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ), metales como plomo, arsénico, cadmio, zinc y otros para los cuales la norma no hace referencia. El pH del agua de mar, si bien cumplió el rango de 6.5 a 8.5, indicado en la Resolución Jefatural mostró tendencia a la acidificación.

De otro lado, según estudios del IMARPE, la bahía Callao, por ser un cuerpo de agua cerrado, las corrientes marinas tienen bajas intensidades en el centro de ella (punto de descarga del emisario submarino), y poca profundidad (15 m) según la carta batimétrica de la DIHIDRONAV; los cuales se constituyen en factores limitantes muy importante para la dispersión y remoción de la pluma de agua residual.

Se concluye que la recuperación del área marina costera de la bahía Callao es incipiente y/o baja, debido a la alta carga contaminante de la PTAR Taboada que se descarga en ella, y las condiciones físicas poco favorables en el punto de descarga.

Palabras Clave: Aguas residuales – contaminación marina - bahía Callao – emisario submarino - Planta de tratamiento de aguas residuales Taboada.

## Abstract

This work is aimed at knowing the state of recovery of the coastal marine area of Callao Bay, where by means of a submarine emissary of 3.5 km in length, in front of the Taboada beach, 14000 l / s is available, the treated wastewater level preliminary study by the Taboada wastewater treatment plant (PTAR Taboada), since June 2014. For them, information was collected generated by entities such as the Institute of the Sea of Peru (IMARPE), National Water Authority (ANA), Ministry of Construction and Sanitation Housing (MVCS) and PTAR Taboada SA, the latter administrator of the PTAR, and which, according to the provisions of Directorial Resolution No. 0036-2010-ANA-DCPRH, quarterly reports the monitoring reports. Information was processed to determine the environmental conditions of Callao Bay, particularly seawater before and after the implementation of the sanitation system; that is, the installation and operation of the Taboada WWTP and the submarine emitter; likewise, the effluent quality of the Taboada WWTP, as established in the aforementioned Directorial Resolution. From the evaluation of the information it was found that, in the effluent of the Taboada WWTP, the concentrations of total suspended solids (TSS), and fecal or thermotolerant coliforms exceeded that established in the aforementioned directorate resolution, which indicates: 270 mg / L and 1.0 x10<sup>8</sup> NMP / 100 ml respectively. However, the oil and fat and biochemical oxygen demand (BOD<sub>5</sub>), fulfilled the commitment values that indicate 70 mg / L and 500 mg / L respectively. In this regard, the Maximum Permissible Limits for treated municipal wastewater are not applied (Supreme Decree No. 003-2010-MINAM). In the marine receiving body of Callao Bay, fecal coliforms, dissolved oxygen, and hydrogen sulfide registered magnitudes outside the values established by Head Resolution No. 0291-2009-ANA. The low concentration of BOD<sub>5</sub> attracts the attention that does not keep the inverse relation that must maintain with the dissolved oxygen; and with the

historical records in the case of SST and the hydrogen potential (pH). Likewise, hydrogen sulfide (H<sub>2</sub>S), metals such as lead, arsenic, cadmium, zinc and others for which the standard does not refer were registered. The pH of the seawater, although it fulfilled the range of 6.5 to 8.5, indicated in the Jefatural Resolution showed tendency to acidification. On the other hand, according to IMARPE studies, Callao Bay, as a closed body of water, marine currents have low intensities in the center of it (point of discharge of the submarine outfall), and little depth (15 m) according to the bathymetric chart of the DIHIDRONAV; which are very important limiting factors for the dispersion and removal of the wastewater plume. It is concluded that the recovery of the coastal marine area of Callao Bay is incipient and / or very low, due to the high pollution load of the Taboada WWTP that is discharged in it, and unfavorable physical conditions at the point of discharge.

Keywords: Wastewater - marine pollution - Callao bay - submarine outfall - Taboada wastewater treatment plant.

## INDICE

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
Resumen .....	iv
Abstract .....	vi
<b>I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Antecedentes .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Planteamiento y formulación del problema.....</b>	<b>8</b>
<b>1.3 Objetivos .....</b>	<b>10</b>
<b>1.4 Justificación e importancia.....</b>	<b>10</b>
<b>1.5 Alcances y limitaciones .....</b>	<b>11</b>
<b>1.6 Definición de variables.....</b>	<b>12</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1 Aguas residuales definición y composición .....</b>	<b>13</b>
2.1.1 Definición de aguas residuales.....	13
2.1.2 Composición de las aguas residuales domésticas.....	14
<b>2.2 Tratamiento de las aguas residuales y eficacia en remoción de contaminantes.....</b>	<b>15</b>
2.2.1 Tratamiento de las aguas residuales.....	15
2.2.2 Eficacia de los procesos de tratamiento de aguas residuales.....	20
<b>2.3 Destino de aguas residuales al medio marino - emisores submarinos .....</b>	<b>22</b>
2.3.1 Criterios para la instalación de puntos de descarga .....	24
2.3.2 Consideraciones para un manejo adecuado de las descargas .....	26
2.3.3 Principales factores de riesgo de vertimientos al mar .....	27
<b>2.4 Características del agua de mar.....</b>	<b>28</b>
<b>2.5 Alteraciones o fenómenos que ocurren en el medio marino.....</b>	<b>34</b>
2.5.1 Marea Roja .....	34
2.5.2 Eutrofización.....	34
2.5.3 Anoxia.....	35
2.5.4 Contaminación del medio marino.....	35
<b>2.6 Zonas marinas costera y principales actividades .....</b>	<b>35</b>
<b>III MARCO NORMATIVO E INTITUCIONAL .....</b>	<b>37</b>
<b>3.1 Política Nacional Ambiental.....</b>	<b>37</b>
<b>3.2 Entidades vinculadas al saneamiento ambiental .....</b>	<b>39</b>



3.2.1	Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento - MVCS.....	39
3.2.2	Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento – SUNASS .....	39
3.2.3	Ministerio del Ambiente – MINAM .....	40
3.2.4	Ministerio de la Producción – PRODUCE.....	41
3.2.5	Ministerio de Defensa – MINDEF .....	42
3.2.6	Ministerio de Salud – MINSA.....	42
<b>3.3</b>	<b>Normativa general relacionada a las aguas residuales .....</b>	<b>43</b>
<b>3.4</b>	<b>Normativas relacionadas a Planta de Tratamiento de aguas residuales .....</b>	<b>44</b>
<b>3.5</b>	<b>Normativas relacionadas a Efluentes o Vertimientos .....</b>	<b>44</b>
<b>3.6</b>	<b>Normativas relacionadas al cuerpo receptor .....</b>	<b>49</b>
<b>3.7</b>	<b>Normativas relacionadas a Vertimiento Taboada y cuerpo receptor.....</b>	<b>53</b>
<b>3.8</b>	<b>Normativas relacionadas a Operación de la PTAR .....</b>	<b>54</b>
<b>3.9</b>	<b>Normativas relacionadas al Monitoreo de las aguas residuales .....</b>	<b>55</b>
<b>3.10</b>	<b>Vigilancia, Control y Fiscalización Ambiental .....</b>	<b>63</b>
<b>3.11</b>	<b>Compromisos Internacionales.....</b>	<b>63</b>
<b>3.12</b>	<b>Normas internacionales sobre calidad de efluentes que descargan al mar .....</b>	<b>66</b>
<b>3.13</b>	<b>Otras normativas.....</b>	<b>68</b>
<b>3.14</b>	<b>Marco Conceptual.....</b>	<b>70</b>
<b>3.15</b>	<b>Hipótesis .....</b>	<b>74</b>
<b>MÉTODO.....</b>		<b>75</b>
<b>4.1</b>	<b>Tipo y nivel de investigación .....</b>	<b>75</b>
<b>4.2</b>	<b>Diseño de investigación .....</b>	<b>75</b>
<b>4.3</b>	<b>Estrategia de prueba de hipótesis .....</b>	<b>76</b>
<b>4.4</b>	<b>Variables .....</b>	<b>76</b>
<b>4.5</b>	<b>Población o universo .....</b>	<b>76</b>
<b>4.6</b>	<b>Muestra .....</b>	<b>77</b>
<b>4.7</b>	<b>Técnicas de investigación.....</b>	<b>79</b>
<b>4.7.1</b>	<b>Recolección datos.....</b>	<b>79</b>
<b>4.7.2</b>	<b>Puntos de control del saneamiento – Proyecto PTAR y emisor Taboada .....</b>	<b>83</b>
<b>4.7.3</b>	<b>Procesamiento y análisis de datos .....</b>	<b>86</b>
<b>CAPITULO IV .....</b>		<b>88</b>
<b>RESULTADOS.....</b>		<b>88</b>
<b>5.1</b>	<b>Características fisiográficas del medio marino costero de lima .....</b>	<b>88</b>
<b>5.2</b>	<b>Características del agua del mar antes del saneamiento .....</b>	<b>96</b>
<b>5.3</b>	<b>Características del efluente de la PTAR Taboada.....</b>	<b>113</b>
<b>5.4</b>	<b>Características del agua marina de bahía de Callao después del saneamiento ....</b>	<b>122</b>

<b>CAPITULO IV</b> .....	149
<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	149
<b>1.1 Características del agua marina antes y después del Saneamiento</b> .....	149
<b>1.2 Capacidad receptora marina del efluente de PTAR Taboada</b> .....	157
<b>1.2.1 Condiciones de la bahía Callao para recepción de efluente</b> .....	157
<b>1.2.2 Calidad del efluente</b> .....	159
<b>1.3 Capacidad de recuperación del cuerpo receptor marino</b> .....	161
<b>CAPITULO V</b> .....	164
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	164
<b>5.1 Conclusiones</b> .....	164
<b>5.2 Recomendaciones</b> .....	168
<b>5.3 REFERENCIA</b> .....	170
<b>ANEXOS</b> .....	182
<b>Anexo 1 - Normas Legales</b> .....	182
<b>Anexo 2 - Cuadro de resultados de monitoreos trimestrales</b> .....	182

## INDICE DE TABLAS

N°	Descripción	Página
	Tabla 1. Composición típica del agua residual doméstica .....	14
	Tabla 2. Niveles de tratamiento de aguas residuales domésticas y remoción .....	17
	Tabla 3. Eficacia de tipos de tratamientos en la eliminación de contaminantes .....	21
	Tabla 4. Valores máximos admisibles de descarga de aguas residuales no domésticas .....	46
	Tabla 5. <i>Comparación de los LMP para efluentes de PTAR y ECA-Agua</i> .....	48
	Tabla 6. Parámetros según clases de usos de agua.....	50
	Tabla 7. Estándares de Calidad - Categoría 2: Actividades marino costeras .....	52
	Tabla 8. Nueva Categoría de agua para bahía Callao – ECA 2008.....	53
	Tabla 9. <i>Parámetros y límites para efluente de planta de tratamiento Taboada</i> .....	56
	Tabla 10. <i>Puntos de monitoreo zona de protección marina</i> .....	56
	Tabla 11. Puntos de monitoreo zona de protección marina .....	57
	Tabla 12. Puntos de monitoreo en la Zona de Exclusión Marina.....	58
	Tabla 13. <i>Puntos de monitoreo en la Zona de Referencia</i> .....	59
	Tabla 14. Límites máximos permisibles para efluentes de PTAR .....	60
	Tabla 15. Nueva ubicación de punto de control de efluente de PTAR Taboada .....	62
	Tabla 16. Límites máximos para descarga de residuos líquidos a aguas marinas - Chile.....	67
	Tabla 17. Valore máximos permisibles para descarga de agua residual municipal – Ecuador.....	68
	Tabla 18. Características del agua residual descargada a Bahía Callao. Junio - julio 1995.....	96
	Tabla 19. <i>Características del agua residual que ingresa a PTAR Taboada</i> .....	114
	Tabla 20. <i>Calidad del efluente de PTAR Taboada - Promedios trimestrales 2014-2016</i> .....	116
	Tabla 21. <i>Calidad de efluente de PTAR Taboada - Registro diario agosto/setiembre 2016</i> .....	117
	Tabla 22. <i>Características del agua marina bahía Callao. Promedio trimestral verano 2014</i> .....	124

Tabla 23. <i>Características del agua marina de bahía Callao - Promedio invierno 2014</i> .....	125
Tabla 24. <i>Ubicación de puntos monitoreo invierno 2015 – AAA</i> .....	134
Tabla 25. <i>Características de las aguas de protección y exclusión marina - Bahía Callao.</i> .....	134
Tabla 26. <i>Puntos de vertidos directo al mar- bahía Callao</i> .....	148
Tabla 27. <i>Potencial de hidrógeno superficial en bahía Callao-monitoreos 2014-2016</i> .....	151
Tabla 28. <i>Oxígeno disuelto superficial en bahía Callao monitoreos 2014-2016</i> .....	152
Tabla 29. <i>Demanda bioquímica de oxígeno superficial en bahía Callao monitoreos 2014-2016</i>	154
Tabla 30. <i>Sólidos suspendidos totales en bahía Callao en verano e invierno 2014 – 2016</i> .....	155
Tabla 31. <i>Rango y promedio de coliformes fecales en verano e invierno 2014 – 2016</i> .....	156
Tabla 32. <i>Porcentaje de remoción de PTAR Taboada</i> .....	160

## INDICE DE FIGURAS

N°	Descripción	Página
	Figura 1. Playas de Lima contaminadas por aguas residuales. .... <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
	<i>Figura 2.</i> Sistema de Saneamiento para Lima Metropolitana.....	3
	Figura 3. Planta de tratamiento de aguas residuales Taboada.....	4
	Figura 4. Instalaciones de planta de tratamiento Taboada-Sanemaiento de Lima Metropolitana ....	6
	Figura 5. Emisor submarino en construcción, para ser lanzado al mar, febrero 2014. ....	7
	Figura 6. Instalaciones de un sistema de tratamiento de aguas residuales .....	17
	Figura 7. Proceso de tendido del emisor submarino. ....	23
	Figura 8. Emisor submarino en operación, vista de la pluma de agua residual. ....	23
	Figura 9. Ubicación del área monitoreo ambiental - Bahía Callao. ....	78
	Figura 10. Distribución de los puntos de muestreo en zona de protección costera.....	84
	Figura 11. Distribución de los puntos de muestreo en zona de exclusión.....	85
	Figura 12. Puntos de referencia – descarga de emisor submarino. ....	85
	Figura 13. Características de la bahía Callao. ....	88
	Figura 14. Zonación de la Playa Taboada. ....	89
	Figura 15. Batimetría de la bahía Callao.....	90
	<i>Figura 16.</i> Corrientes marinas superficiales de la bahía Callao.....	91
	Figura 17. Corrientes marinas superficiales en la Bahía Callao.....	92
	Figura 18. Corrientes marinas de fondo en la Bahía Callao 2002 y 2006.....	93
	Figura 19. Comportamiento de la corriente marina a nivel vertical.....	94
	Figura 20. Descarga de colectores de aguas residuales en bahías Callao y Miraflores. 1999.....	99
	Figura 21. Distribución de temperatura superficial bahía Callao en verano (a), invierno (c) 2006. .....	99

<i>Figura 22.</i> Distribución de pH superficial bahía Callao verano (a), invierno (d) 2006. ....	100
<i>Figura 23.</i> Distribución de Oxígeno superficial - bahía Callao, verano (a), invierno (d) 2006. ..	101
<i>Figura 24.</i> Distribución DBO <sub>5</sub> superficial bahía Callao, verano (a) e invierno (c) 2006.....	102
<i>Figura 25.</i> Aceites y grasas en playa - bahía Callao.....	103
<i>Figura 26.</i> Distribución de SST superficial bahía Callao, verano (a), invierno (d) 2006. ....	104
<i>Figura 27.</i> Distribución de NO <sup>-3</sup> superficial bahía Callao, en verano (a), invierno (d) 2006. ....	105
<i>Figura 28.</i> Distribución de nitritos superficial bahía Callao, en verano (a) e invierno (d) 2006.	105
<i>Figura 29.</i> Distribución de salinidad superficial bahía Callao, verano (d), invierno (f) 2006. ....	107
<i>Figura 30.</i> Coliformes y otros en superficie en bahía Callao, verano - invierno 2006. ....	108
<i>Figura 31.</i> Coliformes en los ríos Chillón y Rímac 2011. ....	109
<i>Figura 32.</i> Coliformes en organismos marinos abril 2011. ....	111
<i>Figura 33.</i> Distribución de cadmio en sedimento verano e invierno 2006 - bahía Callao.....	113
<i>Figura 34.</i> Distribución de arsénico en sedimento verano e invierno 2006 - bahía Callao. ....	113
<i>Figura 35.</i> DBO <sub>5</sub> y sólidos en suspensión trimestrales en efluente de PTAR Taboada.....	118
<i>Figura 36.</i> DBO, SST y colif.ormes en efluente de PTAR Taboada – Ago-Set 2016.....	119
<i>Figura 37.</i> Distribución de temperatura superficial en bahía Callao. Verano 2015.....	123
<i>Figura 38.</i> Distribución de temperatura superficial en bahía Callao - invierno Trim.2014 y 2015. .....	126
<i>Figura 39.</i> Distribución de temperatura superficial en bahía Callao - invierno 2016.....	127
<i>Figura 40.</i> Distribución de pH superficial en bahía Callao - veranos 2015 y 2016.....	128
<i>Figura 41.</i> Distribución del pH superficial en bahía Callao. Invierno 2014 y 2015. ....	129
<i>Figura 42.</i> Distribución de PH superficial en bahía Callao - Prom. invierno 2016.....	130
<i>Figura 43.</i> Distribución de oxígeno superficial en bahía Callao, verano 2015 y 2016.....	131
<i>Figura 44.</i> Distribución de oxígeno superficial en bahía Callao - Invierno 2014 y 2015.....	132
<i>Figura 45.</i> Distribución de Oxígeno superficial en bahía Callao - Invierno 2016.....	133
<i>Figura 46.</i> Distribución de DBO <sub>5</sub> superficial en bahía Callao, verano 2015 y 2016.....	136

<i>Figura 47.</i> Distribución de DBO <sub>5</sub> superficial en bahía Callao, invierno 2015 y 2016. ....	137
<i>Figura 48.</i> Distribución de SST superficial en bahía Callao, invierno 2015 y 2016. ....	139
<i>Figura 49.</i> Distribución de SST superficial en bahía Callao-Invierno 2014 y 2016.....	140
<i>Figura 50.</i> Coliformes fecales superficiales en bahía Callao- verano 2015 - 2016. ....	141
<i>Figura 51.</i> Coliformes fecales superficiales en bahía Callao - invierno 2014 y 2015. ....	143
<i>Figura 52.</i> Coliformes fecales superficiales en bahía Callao. Invierno 2014. ....	144
<i>Figura 53.</i> Disposición de residuos sólidos en línea de costa – bahía Callao.....	148
<i>Figura 54.</i> Tonalidad superficial bahía Callao según imágenes Landsat 8 marzo 2015. ....	150

## INTRODUCCIÓN

Las ciudades del mundo localizadas en la zona costera han hecho y hacen del mar, el cuerpo receptor de sus aguas residuales; tal es el caso de Lima Metropolitana cuyas aguas residuales, sin ningún tratamiento se han venido disponiendo en las bahías Callao y Miraflores a través de 5 grandes colectores identificados como Comas, Callao o Centenario, Colector N° 6 , Costanero y La Chira, ubicándose los cuatro primeros en la bahía Callao, siendo identificada ésta como una de las áreas más contaminadas del litoral.

La disposición en el mar de las aguas residuales doméstica es viable técnica y económicamente, cuando se realiza adecuadamente, es decir, con un nivel de tratamiento adecuado y mediante un emisario submarino también adecuado (Decreto Supremo N° 022-2009-VIVIENDA), de modo que, el cuerpo marino receptor pueda asimilar residuos o carga contaminante; de modo que los efectos negativos sean mínimos, es decir, la densidad de bacterias, patógenas, compuestos tóxicos y otros contaminantes reducidos a niveles seguros.

Los emisarios submarinos, como alternativa de descarga en el medio marino en muchos países, presentan ventajas frente a los tratamientos convencionales en relación con los costos de inversión, sobre todo en términos de operación y mantenimiento. Presentan problemas cuando los desperdicios (pluma de agua residual) se concentran en áreas restringidas, en vez de dispersarlos en áreas más amplias, donde el proceso natural de purificación puede actuar con mayor facilidad (Salas, 1994).

Los lugares de vertimiento en el mar se localizan mejor en áreas costeras abiertas, donde las condiciones dinámicas (corrientes, vientos y mares) permiten su rápida dilución y dispersión impidiendo su retorno a las playas. Las situaciones más difíciles se presentan



cuando el punto de descarga está localizado en una bahía cerrada, semi-cerrada o en una caleta, o en cualquier área costera donde el intercambio de agua es limitado. En tales situaciones se requiere que, las aguas residuales reciban un tratamiento efectivo antes de su descarga. (CPPS, 1988: Implicaciones de Contaminación Marina por el Desarrollo del Área Costera).

Es importante la recuperación de hábitats costeros porque el 90% de la pesca marina del mundo se reproduce en estas áreas. Los peces de mar profundo se alimentan frecuentemente de aquellos que desovan en las áreas costeras; y en este sentido, el deterioro de los hábitats costeros puede tener consecuencias a largo plazo para las poblaciones.

Dado el riesgo que representa las aguas residuales para el ecosistema marino, como como cuerpo receptor; el seguimiento del manejo de estas aguas residuales no solo es competencia del administrador del sistema de tratamiento de la planta Taboada y emisor submarino, de la entidad que aprobó el Estudio de Impacto Ambiental, de la entidad que otorgó la autorización de vertimiento; sino también es compromiso de la universidad peruana, particularmente en el campo de investigación y gestión.

Así, este estudio está dirigido a conocer la calidad del agua del área marina costera de la bahía Callao, donde mediante un emisor submarino de 3,5 km de longitud ( o a dicha distancia de la playa Taboada) se dispone las aguas residuales tratadas de la planta de tratamiento Taboada que, como sistema de saneamiento (PTAR Taboada y emisor) viene operando desde junio de 2014). Ello, con el fin de conocer la capacidad de asimilación de la carga contaminante y en consecuencia el nivel de recuperación de la bahía Callao.

## CAPITULO I

### I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Antecedentes

La tendencia de la población mundial es asentarse en la zona costera, por las bondades que ésta ofrece para el desarrollo de las actividades socio-económicas. Lima Metropolitana, capital del Perú se ubica en la parte central del litoral, con una población cercana a los 10 millones de habitantes, equivalente al 30% de la población nacional, generando un promedio de  $18 \text{ m}^3/\text{s}$  de aguas residuales, sin ningún tratamiento han venido siendo descargados o dispuestos en las bahías Callao y Miraflores.

Desde la década de los años 80, ambas bahías, en particular la Bahía Callao fue considerada como la más contaminada del Perú. Al respecto, diversos estudios realizados por Casaligno (1984); y los realizados por la CPPS (2000), en el marco del Plan de Acción para la Protección del medio Marino y Áreas Costeras del Pacífico Sudeste (Colombia, Chile, Ecuador, Panamá y Perú) estudios realizados por Cabrera, N. (1989), Munaylla, A. U. (1997) y el Instituto del Mar del Perú (IMARPE, 1999) indicaron de la degradación del medio marino atribuido a las aguas residuales de la ciudad de Lima Metropolitana como la principal fuente de contaminación. (Figura 1).

La bahía Callao recepcionaba los grandes colectores: Comas ( $3 \text{ m}^3/\text{s}$ ), Callao-Centenario ( $2,9 \text{ m}^3/\text{s}$ ) en la bahía Callao y Colector N° 6 ( $3 \text{ m}^3/\text{s}$ ) y colector San Agustín ( $0,8 \text{ m}^3$ ) en el río Rímac. Así también se disponían en la bahía Miraflores, las aguas residuales del emisor Costanero ( $2,8 \text{ m}^3/\text{s}$ ) y La Chira ( $4,9 \text{ m}^3/\text{s}$ ) generando una serie de efectos negativos entre ellos:

- Pérdida de la estética de las playas
- Contaminación de las playas y pérdida de la balneabilidad por niveles elevados de carga microbiana y bacteriana
- Contaminación de los productos hidrobiológicos,
- Riesgo de proliferación de enfermedades endémicas, etc.
- Condiciones anóxicas o falta de oxígeno
- Procesos o fenómenos de eutroficación
- Desvalorización de los terrenos adyacentes a la zona de descarga

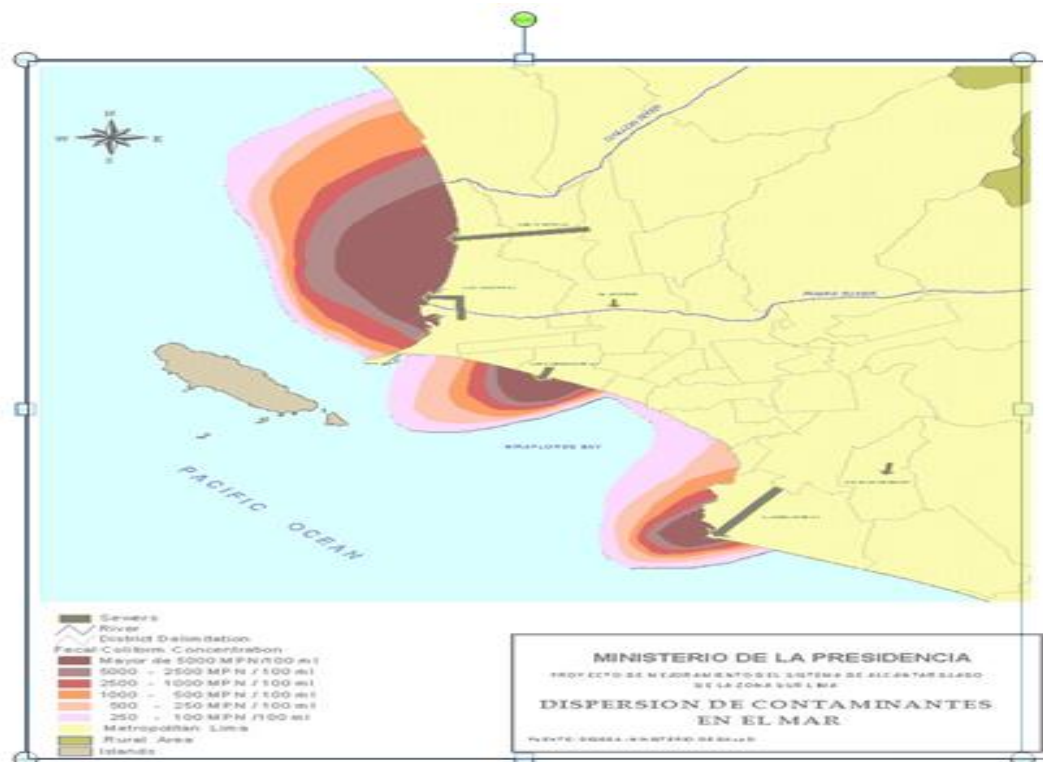


Figura 1. Playas de Lima contaminadas por aguas residuales.

Fuente: Proyecto PROMAR, 1996.

En la década de los años 70 y 80 se ejecutaron diversos proyectos para evaluar las aguas residuales de Lima, entre ellos conducir y tratar toda el agua en las Pampas de San Bartolo.

La empresa Servicio de Agua Potable y Alcantarillado (SEDAPAL), en 1995 reinició el saneamiento ambiental de las costas de Lima con el Proyecto Manejo de las

Aguas Residuales de Lima Metropolitana (PROMAR), en el marco del cual, mediante estudios hidro-oceanográficos desde el río Chillón por el Norte hasta Punta La Chira por el Sur; como se indica en la Figura 2, determinó que las aguas residuales de Lima Metropolitana debían ser dispuestas en dos zonas:

- Zona Norte, en la bahía Callao, mediante un emisor submarino de 8 km de longitud y su respectiva Planta de Tratamiento Taboada, en la cual se concentraban los colectores Callao - Centenario, Comas, Costanero y Colector N° 6.
- Zona Sur, en Punta La Chira de la bahía Miraflores, un emisor submarino de 3 km de longitud con su respectiva planta de tratamiento “La Chira”.

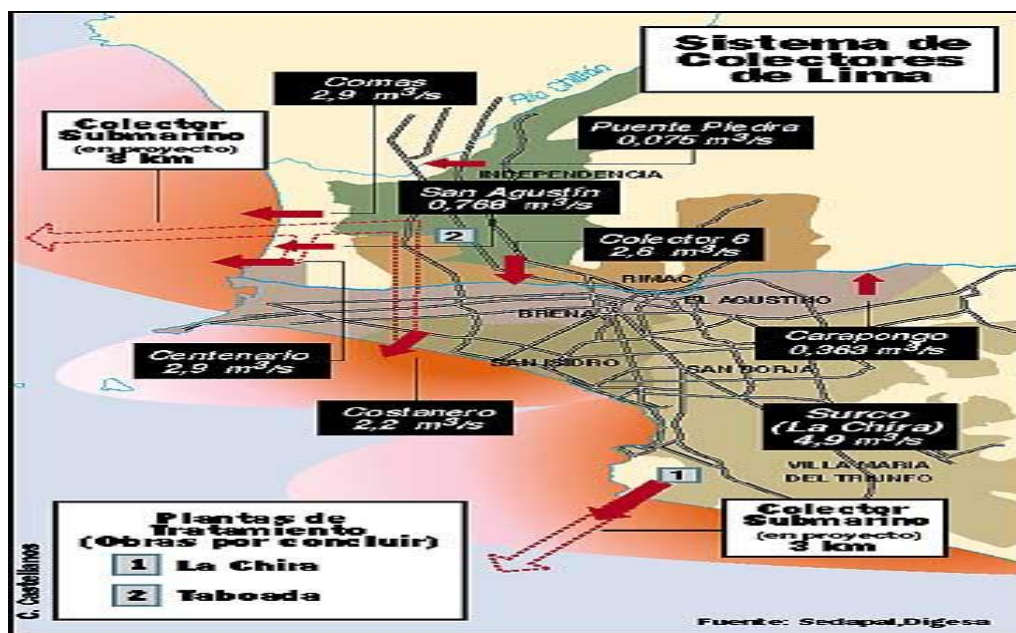


Figura 1. Sistema de Saneamiento para Lima Metropolitana

Fuente: SEDAPAL, DIGESA (1999).

En la Figura 2, puede observarse las flechas rojas continuas que indican la ubicación de los diferentes colectores de aguas residuales que descargan a las bahías Callao y Miraflores y el río Rímac y en el marco de la solución de saneamiento, dos flechas rojas punteadas la

ubicación de los referidos emisores submarinos, es decir, Taboada en el Norte y la Chira en el Sur.

En el año 2001, los estudios de factibilidad a través del proyecto Mejoramiento del Sistema de Alcantarillado para Lima (proyecto MESIAS) para ambas plantas indicaron sistemas de tratamiento de nivel primario mejorado.

En el año 2003, las aguas residuales que se descargaban al mar mediante el emisor Costanero en el distrito de San Miguel fueron derivadas a la bahía Callao, en las inmediaciones de la playa Oquendo (Figura 3), donde se proyectó la Planta de tratamiento de aguas residuales Taboada (en adelante PTAR Taboada).

Mediante Resolución Directoral N° 010-2010-VIVIENDA/VMC-DNS del 29 de enero del 2010, la autoridad correspondiente dio la Certificación Ambiental para la construcción de un emisor submarino de 3,5 km de longitud, y con ello el Derecho del Uso de Área Acuática por parte de la Dirección General de Capitanías y Guardacostas (DICAPI).



*Figura 2.* Planta de tratamiento de aguas residuales Taboada.

Fuente: Elaboración propia en base a Google Earth de fecha 21 enero 2017.

### **Descripción de planta de tratamiento de aguas residuales Taboada (PTAR)**

La Planta de tratamiento de aguas residuales Taboada (EF, 2009), como se indica en la Figura 3, se ubica en el ex - fundo Taboada, a 1,5 km del Aeropuerto Jorge Chávez en el distrito del Callao, provincia Constitucional de Callao, región Callao – departamento de Lima. (MVCS, 2008).

Fue construido por la empresa TDAGUA hasta una capacidad de 20,00 m<sup>3</sup>/s; y actualmente viene operando aproximadamente al 70% de capacidad. El sistema de tratamiento de las aguas residuales (Figura 4), comprende las siguientes instalaciones:

- Pre aireación y bombeo de agua bruta
- Desbaste – Desarenado – desengrasado
- Tamizado de 1,00 mm
- Torre de bombeo y alimentación al emisario submarino

**Preaireación y bombeo de agua bruta.** - Para reducir el alto grado de septicidad (tendencia a la putrefacción) de las aguas residuales por su largo recorrido, pasa por una Cámara de Preaireación y bombeo para la inyección de aire (oxígeno); luego, a la zona de desbaste.

**Desbaste.** – Equipo conformado por tamices Rotamat de 6 mm de luz de paso, retiene los sólidos mayores de 6 mm, los que mediante una cinta transportadora pasan a un sistema de compactación de 2,00 m<sup>3</sup>/h y una sequedad hasta el 25%.



*Figura 3.* Instalaciones de planta de tratamiento Taboada-Sanemaiento de Lima Metropolitana  
Fuente: TEDAGUA (2014).

**Desarenado – desengrasado.** - Las aguas residuales una vez desbastadas y tamizadas, pasan a la eliminación de arenas, grasas y flotantes, con el fin de reducir el desgaste, obstrucciones, adherencias sedimentaciones y otros efectos indeseables en el tratamiento posterior. La arena extraída pasa a los clasificadores de tornillo para eliminar la materia orgánica, y luego al escurrido; siendo los sólidos entregados a una EPS autorizada. Las grasas y flotantes se retiran de la superficie del agua mediante raquetas autoregulables, son luego transportados por gravedad hacia los concentradores de grasas de raquetas.

**Tamizado de finos 1,00 mm.-** Eliminadas las grasas y arenas del agua residual, ésta pasa a la zona de tamices ROTAMAT de 1mm de luz de paso. Los sólidos retenidos son enviados a las prensas correspondientes y luego a un contenedor; y el agua residual a la torre de bombeo. El tamizado debe evitar la decantación de sólidos dentro del emisario submarino, así como el atascamiento de los difusores, reduciendo los costos de mantenimiento del mismo. Las aguas pre tratadas en los desarenadores - desgrasadores son dirigidos a la torre de bombeo.

**Torre de bombeo y alimentación al emisario submarino.** - En esta estructura el efluente o agua residual tratada es bombeada o elevada a la torre desde un nivel de 5,57 m.c.a.

(metro de columna de agua) hasta un nivel de 13,37 m.c.a., de donde por gravedad pasa al emisario submarino (ubicado a nivel de 0,17 m.c.a en el eje del emisor submarino), trasladando el efluente a 3,5 km de la playa y a 15 m de profundidad.

**El emisario submarino.** - Es una tubería de polietileno de alta densidad (PEAD) PE 100, con un diámetro promedio de 3 m y una longitud total de 3698 m, conformado por un primer tramo terrestre de 198 m desde la PTAR Taboada hasta la línea de costa, un tramo marino de 2500 y un tramo difusor efectivo de 1000 m (Figura 5).

La salida del efluente al mar se realiza a través de válvulas anti retorno tipo “Tide – Flex”, que impiden la intrusión salina durante los episodios o momentos de poco caudal.



*Figura 4.* Emisor submarino en construcción, para ser lanzado al mar, febrero 2014.

Fuente: SEDAPAL, 2014

El Diseño, Construcción, Operación y Mantenimiento del Proyecto Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Taboada – PTAR Taboada (EF, 2009), a cargo del Consorcio conformado por ACS Servicios, Comunicaciones y Energía S.L. y Técnicas de Desalinización de Aguas S.A. (TEDAGUA), tuvo una **inversión de S/. 416 620 130,05**,



**sin IGV.**

**Distritos beneficiarios:** 27 distritos de Lima y el Callao: Ate, Bellavista, Breña, Callao, Carabayllo, Carmen de la Legua, Comas, El Agustino, Independencia, Jesús María, La Perla, La Punta, La Victoria, Lima, Lince, Los Olivos, Lurigancho, Magdalena del Mar, Miraflores, Pueblo Libre, Rímac, San Juan de Lurigancho, San Isidro, San Luís, San Martín de Porres, San Miguel y Santa Anita (TEDAGUA, 2005).

El objetivo de la planta de tratamiento fue eliminar la contaminación del litoral del Callao, producida por los vertimientos del colector Interceptor Norte (Colector Costanero), el colector Comas-Chillón (Colectores, Comas, Callao, Bocanegra, Colector N°6) y de la línea de impulsión de la estación de bombeo Sarita Colonia, que descarga aguas residuales en la bahía del Callao (Pro Inversión, 2008). Capacidad: 14,0 m<sup>3</sup>/s en promedio y 20,0 m<sup>3</sup>/s como máximo.

En Diciembre 2013 se inició la operación de la Planta Taboada ubicada en proximidades de la playa del mismo nombre, una de las más grandes de Sudamérica, concentrando un promedio de 14 m<sup>3</sup>/s (14 000 l/s); y desde el 23 de junio 2014, descargando al mar mediante un emisor submarino a 3,5 km de la playa y 15 m de profundidad.

La referida Certificación Ambiental, estableció la realización de monitoreos ambientales mensuales con reportes trimestrales, que constituyen información de los cambios ambientales resultantes de la operación del sistema de saneamiento; es decir, la recuperación de la bahía.

## **1.2 Planteamiento y formulación del problema**

En diciembre 2013 entró en operación la planta de tratamiento Taboada y en Junio 2017, el emisor submarino de 3,5 km de longitud, conduciendo al mar 14 m<sup>3</sup>/s del agua residual de la PTAR Taboada. Ambas instalaciones que constituyen el sistema de

saneamiento; sin embargo con importantes cambios con relación al diseño original (2001), referido a la calidad del agua residual generado, tipo de tratamiento, reuso y disposición final de las aguas, detalles que tienen que ver con la sostenibilidad del sistema y su repercusión en el medio marino, materia de análisis de este proyecto de tesis.

### **Formulación del Problema**

La evaluación de las condiciones del agua marina costera de la bahía Callao a partir de la ejecución del proyecto de saneamiento (Planta de tratamiento de aguas residuales Taboada y emisor submarino) ayudará a conocer la capacidad de recuperación de ambiental de la bahía, y factores limitantes de aspecto técnico, legal y económicos a fin de tomar las medidas que permitan prevenir, corregir, mitigar, los impactos ambientales negativos generados, fortaleciendo las acciones en el marco del manejo de las aguas residuales, y evitando el deterioro de este importante ecosistema acuático.

### **Problema general**

¿Cómo es la recuperación del área marina costera de la bahía Callao en el marco del saneamiento de las aguas residuales (Planta de tratamiento Taboada y emisor submarino)?

### **Específico 1:**

¿Cuál era la calidad del agua del área marina costera de la bahía Callao antes de las instalaciones de saneamiento?

### **Específico 2:**

¿El efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales Taboada cumple lo establecido por las normas?

### **Específico 3:**

¿Cuál es la calidad del agua del área marina costera de la bahía Callao, después de las instalaciones de saneamiento?

**Específico 4:**

¿Cómo es la recuperación del área marina costera de la bahía Callao, a partir de la implementación del sistema de saneamiento ambiental?

**1.3 Objetivos****Objetivo general**

Evaluar y conocer el grado de recuperación del área marina costera de la bahía Callao en el marco del saneamiento a fin de conocer la recuperación de ésta y con ello los beneficios de PTAR Taboada y el emisor submarino.

**Objetivos específicos**

- a) Analizar las características físico química y microbiológicas del agua marina costera de la bahía Callao antes de las instalaciones de saneamiento.
- b) Analizar las características del efluente o agua residual tratada de la PTAR Taboada.
- c) Analizar las características físicas, químicas y microbiológicas del agua del área marina costera de la bahía Callao, después del saneamiento.
- d) Evaluar la recuperación del área marina costera de la Bahía Callao a partir de la implementación del sistema de saneamiento.

**1.4 Justificación e importancia**

El proyecto de saneamiento de Lima Metropolitana dirigida al control de la contaminación marina, en especial de sus playas y sus recursos, que ha sido ejecutada en la zona norte de Lima (bahía Callao) con la construcción de la Planta de tratamiento de aguas residuales Taboada y el emisor submarino correspondiente, se encuentra en operación desde junio de 2014.

Según los aspectos teóricos revisados, para que el impacto de las aguas residuales en un cuerpo receptor sea lo menor posible, éstas deben ser dispuestas adecuadamente; es decir con un tratamiento adecuado y en el lugar también adecuado. Ello, con el fin de que el cuerpo receptor tenga la capacidad de asimilar los residuos; de lo contrario, se constituye en una fuente de contaminación con las implicancias socio-económica-ambientales negativas ya conocidos, particularmente pérdida de su valor ecosistémico. En tal razón, es importante conocer la eficiencia de la planta de tratamiento y emisor submarino Taboada.

Esta inquietud de conocer esa recuperación del medio marino costera de la bahía del Callao, me compromete en esta tarea, dado mi experiencia de trabajo en el medio marino durante más de 10 años en la Dirección de Hidrografía y Navegación de Marina, y participación en los proyectos PROMAR y MESIAS. Desde ambos enfoques se busca contribuir en la evaluación y análisis de los vacíos y/o debilidades de operación del sistema de saneamiento a fin de alcanzar las recomendaciones que permita fortalecer el saneamiento ambiental del área marina costera de la bahía del Callao.

### **1.5 Alcances y limitaciones**

El estudio comprende la evaluación del efluente de la PTAR Taboada, y el cuerpo receptor marino, adyacente a la playa Oquendo de la Bahía Callao; así como el área marina o franja costera cuyo ancho de 5 km está relacionada a la longitud del emisor submarino de 3,5 km perpendicular a la Playa Oquendo; y los puntos de control o muestreo establecidos a lo largo de la playa, que abarca una longitud aproximada de 10 km.

Entre el río Chillón y Rímac existen numerosas actividades industriales (papelera, de alimento como Ajinomoto, empresas químicas, pesqueras cada en menor número y vinculadas a vedas), que descargan a la bahía), y evidentemente con sus particulares características y efectos según el tipo de estas actividades. Siendo algunas reemplazadas por grandes almacenes

de containers con productos importados). Sin embargo, el gran caudal (14000 l/s) de la PTAR Taboada representa el no menos del 90% de la descarga a la bahía fue determinante.

Se ha tenido dificultades para la obtención de información muy valiosa que genera entidades como el Instituto del Mar del Perú (IMARPE), salvo las antiguas (de más de 20 años) que se publican sin mayor reserva. En el caso del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, en segunda solicitud se me brindó el Resumen Ejecutivo del Proyecto de Construcción e implementación de la PTAR Taboada y emisor submarino.

La evaluación integral comprende además de las características del agua de mar en superficie y en el fondo, sedimento, peces, organismos bentónicos, entre otros; en el Plan de monitoreo de la PTAR Taboada también así lo contempla, sin embargo, la Resolución de autorización de vertimiento del efluente, no establece estos parámetros.

Sobre la calidad del agua residual que actualmente genera, solicitada a SEDAPAL se indicó que por datos de alta confidencialidad era accesible.

## **1.6 Definición de variables**

**Variable independiente (X):** es la calidad del efluente de la PTAR Taboada. Los parámetros vinculados son los siguientes: el oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, el potencial de hidrógeno, sólidos suspendidos totales, metales, Coliformes fecales o termotolerantes y totales. Se suman las condiciones físicas del medio marino como las corrientes marinas, la topografía submarina, la temperatura del agua de mar.

**Variable dependiente (Y):** es la calidad del agua del área marina de la bahía Callao, que mediante el emisor submarino recibe la descarga de las aguas residuales tratadas en la PTAR Taboada.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Aguas residuales definición y composición

##### 2.1.1 Definición de aguas residuales

Las aguas residuales son fundamentalmente aguas de abastecimiento de una población, impurificadas por los diversos usos: de las casas habitación, edificios comerciales e industriales. El volumen de éstas varía según la población y diversos factores: actividad, costumbres, estación, localización, etc., de forma que las zonas residenciales pueden producir entre 160 y 400 litros/persona y por día. También, son definidas como aquellas cuyas características originales han sido modificadas por actividades antropogénicas (MINAM, 2013). Los efectos negativos de mayor impacto en los cuerpos receptores son la carga bacteriana y el contenido de materia orgánica, cuya oxidación o descomposición genera ambientes anóxicos, muchas veces asociados a mortandades de especies hidrobiológicas, en otros casos ambientes eutrofizados asociados a excesivo crecimiento de algas.

Cualquiera que sea su procedencia, los vertidos de aguas residuales representan una amenaza para los seres vivos y el medio ambiente, dado que alteran las características del medio natural (masa de agua, terreno) donde se produce la descarga. La importancia de esta amenaza está en función de las características, cantidad y composición del agua residual, así como de la capacidad de autodepuración del medio frente al vertido al que es sometido (Orozco B C, et. al (2003). Por ello, el conocimiento de la composición de las aguas residuales es fundamental para el manejo adecuado, es decir, captación, tratamiento, reuso y disposición final.

## 2.1.2 Composición de las aguas residuales domésticas

Entre las sustancias y especies presentes se identifican como característicos: compuestos orgánicos naturales (proteínas, azúcares, úrea, grasas, ácidos acético y láctico, aceites vegetales y animales, etc.), sales (carbonatos, sulfatos, cloruros, nitratos, etc.), gases provenientes de la descomposición de la materia orgánica (metano, ácido sulfhídrico, etc.), bionutrientes (compuestos de nitrógeno y fósforo, éste último proveniente regularmente de detergentes) y microorganismos (coliformes totales y fecales, estreptococos, virus, etc.) (Orozco B C, et. al 2003).

La composición y concentración de los residuos domésticos depende de las condiciones socioeconómicas de la población, así como del tipo de vertimientos industriales en la red de alcantarillado. En zonas industrializadas, la fracción de residuos industriales en el agua residual doméstica puede ser bastante significativa.

Las aguas residuales domésticas están constituidas por agua (99,9 %), y apenas 0,1 % de sólidos suspendidos, coloidales y disueltos; sin embargo, esta pequeña fracción de sólidos presenta los mayores problemas en el tratamiento y su disposición. Dependiendo de la concentración de estos componentes, el residuo puede clasificarse como fuerte, medio o diluido (Tabla 1).

Tabla 1. *Composición típica del agua residual doméstica*

Componente	Concentración (mg/L)		
	Fuerte	Media	Diluida
Sólidos Suspendidos	350	220	100
Sólidos Sedimentables	20	10	5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )*	400	220	110
Carbono Orgánico Total (COT)	290	160	80
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	1 000	500	250
Nitrógeno Total	85	40	20
Nitrógeno Orgánico	35	15	8
Nitrógeno Amoniacal	50	25	12
Nitritos	0	0	0

Componente	Concentración (mg/L)		
	Fuerte	Media	Diluida
Nitratos	0	0	0
Fósforo Total (Orgánico e inorgánico)	15	8	4
Aceites y Grasas	150	100	50
Coliformes Totales (NMP/100 ml)	$10^7$ a $10^9$	$10^7$ a $10^8$	$10^6$ a $10^7$
*Los valores pueden aumentar por la cantidad presente de aguas de abastecimiento.			

Fuente: Rolim S, (2000). Sistemas de Lagunas de Estabilización.

Regularmente, el consumo de agua per cápita varía de 150 a 400 l/hab-día, con un promedio de 230 l/habitante-día; con un coeficiente de retorno promedio de 0.8, dependiendo de las condiciones locales.

### **Principales parámetros que caracterizan a las aguas residuales**

Las aguas residuales se caracterizan entre otros mediante los siguientes parámetros: Temperatura, Sólidos suspendidos totales (SST), demanda bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ), demanda química de oxígeno (DQO), coliformes totales y fecales o termotolerantes, parásitos, nitratos, nitritos, nitrógeno amoniacal, fósforo total, detergentes, etc.

## **2.2 Tratamiento de las aguas residuales y eficacia en remoción de contaminantes**

### **2.2.1 Tratamiento de las aguas residuales**

Si las aguas residuales no se tratan y eliminan adecuadamente pueden convertirse en el agente de enfermedades como el cólera, fiebre tifoidea y otras infecciones entéricas. Además, la descarga de aguas servidas sin tratar puede provocar el deterioro físico, químico y biológico de la fuente de agua o cuerpo receptor. Puede también causar la depreciación de los terrenos, la formación de criaderos de insectos vectores de



enfermedades, de malos olores, de la destrucción de la fauna acuática, de la eutroficación de estanques, lagos, bahías y de la eventual restricción de otros usos benéficos de los cursos de agua (recreación, navegación deportiva, agricultura, pesca, criaderos de mariscos, etc.).

El tratamiento de las aguas residuales depende de diversos factores como las características del cuerpo receptor, el uso al que se destina, su capacidad de auto-depuración y dilución, así como de la legislación ambiental y de las consecuencias del vertimiento de las aguas residuales.

Los procesos de tratamiento de aguas servidas en respuesta a los problemas de Salud pública están dirigidos a:

- Remoción de sólidos suspendidos y material flotante,
- Estabilización de la materia orgánica biodegradable, y
- Eliminación de microorganismos patógenos.
- 

En este marco, los niveles de tratamiento de las aguas residuales de origen doméstico e industrial son: preliminar, primario, secundario, terciario, etc., (Figura 6) de acuerdo a los diferentes niveles de calidad de efluentes esperados o los grados de complejidad de operación. Ello como indica SEDAPAL (2015), involucra una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin remover o eliminar los contaminantes diversos presentes en el agua (Tabla 2).

Tabla 2. Niveles de tratamiento de aguas residuales domésticas y remoción

Nivel	Remoción
Preliminar	Sólidos suspendidos gruesos y arena
Primario	Sólidos suspendidos sedimentables, DBO suspendida (materia orgánica componente de los sólidos suspendidos sedimentables)
Secundario	DBO suspendida (materia orgánica suspendida fina, no removida en el tratamiento primario) DBO Soluble (materia orgánica en la forma de sólidos disueltos)
Terciario	Nutrientes Organismos patógenos Compuestos no biodegradables Metales Pesados Sólidos inorgánicos disueltos Sólidos suspendidos remanentes

Fuente: Rolim S, (2000): Sistemas de Lagunas de Estabilización.

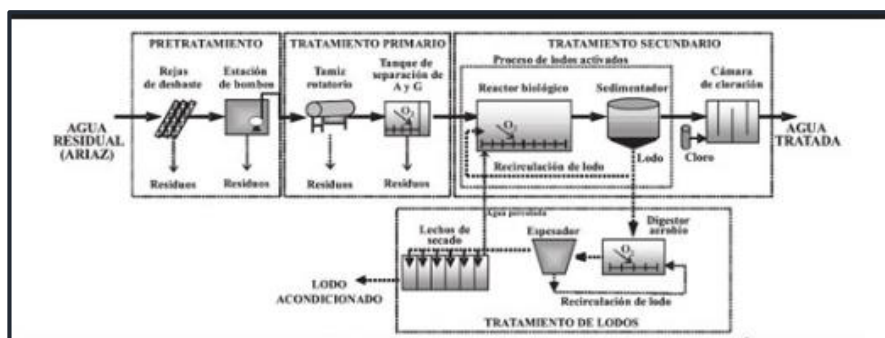


Figura 5. Instalaciones de un sistema de tratamiento de aguas residuales

Fuente: <http://www.scielo.org.ve/scielo.php>.

**Tratamiento preliminar o pretratamiento.** - Busca remover los sólidos suspendidos gruesos y sólidos o materiales suspendidos o flotantes. La remoción de los gruesos se lleva a cabo por medio de rejillas de barras, con limpieza manual o mecanizada o mediante desintegradores, trituradores o coladores. Los sólidos suspendidos de menores dimensiones como los detritos minerales pesados, son removidos por medio de desarenadores (Von Sperling, 1995). Las operaciones del tratamiento preliminar, típicamente incluyen: desbaste, desarenado, y menos frecuentemente desengrasado (Noriega R, 1999).

**Tratamiento primario.** - Tiene por objeto remover por medios físicos los sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables y parte de la materia orgánica, sólidos más finos no eliminados en el pretratamiento. Puede incluir la sedimentación o flotación de partículas suspendidas.

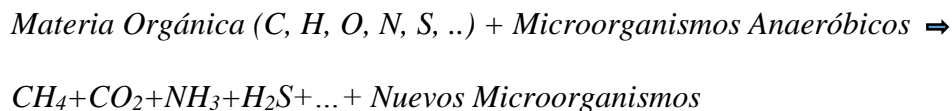
Una alternativa de tratamiento previo al secundario, es el denominado “Tratamiento primario mejorado combinado con filtración y desinfección”. Este sistema puede ser capaz de producir un efluente, casi equivalente al tratamiento secundario y puede eliminar los huevos de helminto a un nivel aceptable, reduciendo significativamente los riesgos de salud. La coagulación química, implica la adición de químicos al agua residual con el propósito de mejorar la formación y asentamiento del floc. Los químicos utilizados comúnmente incluyen sales de aluminio, sales de hierro, o cal, así como polímeros (Noriega, 1999).

**Tratamiento secundario llamado también tratamiento biológico.** - Tiene como objetivo principal eliminar la materia orgánica biodegradable disuelta y coloidal; es decir la degradación biológica (mediante microorganismos) de los compuestos carbonosos;

entre ellos, carbohidratos, aceites, grasas y proteínas a compuestos más simples, como  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , etc., dependiendo del tipo de proceso predominante.

La degradación y mineralización de la materia orgánica (catabolismo), y otro, de naturaleza físico-química, produce la decantación de los llamados fangos secundarios, constituidos fundamentalmente por biomasa (microorganismos vivos y muertos). (Orozco B C, et. al (2003). La degradación puede llevarse a cabo en medio aerobio o anaerobio, con las consiguientes diferencias respecto a las características del proceso y los productos de degradación generados.

**La Depuración Anaerobia.** - Es un proceso biológico en el que la materia orgánica biodegradable es asimilada por microorganismos específicos en ausencia de oxígeno disuelto. Se utiliza principalmente para aguas residuales industriales de alta carga orgánica (2000-3000 mg  $\text{O}_2/\text{L}$  de  $\text{DBO}_5$ ) o en el tratamiento de fangos de cualquier tipo de depuradora. La reacción global, dada la ausencia de oxígeno como agente oxidante ocurre así:



**Depuración Aerobia.** - Tiene lugar en presencia de oxígeno disuelto, procurando mantener el agua residual saturada de oxígeno durante todo el proceso. La reacción global en el caso de degradación y mineralización total de la materia orgánica conduce a las especies oxidadas a la formación de nuevos microorganismos.



La reacción global durante la depuración aerobia conduce tanto a los productos de degradación de la materia orgánica como al crecimiento y la generación de nuevos microorganismos.

### **2.2.2 Eficacia de los procesos de tratamiento de aguas residuales**

La evaluación del tratamiento adecuado de aguas residuales adopta diversos criterios en función del impacto que tendría sobre la salud pública o sobre el medio ambiente. Este impacto dependerá del destino programado para los efluentes resultantes del tratamiento en cuestión. De esta manera, por ejemplo, el criterio de remoción de bacterias es más importante que la remoción de sólidos totales si el propósito del tratamiento es adecuar el desagüe para su descarga final al mar.

Sobre la eficacia de los diversos procedimientos, como se aprecia en la Tabla 3, el tratamiento primario permite remover un considerable porcentaje de los sólidos en suspensión, y aproximadamente un tercio de la materia orgánica, componente de los sólidos suspendidos sedimentables, expresado en una reducción de la DBO<sub>5</sub> y la DQO. Estos elementos contaminantes son apreciablemente removidos con un tratamiento secundario (aprox. 90 % de reducción); sin embargo, se trata de elementos poco relevantes en caso de descargas marinas.

Tabla 3. Eficacia de tipos de tratamientos en la eliminación de contaminantes

Parámetro	Concentración (mg/L) Porcentaje (%) de Reducción		
	Tratamiento preliminar	Tratamiento Primario	Tratamiento Secundario
Sólidos en Suspensión	200	100 (60 %)	25 (90%)
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	220	100 (35 %)	20 (90%)
Demanda Química de Oxígeno (DQO)		(30 %))	(80%)
Materia Orgánica Refractaria		20 %)	(60%)
Nitrógeno Total	40	30 (20 %)	30 (50%)
Fósforo Total	9	8 (10 %)	8 (30%)
Coliformes Totales		(40 %)	(80 %)
Microorganismos Patógenos		(10 %)	<i>Variable</i>

Fuente: Orozco B. Carmen. Et. Al. (2003).

El tratamiento primario también efectúa una considerable reducción de las bacterias, principalmente de los coliformes totales, llegando a una remoción del 40 %. Este elemento contaminante es de particular relevancia cuando se pretende descargar el efluente en el mar.

Cabe señalar que, en ocasiones se hace uso del principio de “Dilución de los Vertidos de Aguas Residuales” como un método de tratamiento. Este consiste en verter directamente las aguas residuales a un cauce con agua natural, con caudal y capacidad de autodepuración suficientes, que haga posible preservar el medio ambiente.

Este vertido puede realizarse con o sin un pretratamiento del efluente, y sólo puede ser admitido en situaciones muy concretas en las que la carga contaminante de las aguas residuales pueda ser asimilada por la masa de agua receptora. El caso más común es la utilización de “emisarios submarinos” en zonas costeras. Las aguas residuales, preferentemente sometidas a un pretratamiento y tratamiento primario, son llevadas a

través de una conducción a una distancia suficientemente alejada de la costa. El diseño de estos emisarios considera como parámetros mínimos: longitud del emisario y flujo de corrientes marinas, profundidad para evitar la contaminación de zonas costeras. Es un método que sólo debe ser aplicado, a aguas residuales de tipo urbano. (Orozco C. et. al., 2003). De aquí la necesidad de separar los colectores urbanos de los industriales, situación de la que adolece el sistema de alcantarillado en Lima.

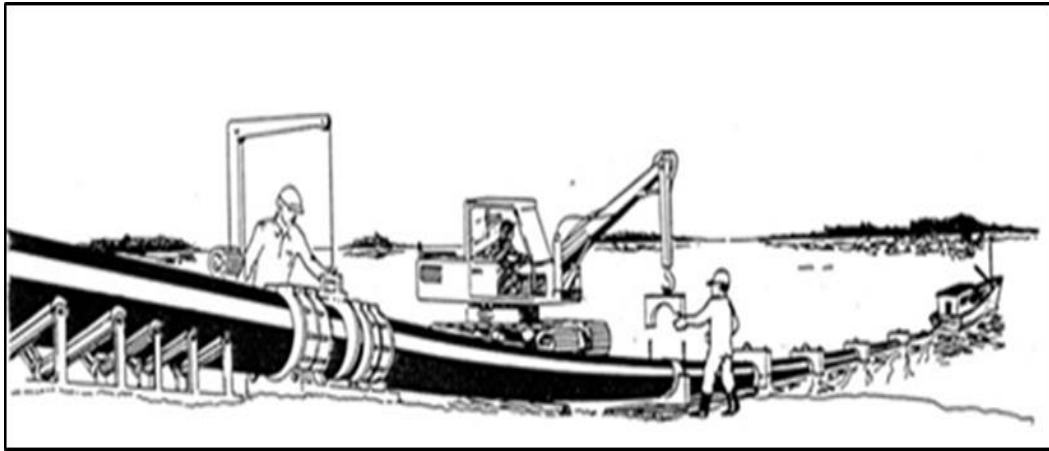
### **2.3 Destino de aguas residuales al medio marino - emisores submarinos**

Las ciudades del mundo localizadas en la zona costera han hecho y hacen del mar, el cuerpo receptor de sus aguas residuales, lo cual es viable técnica y económicamente, cuando esta disposición se realiza adecuadamente, es decir, con un nivel de tratamiento adecuado y mediante un emisario submarino (Decreto Supremo N° 0022-2009-VIVIENDA), de modo que los efectos negativos sean los mínimos, donde la densidad de bacterias, patógenas, compuestos tóxicos y otros contaminantes se reducen a niveles seguros.

En la descarga con emisor, mientras mayor sea la dilución y el medio marino hostil (diferencia de temperatura, incidencia de luz ultravioleta, salinidad, la falta de nutrientes y la competencia con otras especies), mayores son las tasas de mortalidad de las bacterias fecales, provocando la reducción de los organismos patógenos para cumplir con criterios establecidos para playas de recreo.

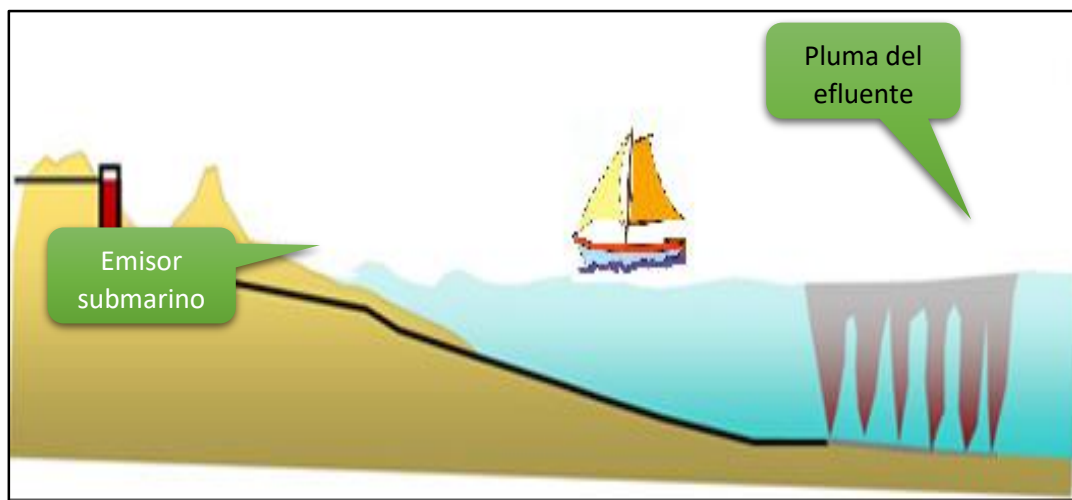
Los emisarios submarinos, como alternativa de descarga en el medio marino en muchos países, presentan ventajas frente a los tratamientos convencionales en relación con los costos de inversión, sobre todo en términos de operación mantenimiento. Presentan problemas cuando los desperdicios (pluma de agua residual) se concentran en áreas restringidas en vez de dispersarlos en áreas más amplias, donde el proceso natural de

purificación puede actuar con mayor facilidad (Salas, 1994). Al respecto, en la Figura 7 se presenta el tendido de un emisor submarino y en la Figura 8 el emisor en operación



*Figura 6.* Proceso de tendido del emisor submarino.

Fuente: Vegas A. (2016). Emisarios submarinos, Infraestructuras, Saneamiento



*Figura 7.* Emisor submarino en operación, vista de la pluma de agua residual.

Fuente: Vegas A. (2016). Emisarios submarinos, Infraestructuras, Saneamiento

Los estudios para el diseño de un emisor submarino, que permiten definir su longitud, diámetro, profundidad, ubicación y sistema de difusores, son fundamentalmente:

a) Caracterización de las aguas residuales, b) línea base de la calidad de las aguas del



cuerpo receptor, c) hidrografía, d) batimetría de la zona de vertimiento, e) corrientes oceánicas (y correlación con las velocidades y direcciones del viento), f) el valor del T90 (tiempo en el cual desaparece el 90% de la flora microbiana); y g) el tipo del fondo marino (Parsons Engineering Science, 1998).

La zona costera o litoral es un ambiente muy dinámico; en ella se presentan procesos físicos y geológicos que determinan la morfología de la zona costera. Los procesos físicos más importantes que determinan la dinámica de la zona costera son la: 1) marea; 2) el oleaje y: 3) las corrientes. Las principales propiedades de la corriente oceánica que determinan el destino de los desechos descargados en aguas costeras y en mar abierto son la intensidad de la turbulencia y el gradiente de velocidad (Csanady, 1973).

### **2.3.1 Criterios para la instalación de puntos de descarga**

Los lugares de vertimiento en el mar se localizan mejor en áreas costeras abiertas, donde las corrientes y las condiciones eólicas y mareales permiten su rápida dilución y dispersión impidiendo su retorno a las playas. Las situaciones más difíciles se presentan cuando el punto de descarga está localizado en una bahía semi-cerrada o en una caleta, o en cualquier área costera donde se impida el libre intercambio de agua. En tales situaciones se requiere que las aguas residuales reciban un tratamiento efectivo antes de su descarga. (CPPS, 1988: Implicaciones de Contaminación Marina por el Desarrollo del Área Costera).

Para que un vertimiento de aguas residuales sea aceptable, debe cumplir por lo general con los siguientes requisitos:

1. Las aguas residuales descargadas al mar deberán ser tratadas en forma adecuada y/o desinfectadas, o el lugar de vertimiento debe estar emplazado de tal manera que no afecte los usos para baño y deportes náuticos.

2. Las aguas residuales descargadas no deben contener materiales en cantidades que puedan ser significativamente nocivas a la vida marina o a las aves marinas, después de su dilución inicial o presentar riesgos a la salud humana.
3. Las descargas no deben generar la aparición de grasa, petróleo o manchas de aceite, sólidos flotantes de gran tamaño o materia visible de origen cloacal en aguas utilizadas por los bañistas o que se den condiciones repugnantes en las playas.
4. Los desechos eliminados no deben dar origen a olores cloacales en las playas.
5. El emisor submarino debe estar localizado de tal forma que pueda beneficiarse de corrientes favorables para evitar el depósito de sólidos; y su localización y construcción deben ser efectuados de tal manera que la dilución inicial sea adecuada. (CPPS, 1988).

Entre los principales perjuicios generados por la afluencia o descarga de aguas residuales domésticas, en las áreas costeras, se pueden considerar:

- La contaminación por bacteria patógena, virus u otros organismos transportados por las aguas cloacales, que pueden causar enfermedades en el ser humano por consumo de productos marinos crudos o sin una adecuada cocción. Asimismo, la acumulación de metales y sustancias orgánicas a niveles elevados en peces, mariscos y otros invertebrados o algas, los hacen inapropiados para el consumo humano.
- Desequilibrio del ecosistema marino (eutrofización, anoxia). La descarga de materia orgánica o de aguas residuales puede reducir los niveles de oxígeno disuelto (O.D.) y/o incrementar los niveles de nutrientes afectando por consiguiente la composición y abundancia del fitoplancton y de otros organismos. (CPPS, 1988: Implicaciones de Contaminación Marina por el Desarrollo del Área Costera).

### 2.3.2 Consideraciones para un manejo adecuado de las descargas

Los principales factores de preocupación relacionados con la eliminación de desechos son el peligro a la salud, el perjuicio a los recursos vivientes, el daño a los lugares de esparcimiento y la interferencia con planes de recreación. Cuando las condiciones de dispersión son inadecuadas, puede presentarse un agotamiento excesivo del oxígeno y la deposición de materia orgánica en las cercanías de los vertederos, lo que podría tener un efecto muy pernicioso a nivel local para los recursos vivientes.

Los lugares de descarga pueden requerir la separación de las aguas residuales de los desechos industriales que presenten un alto potencial nocivo, para que sean tratados en su fuente; particularmente los que tienen un alto contenido de mercurio, cadmio o PCB.

Respecto a las áreas con potencial turístico, se hace muy importante mantener libre de contaminación los balnearios. Más aún si se tiene en cuenta que los baños por largos períodos en aguas marinas contaminadas incrementan la probabilidad de contraer afecciones a los ojos, oídos, nariz y garganta. Es por consiguiente de gran importancia que dichas aguas costeras estén libres de organismos microbiológicos patógenos para que no ofrezcan riesgo a la salud humana a través de infecciones contraídas en el agua (CPPS, 1988: Implicaciones de Contaminación Marina por el Desarrollo del Área Costera).

El exceso de elementos nutritivos sobrefertiliza el mar, genera sobreflorecimientos algales que agotan el oxígeno y pueden causar muerte masiva de peces o invertebrados acuáticos (estadios larvales más susceptibles) o cambios en la composición de las comunidades bénticas. Ciertas algas producen por naturaleza sustancias tóxicas; los moluscos bivalvos que se alimentan de dichas algas acumulan toxinas; pudiendo causar

envenenamiento paralizante y diarreico cuando son ingeridos por los seres humanos; en ciertas partes las toxinas incluso han restringido la pesquería (León, 1997).

Es importante la recuperación de hábitats costeros porque el 90% de la pesca marina del mundo se reproduce en estas áreas. Los peces de mar profundo se alimentan frecuentemente de aquellos que desovan en las áreas costeras; se estima, en algunas áreas, que entre el 75 % y el 90 % de la pesca comercial corresponde a especies que dependen para su supervivencia (reproducción, cría, alimentación o migración) de las tierras húmedas de los estuarios costeros. El deterioro de los hábitats costeros puede tener consecuencias a largo plazo para las poblaciones.

### **2.3.3 Principales factores de riesgo de vertimientos al mar**

Los principales riesgos de las descargas de desagües en el mar son dos: contaminación de moluscos y peces (más aún si son de consumo humano), y por otro lado la contaminación de los bañistas.

La contaminación de los peces con E. Coli puede ser limpiada en dos días con agua desinfectada, pero este mismo medio requiere de varios días para eliminar los enterovirus y varias semanas para la Salmonella.

Los riesgos de bañistas en aguas que contienen de 100 a 1000 coliformes fecales/100 ml, generan de 1 a 2 casos de gastroenteritis por 100 personas, que se manifiesta en los 8 a 10 días después de la concurrencia a la playa. Este factor es una de las causas de la alta incidencia de diarreas en la comunidad. El riesgo de morbilidad digestiva (Enfermedad diarreica o gastroenterocolitis aguda) durante una semana es del orden de 0.9 a 2.5 % como promedio en todas las edades.

## 2.4 Características del agua de mar

El agua de mar es una solución sumamente compleja, su composición está determinada por un equilibrio entre las proporciones de solutos que se añaden o pierden, por diversos procesos como la evaporación y el aporte de agua dulce; eventualmente por precipitaciones de zonas áridas (característica de la costa central peruana). Las fluctuaciones de la composición del agua de mar, si bien a escalas menores, también está relacionada a los procesos biológicos de los microorganismos que toman o liberan determinados solutos (Tait, V. 1971).

En áreas muy extensas predominan las sales de cloruro de sodio, seguido de carbonato de calcio y magnesio, y otras sustancias denominados nutrientes y micronutrientes que dan sostenibilidad a una gran diversidad de organismos marinos y gran productividad marina; características que se conocen como aspectos abióticos y bióticos. También los referidos parámetros son identificados como constituyentes principales (o macro - constituyentes) y constituyentes secundarios (o constituyentes menores o microconstituyentes).

Entre los constituyentes principales están el oxígeno e hidrógeno del agua misma, y entre los iones más abundantes el cloro ( $\text{Cl}^-$ ), sodio ( $\text{Na}^+$ ), sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), magnesio ( $\text{Mg}^{+2}$ ), calcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ), potasio ( $\text{K}^{+1}$ ) y el bicarbonato ( $\text{HCO}_3^{-1}$ ); los cuales constituyen *la salinidad del agua de mar*.

Los elementos menores y elementos traza del agua de mar son: Bromo (Br), estroncio (Sr), boro (B), silicio (Si) y flúor (F) entre los menores, y entre los elementos traza el nitrógeno (*N*), Litio (Li), fósforo (*P*), yodo (*I*), zinc (Zn), fierro (Fe), aluminio (Al), manganeso (Mn), plomo (Pb), mercurio (Hg), oro (Au). El nitrógeno se encuentra disponible como nutriente y no como gas disuelto. (Zuta, 2007).

Casi todos los elementos existentes en la corteza y en la atmósfera, están presentes en el océano, aunque algunas veces en cantidades extremadamente pequeñas. Solo 14 elementos tienen en el agua de mar concentraciones mayores de 1ppm (1 parte por millón). Se denominan elementos traza a aquellas que están presentes en cantidades menores de 1ppm (0.001%) y se expresan de manera más fácil en 1 parte por billón (1ppb).

Así, el agua de río es usualmente una solución diluida de iones de calcio y bicarbonato, mientras que los principales iones del agua de mar son el cloro y el sodio.

Los elementos conservativos del agua de mar se presentan en proporción constante o cambian lentamente a través de tiempo; son los más abundantes y los que constituyen el cuerpo de material disuelto del océano. El agua misma del océano y los gases inertes disueltos son también constituyentes conservativos. Los constituyentes No conservativos son las sustancias disueltas en el agua de mar que están asociadas a los ciclos biológicos o estacionales o a ciclos geológicos muy cortos. Los de importancia biológica incluyen al oxígeno disuelto producido por la flora o algas marina, el CO<sub>2</sub> producido por la fauna o animales, los compuestos de silicio y calcio necesarios para las plantas y conchas de animales, así como los nitratos y fosfatos necesarios para la producción de proteínas y otros bioquímicos. El aluminio (*Al*) también es no – conservativo. Muchos elementos trazan son de gran demanda biológica o tienden a formar compuestos insolubles en el agua.

- Son también componentes importantes del agua de mar, los gases disueltos, muy necesarios para la sobrevivencia de las plantas y animales en el océano. Los principales gases en orden de importancia son: Nitrógeno (N<sub>2</sub>), oxígeno (O<sub>2</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

- El fósforo (P) se presenta en forma soluble (P-inorgánico) como  $PO_4H^{-2}$ , y  $PO_4^{-3}$   $PO_4H^=$  y  $PO_4^=$ ; en forma orgánica (P - proteínas, P - lípidos y P- glúcidos), que por oxidación se convierte en P - inorgánicos; en forma de P - insoluble (en los sedimentos):  $(PO_4)_2Ca_3$ ,  $PO_4Fe$ .
- Las bacterias producen variaciones desde la superficie hasta el fondo.
- Existen bacterias capaces de transformar el  $N_2$  del aire e incorporarlo al ciclo del nitrógeno: N – inorgánico ( $NO_2^-$ ,  $NO_3^-$ ), N – orgánico ( $NH_4^+$ ) y N – gaseosos ( $N_2$ ).

Los factores que afectan la composición del agua de mar son:

- 1) Intercambio con la atmósfera.
- 2) Aporte de los ríos y descargas antropológicas como emisores y colectores de aguas servidas.
- 3) Efecto del congelamiento y presión del hielo marino (congelamiento y deshielo).
- 4) Geoquímica de las aguas oceánicas.
- 5) Actividad biológica.

Los principales parámetros de las condiciones del mar son los siguientes:

### **Temperatura (T)**

Varía con el tiempo (estaciones climáticas), con la Latitud, la Longitud, con la profundidad y está asociada a la circulación oceánica y atmosférica (corrientes marinas y vientos) (Icochea. L 2016).

### **Salinidad (‰)**

Definida como la cantidad total (en gramos) de sustancias sólidas contenidas en un kilogramo de agua de mar, una vez que todos los carbonatos se han convertido en óxidos,

los compuestos como bromuros y yoduros se han reemplazado por cloruros, y todas las sustancias orgánicas han sido oxidadas completamente.

La salinidad promedio del agua de mar en la costa peruana es aproximadamente de 35 ups. La expresión 35 ups (o 35 ‰) quiere decir 35 gramos de sal disuelta en un kilogramo de agua de mar (g/kg). Tiene una correlación muy estrecha con la conductividad eléctrica del agua de mar y se determina con una precisión de  $\pm 0.005$  ups, utilizando un equipo denominado salinómetro. En la zona costera influenciada por la descarga de ríos y vertimientos de aguas continentales varía significativamente. Los cambios en la salinidad varían la densidad específica del agua de mar influyendo en los organismos a través de sus efectos en la flotación (Tait, 1971).

### **Potencial de Hidrógeno (pH)**

El pH del agua de mar varía entre 7,6 y 8,4, es decir ligeramente alcalina debido a la presencia de iones ( $\text{HCO}_3^-$ ), iones carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) y ácido carbónico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), y predominancia de los dos primeros. El  $\text{CO}_2$  se encuentra en menor cantidad.

Si por razones de oxidación de la materia orgánica aumenta los niveles de  $\text{CO}_2$  o  $\text{H}_2\text{S}$  entonces el pH del agua de mar tiende al rango inferior o ácido; haciendo que los sedimentos que contienen carbonato de calcio se disuelvan. Asimismo, si hay una zona de mínimo oxígeno, el pH será más ácido debido a que hay un alto consumo de  $\text{O}_2$  y producción de  $\text{CO}_2$  por la oxidación de la materia orgánica. (Zuta, 2007).

### **Oxígeno disuelto**

El contenido de oxígeno disuelto varía entre 0 y 8,5 ml/L con un valor medio entre 1 y 6 ml/L. En la superficie se encuentra valores elevados dado su contacto con el aire, y los valores más bajos en el fondo dado que en esta la circulación marina es más débil o lenta.



En suma, las fuentes de oxígeno son: el contacto con el aire, los procesos de la fotosíntesis, y la dinámica marina. En presencia de oxígeno el amonio es oxidado a nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ), y luego a nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) como la forma más estable químicamente, identificándose a este proceso como nitrificación.

Cuando la materia orgánica que ingresa al mar es abundante, en la oxidación o descomposición de ésta se agota el oxígeno existente, dando lugar a condiciones de escasa o nula presencia de oxígeno, es decir un ambiente anóxico (también identificada como anaeróbicas) bajo las cuales la materia orgánica ya no se transforma en compuestos como nitratos y fosfatos sino en  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  (olor a huevo podrido), gases mercaptanos entre otros.

### **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

Es la cantidad de oxígeno utilizada en la oxidación biológica de la materia orgánica carbonácea en los desechos a 20°C durante un periodo de tiempo específico. Es una prueba química y biológica.

### **Nitrito ( $\text{NO}_2^-$ )**

El nitrógeno combinado está presente en el agua de mar como nitrato, nitrito, iones de amonio y compuestos orgánicos que contiene trazas de nitrógeno. Los iones nitratos son predominantes, pero en las capas superiores de la columna de agua a 100 m y también en las proximidades del fondo del mar, donde a veces existen cantidades apreciable de amoniaco y nitrito, debido a las actividades biológicas. Las concentraciones de nitrógeno y fósforo bajo sus compuestos predominantes son las siguientes:

$\text{NO}_2 - \text{N}$ : 1 – 600  $\mu\text{g/L}$  (0,1 – 43  $\mu\text{g-at de N/L}$ ) – 1 – 0.6  $\text{mg/L}$

$\text{NO}_3 - \text{N}$ : 0 – 15  $\mu\text{g/L}$

$\text{NH}_3 - \text{N}$ : 0,4 - 50  $\mu\text{g/L}$

N-orgánico 30 – 200  $\mu\text{g/L}$

P- fosfato: < 1 – 100  $\mu\text{g/L}$  (0,1 – 3,5  $\mu\text{g-át P / L}$ )

Nitrógeno y fósforo son esenciales para el crecimiento de las algas y microalgas: asimismo, junto con otros elementos son considerados elementos trazas esenciales, denominadas “nutrientes”. Así, la proporción del crecimiento de las plantas en el agua de mar está ampliamente controlado por estos nutrientes en las capas de aguas superficiales (Tait, 1971).

### **Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ )**

Es la forma como el nitrógeno es asimilado por el fitoplancton marino.

### **Fosfato ( $\text{PO}_4^{=}$ )**

El fosfato se encuentra presente casi enteramente en forma de iones ortofosfato ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) y ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ) con trazas de fósforo orgánico. También como en el caso del nitrato es la forma como es asimilada por el fitoplancton marino.

### **Silicato ( $\text{SiO}_3^-$ )**

El silicio se encuentra en el agua de mar fundamentalmente en forma de iones silicato y en forma de sílice coloidal. Es un constituyente de la pared celular de las diatomeas, los esqueletos de algunos radiolarios y las púas de algunas esponjas. La concentración en la superficie es usualmente baja, se incrementa conforme aumenta la profundidad.

### **Metales**

El hierro es indispensable para todos los animales. El cobre está presente en el grupo prostético del pigmento sanguíneo hemocianina que se encuentra en algunos moluscos y crustáceos. El vanadio se presenta en el pigmento sanguíneo de los acidios. La

tiroxina, hormona de los vertebrados, es un compuesto de yodo. También el cobre, hierro, zinc son considerados micronutrientes para el medio marino.

## **2.5 Alteraciones o fenómenos que ocurren en el medio marino**

### **2.5.1 Marea Roja**

La Marea roja está asociada a la ocurrencia del ingreso de aguas calientes, y con ello a la aparición de esporádica de masas de organismos flagelados, suficientes como para producir una coloración rojiza en el agua y liberar una toxina letal. Ocasionalmente causa la muerte de gran número de peces; entre dichas especies se identifican a los dinoflagelados como los *Gymnodium brevis*, *Goniaulaxpoliedra* y *Exuviela báltica*.

Se debe a la excesiva concentración de algas unicelulares llamados dinoflagelados caducados. Estos organismos proliferan cuando el agua se somete a una combinación de fenómenos (perturbación del tiempo con altas temperaturas, exceso de nutrientes, luz intensa). Lamentablemente estas mareas rojas son a menudo fatales para las especies de dinoflagelados marinos dado que absorben el oxígeno (Spotmy, 2016).

### **2.5.2 Eutrofización**

Son procesos relacionados a un incremento de las concentraciones de nutrientes como nitrato y fosfatos a niveles que dan lugar a un excesivo crecimiento de las algas o fitoplancton; cuya mortandad o degradación de la materia orgánica origina un agotamiento del oxígeno y con ello la presencia de otros compuestos como amoníaco,  $H_2S$ ,  $CO$ , que constituyen condiciones inhóspitas por la vida de los organismos que habitan la masa de agua. Las principales causas de la eutrofización son los vertimientos de las aguas industriales y domésticas, de degradación de la materia orgánica natural, fertilizantes agrícolas que aportan los ríos, entre otros.

### **2.5.3 Anoxia**

Es un fenómeno relacionado a los bajos niveles o ausencia de oxígeno en un cuerpo de agua, al que se califica como agua anóxica, o también hipóxica. La causa es el excesivo consumo de oxígeno para la respiración de los organismos vivientes o la degradación de éstos en un cuerpo de agua.

### **2.5.4 Contaminación del medio marino**

La Convención de las Naciones Unidas (2017) sobre el Derecho del Mar refiere: Contaminación del medio marino se entiende la introducción por el hombre, directa o indirectamente, de sustancias o de energía en el medio marino incluidos los estuarios, que produzca o pueda producir efectos nocivos tales como daños a los recursos vivos y a la vida marina, peligros para la salud humana, obstaculización de las actividades marítimas, incluidas la pesca y otros usos legítimos del mar, deterioro de la calidad del agua del mar para su utilización y menoscabo de los lugares de esparcimiento (Elivalalaw, 2009).

## **2.6 Zonas marinas costera y principales actividades**

**Zona Marina Costera - áreas cercanas a la costa.** - Como subsistema del ecosistema de afloramiento costero peruano, está definido como la zona localizada entre la línea de alta marea hasta una profundidad de 30 a 40 m (correspondiente a la zona fótica) de la costa, al sur de los 5° S (Altura de Paita). Las comunidades biológicas están fuertemente influenciadas por características particulares del sustrato, por la interacción con el océano abierto, y por el impacto de las pesquerías y otras actividades antropogénicas que alteran la integridad del ecosistema. Las aguas someras costeras están además afectadas por eventos de hipoxia y por cambios oceanográficos asociados a eventos Niño

(EN). La temperatura y la concentración del oxígeno disuelto decrecen latitudinalmente del Norte al Sur.

Las aguas costeras son relativamente frías debido a las surgencias, fluctuando de 13° C a 23° C entre invierno y verano, respectivamente (Tarazona y Arntz, 1986; Arntz *et al.*, 1991). La salinidad solo varía significativamente durante EN cuando las aguas oceánicas se aproximan a la costa. El oxígeno disuelto cerca del fondo disminuye rápidamente con la profundidad, llegando a la hipoxia (< 1 ml/L), aún a profundidades someras como de 20 m (Rosenberg, 1983). La concentración de oxígeno varía según el grado de exposición de la costa y la circulación local, siendo alta cuando las corrientes son fuertes (Bahía Independencia) y se reduce o desaparece cuando las aguas se estancan (Bahía de Ancón). La presencia de aguas hipóxicas en el fondo suele producir sulfuro de hidrógeno, que favorece el desarrollo de comunidades de bacterias filamentosas del género *Beggiatoa* en fondos blandos someros, y el género *Thioploca* en aguas más profundas cercanas a la costa y en bahías.

## **Diversidad**

Dos comunidades intermareales de mitílidos han sido descritas. La comunidad de *Perumytilus purpuratus* que comprende 87 especies y la de *Semimytilus algosus* con 77 especies (Paredes & Tarazona, 1980). Sobre fondos submareales, las praderas de macroalgas de *Macrocystis pyrifera*, *M. integrifolia*, y *Lessonia trabeculata* están presentes a lo largo de la costa central y sur del Perú. Estas macroalgas proveen el hábitat de agregaciones de alta diversidad; por ejemplo, *Lessonia trabeculata* tiene 145 especies asociadas con una diversidad media ( $\log_2$ ) de 3.5 bits por rizoide (Romero *et al.*, 1988; Fernández *et al.*, 1999).

La diversidad de las comunidades de fondo blando está principalmente dominada por poliquetos, especialmente en áreas hipóxicas (Tarazona *et al.*, 1998). En la columna de agua, el fitoplancton está dominado por diatomeas y la composición de especies cambia con la variabilidad oceanográfica. Las especies típicas de diatomeas son *Skeletonema costatum*, *Thalassionema nitzschoides*, *Chaetoceros sociales*, *Pseudonitzschia delicatissima* y *Ch. curvisetus*, que pueden alcanzar dominancias de más del 99. La ictiofauna, disminuye rápidamente por debajo de los 30 m de profundidad debido a la deficiencia de oxígeno, se caracteriza por la alta diversidad de sciaenidos (aunque *Cynoscion analis*, cabinza *Isacia conceptionis*, lorna *Sciaena deliciosa*, etc.) y peces planos (lenguado, *Paralichthys adspersus*), rayas (*Myliobatis* spp.), lisas (*Mugil cephalus*, *M. curema*) y otros (Arntz & Tarazona, 1990).

Lima metropolitana es fundamentalmente urbana, pese a que la actividad industrial a nivel nacional se ha reducido notablemente, aún concentran el 60% de la actividad nacional, y se desarrolla en torno a las actividades industriales, pesqueras, comerciales y otros.

Las principales actividades en la zona marina costera son: actividad portuaria, pesca, deporte y disposición de las aguas residuales de Lima Metropolitana, a través de las instalaciones de la planta de tratamiento de aguas residuales Taboada y emisor submarino.

### **III MARCO NORMATIVO E INTITUCIONAL**

#### **3.1 Política Nacional Ambiental**

La Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene el derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida. Asimismo, el Estado

está obligado a promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas.

La Política Nacional Ambiental del Perú aprobada mediante Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM, tiene como objetivo mejorar la calidad de vida de las personas, garantizando la existencia de ecosistemas saludables, viables, y funcionales en el largo plazo; y el desarrollo sostenible del país, mediante la prevención, protección y recuperación del ambiente y sus componentes, la conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, de una manera responsable y congruente con el respeto de los derechos fundamentales de la persona (MINAM, 2009).

**Ley N° 28245: “Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental”. Lima, Perú, 04 junio 2004.-** Establece que el Sistema Nacional de Gestión Ambiental se constituye sobre la base de las instituciones estatales, órganos y oficinas de los distintos ministerios, organismos públicos descentralizados e instituciones públicas a nivel nacional, regional y local que ejerzan competencias y funciones sobre el ambiente y los recursos naturales; así como por los Sistemas Regionales y Locales de Gestión Ambiental, contando con la participación del sector privado y la sociedad civil.

El Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental aprobado con Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM (25 Setiembre 2009), tiene por objeto lograr la efectiva identificación, prevención, supervisión, control y corrección anticipada de los impactos ambientales negativos derivados de las acciones humanas expresadas por medio de proyectos de inversión, así como de políticas, planes y programas públicos, a través del establecimiento del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental - SEIA.

## **3.2 Entidades vinculadas al saneamiento ambiental**

### **3.2.1 Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento - MVCS**

El MVCS es el ente rector del saneamiento su función principal es formular, normar, dirigir, coordinar, ejecutar y supervisar la política nacional y acciones del sector saneamiento (MVCS, 2016). Como responsable del sector saneamiento determina políticas y promueve el desarrollo, regula los estándares de diseño y las especificaciones técnicas de los sistemas de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales (Reglamento Nacional de Edificaciones – Títulos II y III). Entre otras funciones tiene:

- Emitir normas.
- Proponer el marco institucional para desarrollo y sostenibilidad de servicios.
- Promover la asistencia técnica, capacitación, investigación y educación sanitaria.
- Aprobar estudios de impacto ambiental
- Promover programas de análisis de vulnerabilidad y mitigación de riesgos.

### **3.2.2 Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento – SUNASS**

La Ley General del Servicio de Saneamiento creado mediante Ley 26338 (24 julio 1994) y reglamentado mediante Decreto Supremo 09-95-PRES; es el Organismo regulador y fiscalizador de la prestación de los servicios de saneamiento en el Perú. Establece las condiciones generales de la prestación del servicio. Fiscaliza el cumplimiento de las normas de prestación del servicio y de fijación tarifaria. Supervisa las EPS urbanas debidamente registradas. En el caso de la EPS SEDAPAL por la capacidad de atención a la ciudad más grande y/o poblada del país tiene la categoría de una extraordinaria.



En el diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTARs) la SUNASS indica que según el Plan Nacional de Acción Ambiental (PLANAA) - Perú 2011-2021, para el 2021: 100% de las aguas residuales domésticas urbanas son tratadas y el 50% de estas son reusadas (...). Asimismo, que el 100% de los titulares que cuentan con autorizaciones de vertimiento cumplen los LMP aplicables. Los cuerpos receptores cumplen el ECA para agua.

### **3.2.3 Ministerio del Ambiente – MINAM**

Creado el 14 de mayo de 2008, mediante Decreto Legislativo N° 1013, tiene como función general diseñar, establecer, ejecutar y supervisar la política nacional y sectorial ambiental, asumiendo la rectoría con respecto a ella (MINAM, 2010) y entre otras funciones:

- Elaborar el Plan de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) respectivos, que previa opinión del sector correspondiente.
- Diseñar y supervisar la aplicación de instrumentos de prevención, control y de rehabilitación ambiental relacionados con los residuos sólidos y peligrosos, el control y reuso de los efluentes líquidos, entre otros.
- Elaborar el informe sobre el estado del ambiente y la valoración del patrimonio natural de la Nación.
- Establecer los criterios y procedimientos para la formulación, coordinación y ejecución de los planes de descontaminación y recuperación de ambientes degradados.

**Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA).**- Creada en año 2008, mediante Ley N° 29325, como autoridad Rectora en materia de fiscalización ambiental.

Verifica el desempeño de las entidades públicas de ámbito nacional, regional o local que tienen atribuidas alguna o todas las acciones de fiscalización ambiental (EFA). A través de supervisiones efectuadas desde el OEFA (documental) o en las dependencias y/o instalaciones de la EFA (en campo), lo que puede incluir visitas a zonas en las que las EFA desempeñen sus actividades de fiscalización ambiental.

**Autoridad Nacional del Agua (ANA).**- Creada el 13 de marzo 2009, mediante Ley N° 29338, como organismo encargado de realizar las acciones necesarias para el aprovechamiento multisectorial y sostenible de los recursos hídricos (MINAM, 2009).

- Autoriza el vertimiento del agua residual tratada a un cuerpo natural de agua continental o marina, previa opinión técnica favorable de la autoridad ambiental y de salud, sobre el cumplimiento de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua ECA-Agua y de los límites máximos permisibles (LMP), estableciendo además la prohibición del vertimiento directo o indirecto del agua residual sin dicha autorización (Art. 79<sup>a</sup>).
- Clasificar a los cuerpos de agua teniendo en cuenta la cantidad y calidad del agua, consideraciones hidrográficas, las necesidades de las poblaciones locales y otras razones técnicas que establezca.
- Implementar acciones de vigilancia y monitoreo de calidad de los recursos hídricos para verificar el cumplimiento de las Resoluciones de Autorización de Vertimientos (Art. 76°).

#### **3.2.4 Ministerio de la Producción – PRODUCE**

**Instituto del Mar del Perú, IMARPE.** - Organismo público descentralizado adscrito al Ministerio de la Producción, Viceministerio de Pesquería, tiene como principal función, las

investigaciones científicas de los recursos del mar y de las aguas continentales, los factores ecológicos de interacción. Así también, apoyar al Ministerio del Ambiente con información con base científica para la administración racional de los recursos del mar y de las aguas continentales. Así mismo, evalúa el grado de alteración de las características físicas, químicas y biológicas del ecosistema marino costero por contaminación industrial o urbana, determinando el impacto en los recursos hidrobiológicos y la salud humana.

### **3.2.5 Ministerio de Defensa – MINDEF**

**Dirección General de Capitanías y Guardacostas, DICAPI.-** Tiene como misión planear, normar, dirigir, controlar y vigilar las actividades que se desarrollan en los ámbitos marítimo, fluvial y lacustre, ejercer funciones de policía marítima, fluvial y lacustre, exigir el cumplimiento de las normas nacionales, convenios e instrumentos internacionales ratificados y regulaciones de otros sectores aplicables en su ámbito de competencia; con el fin de velar por la protección del medio ambiente acuático y las actividades que en él se realizan.

**Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina - DIHIDRONAV. -** Promueve y desarrolla la investigación científica en el mar, ríos y lagos del territorio nacional en las áreas de su competencia. Realiza la topografía submarina del litoral, fluvial peruano y con ello las Cartas de Bahías, cartas de Navegación marítima, fluvial y lacustre. Asimismo, las características dinámicas de los mismos.

### **3.2.6 Ministerio de Salud – MINSAL**

**Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA. -** Como un Órgano de Línea del Ministerio de Salud, es encargada de normar, supervisar, controlar, evaluar y concertar con

los gobiernos locales y demás componentes del Sistema Nacional de Salud, así como con otros sectores los aspectos de Protección del ambiente, Saneamiento Básico, Higiene Alimentaria, Control de Zoonosis y Salud Ocupacional.

### **3.3 Normativa general relacionada a las aguas residuales**

**3.3.1 Ley N.º 28611 Ley General del Ambiente.** - El estado promueve el tratamiento de las aguas residuales con fines de reutilización considerando como premisa la obtención de la calidad necesaria de reúso sin afectar la salud humana, el ambiente o las actividades en las que se reutilizan. Además, regula los vertimientos autorizándolas, siempre y cuando el cuerpo receptor lo permita.

**3.3.2 Ley N° 29338 – Ley de Recursos Hídricos.** - Deroga el Decreto Legislativo Nro. 17752 – Ley General de Aguas. Regula el uso y gestión de los recursos hídricos. Comprende el agua superficial, subterránea, continental y los bienes asociados a esta (MINAM, 2009). Los capítulos VI y VII de la Ley de Recursos Hídricos regula el vertimiento y reúso de las aguas residuales tratadas estableciendo entre otros aspectos:

- Define a la Autoridad Nacional del Agua como responsable del control de los vertimientos y reúso autorizados.
- Define las condiciones y procedimientos para la autorización del vertimiento y reúso de las aguas residuales tratadas.
- Prohíbe el vertimiento o reúso del agua residual sin tratamiento.
- Autorizar el vertimiento del efluente de la PTAR a un cuerpo natural, estableciendo el cumplimiento de los LMP y de los ECA en el cuerpo de agua.

- La obligación de instalar sistemas de medición del caudal del efluente en las PTAR.

### 3.4 Normativas relacionadas a Planta de Tratamiento de aguas residuales

- **Norma Técnica OS.090.-** Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales del Reglamento Nacional de Edificaciones” Reglamento Nacional de edificaciones, norma OS.090 - planta de tratamiento de aguas residuales. Define estándares de diseño para diferentes tecnologías de tratamiento de aguas residuales.
- **Decreto Supremo N° 022-2009-VIVIENDA, 26 noviembre 2009.-** Modifica la Norma OS.090 incorporando el tratamiento preliminar avanzado y el emisor submarino con vertimiento al mar. El Artículo 2° precisa: *“En el caso de considerar un tratamiento previo de las aguas residuales a través de un tratamiento secundario, la dilución inicial en el 80% del tiempo, no deberá ser menor que 50:1”*. Por ello, la dilución inicial mínima del emisario submarino tendría que ser 50:1.

### 3.5 Normativas relacionadas a Efluentes o Vertimientos

Las Normas sobre efluentes y/o emisiones, establece el tope legal de la cantidad total o concentración de un contaminante (en mg/litro, gramos/24 horas, kg/toneladas) que se descarga desde una fuente de contaminación que puede ser una PTAR. Las normas sobre efluentes incluyen límites máximos de efluentes para periodos de tiempos especificados (por ejemplo, máximos para un día dado, promedios máximos de valores diarios por 30 días.

- **Decreto Supremo N° 021-2009-Vivienda, 20 de noviembre de 2009.-** Que aprueba los valores máximos admisibles (VMA) para la descarga al alcantarillado público y su reglamento; el cual mediante el Art. 1, establece restricciones para las descargas de aguas residuales No domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario a fin de evitar el deterioro de las instalaciones, infraestructura sanitaria, maquinarias, equipos y asegurar su adecuado funcionamiento, garantizando la sostenibilidad de los sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales .(SUNASS, 2015).

Así, el Art. 3, sobre **Valores Máximos Admisibles (VMA)** define como aquel valor de la concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos y/o químicos, que caracterizan a un efluente No doméstico que va a ser descargado a la red de alcantarillado sanitario, que al ser excedido en sus parámetros aprobados mediante Anexo N° 1y Anexo N° 2 (Tabla 4) causa daño inmediato o progresivo a las instalaciones, infraestructura sanitaria, tratamiento de aguas residuales y tiene influencias negativas en los procesos de tratamiento de aguas residuales (SEDAPAL, 2009).

El artículo 7, sobre el control de las aguas residuales No domésticas, indica que el monitoreo de la concentración de las descargas de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario, estará a cargo de las empresas prestadoras de servicios (EPS) o de las entidades que hagan sus veces. La recolección de las muestras será realizada de manera inopinada, conforme al procedimiento establecido en el reglamento de la presente norma (SUNASS, 2009).

Tabla 4. Valores máximos admisibles de descarga de aguas residuales no domésticas

Anexo 1			Anexo 2		
Parámetros	Unidad	VMA al sistema de alcantarillado	Parámetros	Unidad	VMA <sup>1</sup> al sistema de alcantarillado
DBO <sub>5</sub>	mg/L	500	pH <sup>2</sup>	mg/L	6 - 9
DQO	mg/L	1000	Temperatura <sup>2</sup>	°C	< 35
Sólidos suspendidos totales	mg/L	500	Sólidos sedimentables <sup>2</sup>	ml/L/h	8,5
Aceites y grasas	mg/L	100	Aluminio	mg/L	10
(1) La aplicación de estos parámetros a cada actividad económica por procesos productivos, está precisada en el reglamento de la presente norma que toma como referencia el código CIU. Aquellas actividades que no estén incluidas, en este código deberán cumplir con los parámetros indicados en el presente Anexo.			Arsénico	mg/L	0,5
			Boro	mg/L	4
			Cadmio	mg/L	0,2
			Cianuro	mg/L	1
			Cobre	mg/L	3
			Cromo Total	mg/L	10
			Cromo hexavalente	mg/L	0,5
			Manganeso	mg/L	4
			Mercurio	mg/L	0,02
			Níquel	mg/L	4
			Plomo	mg/L	0,5
			Zinc	mg/L	10
			Sulfatos	mg/L	500
			Sulfuro	mg/L	5
(2) Estos parámetros, serán tomados de muestras puntuales. El valor de los demás parámetros, serán determinados a partir del análisis de una muestra compuesta.			Nitrógeno Amoniacal	mg/L	80

Fuente: SEDAPAL (2009).

Este Decreto Supremo N° 021-2009-Vivienda, deroga el Decreto N° 028-60-SAPL, Reglamento de Desagües Industriales y el Decreto Supremo N° 003-2002-PRODUCE y todas las normas que no sean compatibles con el Reglamento.

- **Resolución Jefatural N° 351-2009-ANA, 26 de junio de 2009.-** Modifica RJ N° 0291-009-ANA referente al otorgamiento de autorizaciones de vertimientos y reusos de aguas residuales tratadas, el Art. 7, precisa: (...) *Las solicitudes de vertimientos de aguas residuales o renovaciones que se presenten a partir del 01 de abril de 2010, se otorgarán tomándose en cuenta obligatoriamente los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua aprobados por el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM (ANA, 2009).*

En este caso las bahías, en las que se realicen vertimientos de aguas residuales, deberán ser consideradas en la Categoría 2: Actividades marino costeras, aprobadas por el precitado Decreto Supremo, el cual a su vez precisa lo siguiente: “La calidad del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales, deberá permitir cumplir con los parámetros señalados en esta categoría” (ANA, 2009). La zona de medición para verificar el cumplimiento de los valores referidos en el presente artículo, no excederá los 300 metros mar adentro a partir de la línea de baja marea.

- **Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM (17-3-2010.-** Aprueba Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR), para el sector Vivienda. (MINAM-. 2010).
- Con la finalidad de controlar excesos en los niveles de concentración de sustancias físicas, químicas y biológicas presentes en efluentes o emisiones, para evitar daños a la salud y al ambiente, debe cumplir el factor de dilución indicado en la Tabla 5.



Tabla 5. Comparación de los LMP para efluentes de PTAR y ECA-Agua

Parámetros	Unidades	LMP	ECA y Factor de dilución (FD) necesario en cuerpo de agua *	
			Categoría 2C3 <sup>(2)</sup>	
			ECA	FD <sup>(1)</sup>
DBO <sub>5</sub>	mg/l	100	10	10
DQO	mg/l	200	-	-
SST	mg/l	150	-	-
Aceites y grasas	mg/l	20	2	10
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	10000	1000	10
Nitrógeno amoniacal	mg/l	45		
Fósforo total	mg/l	0,15		
1) FD: Factor de dilución calculado para que el efluente de la PTAR que cumple los LMP pueda cumplir también los Eca-Agua.				
2) Categoría 2: Actividades marino-costeras; subcategoría C3 = Otras actividades				
3) Calidad del efluente de una PTAR de laguna facultativa considerando en el efluente según la Norma OS.090 y una remoción de nitrógeno total de 40% y del fósforo de 30%.				
* Natural libre de contaminación para el cumplimiento del ECA				
Fuente: SUNASS (2015)				

El Artículo 3, referido al cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles de Efluentes de PTAR, en el inciso 2 expone que: “*Los LMP aprobados mediante el presente Decreto Supremo, no serán de aplicación a las PTAR con tratamiento preliminar avanzado o tratamiento primario que cuenten con disposición final mediante emisario submarino*” (MINAM, 2010). Esta precisión implica que no será aplicable a la PTAR Taboada que tiene un sistema de tratamiento preliminar.

- **Decreto Supremo N° 003-2011-Vivienda (22 de mayo de 2011).**- Reglamenta el Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, que aprueba los valores Máximos Permisibles de las descargas de aguas residuales no domésticas en el Sistema de Alcantarillado; con el objeto regular los procedimientos para controlar las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado

sanitario, de acuerdo a lo establecido en el Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA (MVCS, 2011).

- **Resolución del Consejo Directivo N° 009-2015-SUNASS-CD (26 de marzo de 2015).**- Modifican la Directiva sobre Valores Máximos Admisibles de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario. Al respecto, el Art.8°, acerca de las obligaciones del Usuario No Doméstico, indica que: “Los usuarios No Domésticos cumplirán las obligaciones señaladas en el Decreto Supremo N° 003-2011-VIVIENDA” (SUNASS, 2015)

### **3.6 Normativas relacionadas al cuerpo receptor**

- **Resolución Jefatural N° 0291-2009-ANA (02 de junio de 2009).**- Establece requisitos y procedimientos para el otorgamiento de autorizaciones de vertimiento y reusos de aguas residuales tratadas.

Según el Art. 4 de esta Resolución, los cuerpos de agua en general ya sean terrestre o marítimas se clasifican respecto a sus usos en 6 Clases, de los cuales la Clase VI corresponde a Aguas de zonas de preservación de fauna acuática y pesca recreativa comercial. En la Tabla 6 se presenta las clases de uso de agua, según esta resolución Jefatural.

Tabla 6. *Parámetros según clases de usos de agua*

LÍMITES BACTEREOLÓGICOS							
Entendidos como valor máximo en 80% de 5 ó más muestras mensuales (Valores en NMP/100 mL)							
Usos							
	I	II	III	IV	V	VI	VI
Coliformes totales	8,8	20,000	5,000	5,000	1,000	20,000	
Coliformes fecales	0,0	4,000	1,000	1,000	200	4,000	
LÍMITES DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO) 5 DIAS, 20° C Y DE OXÍGENO DISUELTO (O,D) Valores en mg/L							
Usos							
	I	II	III	IV	V	VI	
D.B.O.	5	5	15	10	10	10	
O.D. (valor mínimo)	3	3	3	3	5	4	
LÍMITES DE SUSTANCIAS POTENCIALMENTE PELIGROSAS Valores en mg/m3							
PARÁMETROS	I	II	III	IV	V	VI	VI (mg/L)
Selenio	10	10	50	N.A.	5	10	0,010
Mercurio	2	2	10	N.A.	0,1	0,2	0,0002
PCB	1	1	1+	N.A.	2	2	0,002
Esteres Estalatos	0,3	0,3	0,3	N.A.	0,3	0,3	0,0003
Cadmio	10	10	50	N.A.	0,2	4	0,004
Cromo	50	50	1,000	N.A.	50	50	0,050
Níquel	2	2	1+	N.A.	2	**	**
Cobre	1,000	1,000	500	N.A.	10	*	*
Plomo	50	50	100	N.A.	10	30	0,030
Zinc	5,000	5,000	25,000	N.A.	20	**	**
Cianuro WAD	80	80	100	N.A.			
Cianuro libre				N.A.	22	22	0,022
Fenoles	0,5	1	1+	N.A.	1	100	0,100
Sulfuros	1	2	1+	N.A.	2	2	0,002
Arsénico	100	100	200	N.A.	10	50	0,050
Nitratos (N)	10	10	100	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
NOTAS:							
* Pruebas de 96 horas LC50 multiplicadas por 0.1							
** Pruebas de 96 horas multiplicadas por 0.02							
LC50 Dosis letal para provocar 50% de muertes o inmovilización de la especie del BIO ENSAYO							
1+ Valores a ser determinados. En caso de sospechar su presencia se aplicará los valores de la columna V provisionalmente							
N.A. Valor no aplicable.							
PLAGUICIDAS ANA (2009):							
Para cada uso se aplicará como límite, los criterios de calidad de aguas establecidas por el Environmental Protection Agency de los Estados Unidos de Norteamérica							
LÍMITES DE SUSTANCIAS O PARÁMETROS POTENCIALMENTE PERJUDICIALES (Valores en mg/L) (Apicables en los uso I, II, III, IV, V)							
	I	II	III	IV	V	VI	VI
M.E.H. (1)	1,5	1,5	0,5	0,2			
S.A.A.M (2)	0,5	0,5	1,0	0,5			
C.A.E (3)	1,5	1,5	5,0	5,0			
C.C.E (4)	0,3	0,3	1,0	1,0			
(1) Material Extractable en Hexano (Grasa Principalmente) Jefatural N°							
(2) Sustancias activas de azul de Metileno (Detergente principalmente)							
(3) Extracto de columna de carbón activo por alcohol (Según método de flujo lento)							
(4) Extracto de columna de carbón activo de Cloroformo (Según método de flujo lento) 291-2009-							
Respecto a temperatura, el Ministerio de Salud determinará en cada caso, las máximas temperaturas para exposiciones cortas y de promedio semanal. ANA.							

Fuente:

(2009):

Resolución

Jefatural N°

291-2009-

Asimismo, mediante el Art. 5° - “Disposiciones sobre valores límites”, precisa que los valores límites de la Clase VI deberá cumplirse fuera de la zona de exclusión marina hasta el 31 de marzo de 2010. Los referidos valores límites para los diferentes cuerpos de agua se presentan en la Tabla 7. También mediante el Art. 7. ***Sobre clasificación de aguas, indica que (...)*** *Para efectos de lo establecido en el Art. 4 de la presente resolución, deberá adoptarse la clasificación de los cuerpos de agua establecida en la Resolución Directoral N° 1152-2005-DIGESA/SA hasta el 31 de marzo de 2010.*

*Finalmente, mediante la Primera Disposición Complementaria señala (...)* que el plazo de vigencia de las resoluciones de autorización de vertimiento y reuso de aguas residuales tratadas está en función a la magnitud del proyecto y no podrá ser menor de dos años ni mayor de seis años (ANA, 2009).

Cabe recordar que la Ley general de Aguas emitida en julio de 1969 rigió hasta julio del 2008, en que se aprobó los Estándares Nacionales de Calidad para agua.

Tabla 7. Estándares de Calidad - Categoría 2: Actividades marino costeras

PARÁMETROS	Unidades	AGUA DE MAR		
		Sub Categoría 1 Extracción y cultivo de Moluscos y Bivalvos	Sub Categoría 2 Extracción y cultivo de otras especies	Sub Categoría 3 Otras activiades
<b>ORGANOLÉPTICO</b>				
Hidrocarb. de petróleo		No visible	No visible	No visible
<b>FISICOQUÍMICOS</b>				
Aceites y grasas	mg/L	1	1	2
DBO5	mg/L	**	10	10
Oxígeno disuelto	mg/L	≥ 4	≥ 3	≥ 2,5
pH		7 - 8,5	6,8 - 8,5	6,8 - 8,5
Sólido suspendidos totales	mg/L	**	50,00	70,00
Sulfuro de hidrógeno	mg/L	**	0,060	0,080
Temperatura		** delta 3	** delta 3	** delta 3
<b>INORGÁNICOS</b>				
Amoniaco	mg/L	**	0,08	0,2
Arsénico total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Cadmio total	mg/L	0,0093	0,0093	0,0093
Cobre total	mg/L	0,0031	0,05	0,05
Coromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05
Fosfatos (P-PO4)	mg/L	**	0,03 - 0,09	0,1
Mercurio total	mg/L	0,00094	0,0001	0,0001
Níquel total	mg/L	0,0082	0,1	0,1
Nitratos (N-NO3)	mg/L	**	0,07 - 0,28	0,3
Plomo total	mg/L	0,0081	0,0081	0,0081
Silicatos (Si- SiO3)	mg/L	**	014 - 0,70	**
Zinc total	mg/L	0,081	0,081	0,081
<b>ORGÁNICO</b>				
Hidrocarburos de petróleo aromáticos	I	0,07	0,007	0,01
<b>MICROBIOLÓGICOS</b>				
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	* ≤ 14 (área aprobada)	≤ 30	≤ 1000
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	* ≤ 88 (área restringida)		
NOTIAS: NMP/100 ml Número más probable				
* Área aprobada: Donde de extraen o cultivan moluscos bivalvos seguros para el comercio directo y consumo, libre de contaminación fecal humana o animal, de organismos patógenos o cualquier sustancia deletérea o venenosa o potencialmente peligrosa.				
* Área restringida: Áreas acuáticas impactadas por un grado de contaminación donde se extrae moluscos bivalvos seguros para consumo humano luego de ser depurados.				
** Se entenderá que para este uso, el parámetro no es relevante, salvo casos específicos que la Autoridad Competente lo determine.				
*** I a temperatura corresponde al promedio mensaula multianual del área evaluada				

Fuente: MINAM, (2008): Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM

**Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM (31 de Julio de 2008).**- Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua (**ECA-Agua**), que comprende cuatro categorías, siendo la Categoría 2, la correspondiente a las aguas marinas (MINAM, 2008). La *Categoría 2* está referida a los usos relacionados a las *Actividades Marinas Costeras con tres subcategorías*; de las cuales la subcategoría 3 identificada como “Otras actividades” es considerada como cuerpo receptor de aguas residuales.

- **Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA (22 de marzo de 2010).**- Aprueba clasificación de cuerpos de aguas superficiales y marino – costeros conforme al Anexo 1, que forma parte de la esta resolución, asignando a las Bahía Callao y Miraflores la Categoría 4.
- **Resolución Jefatural. N° 489-2010-ANA (26 de marzo de 2010).**- Modifica el Anexo N° 1 de la Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA respecto a la clasificación de los cuerpos de agua marino costeros, modifica la clasificación de los cuerpos de agua del mar del Callao y de Miraflores como Categoría 2, con 3 subcategorías: Subcategoría 1: Extracción y cultivo de moluscos y bivalvos, Subcategoría 2: Extracción y cultivo de otras especies y Subcategoría 3: Otras actividades (Tabla 8).

Tabla 8. *Nueva Categoría de agua para bahía Callao – ECA 2008*

Cuerpo de agua	Cuerpo de agua	Categoría
<b>1029700</b>	Mar de Grau o Callao	Categoría 2, Subcategoría
<b>1029701</b>	Mar de Miraflores	Categoría 2, Subcategoría
		3

Fuente: ANA, (2010): Resolución Jefatural. N° 489-2010-ANA

- **D.S. N° 023-2009-MINAM** - aprueban disposiciones para la implementación de los ECA, a partir del 1 de abril del 2010.

### 3.7 Normativas relacionadas a Vertimiento Taboada y cuerpo receptor

- **Decreto de Urgencia N° 070-2009 (2 de julio de 2009).**- Que declara en estado de emergencia, de acuerdo a lo establecido en el Art. 54 de la Ley 26338, Ley General de Saneamiento, la infraestructura para la prestación de los servicios de saneamiento de la zona denominada Taboada.

- **Resolución Directoral N° 0036-2010-ANA-DCPRH (31 de marzo de 2010).**- Mediante la cual, la ANA (2010) otorga autorización de vertimiento de aguas residuales municipales tratadas a favor de la empresa PTAR TABOADA S.A., para el Proyecto “Construcción, Operación y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de aguas residuales de Taboada”, que comprende el vertimiento al mar de la Bahía Callao de un caudal máximo de 14 m<sup>3</sup>/s y un volumen anual de 441 470 402 m<sup>3</sup>, bajo el régimen de 24 horas/día y 365 días/año, a través de un emisario submarino, cuya Planta se ubica en el sector Taboada, en el distrito y provincia Constitucional del Callao.
- Establece que toda acción u omisión tipificada como infracción a la Ley de Recursos Hídricos, Ley 29338, que afecte la calidad del agua y la protección del ecosistema acuático, será sancionada de acuerdo a la normatividad vigente (Art. 6°) de esta autorización.

### **3.8 Normativas relacionadas a Operación de la PTAR**

**Resolución Jefatural N° 224-2013-ANA (31 de mayo de 2013).**- Nuevo Reglamento para el otorgamiento de autorizaciones de vertimiento y reuso de aguas residuales tratadas (deroga la Resolución Jefatural N° 218-2012—ANA). El Art. 20° establece, que solo se podrán autorizar un vertimiento cuando:

- Las aguas residuales sean tratadas y cumplan con los LMP.
- No transgredan los ECA-Agua disposiciones de MINAM.
- El cuerpo receptor puede asimilar la carga.
- Instrumento de gestión ambiental aprobado (contemple el vertimiento).
- No cause perjuicio a otro uso (Cantidad o calidad) y no afecte el ambiente acuático.

- Lanzamiento submarino o subacuático no perjudique el ecosistema u otras actividades.

### **3.9 Normativas relacionadas al Monitoreo de las aguas residuales**

**Resolución Ministerial N° 273-2013-Vivienda (30 de octubre de 2013).**- Aprueban el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales – PTAR.

**Decreto Supremo N° 042-2008-PCM (26 de junio de 2008).**- Aprueba el límite máximo permisible (LMP) para el parámetro coliformes Fecales con un valor de 10 000 NMP/100 ml para el efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) a ser proyectada en la zona denominada Taboada, ubicada en la provincia Constitucional del Callao (CENSOPAS, 2008)

**Decreto de Urgencia N° 047-2008-PCM (18 de diciembre de 2008).**- Disposiciones extraordinarias para facilitar asociaciones público privada.

**Resolución Directoral N° 0036-2010-ANA-DCPRH (31 de marzo 2010).**- Otorga autorización de vertimiento de aguas residuales municipales tratadas para el Proyecto de Construcción, Operación y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas residuales Taboada”, de un caudal 14 m<sup>3</sup>/s y un máximo de 20 m<sup>3</sup>/s (según RD 0096-2010-ANA-DGCRH) a través de un emisario submarino, por el plazo de seis (06) años a partir del inicio de la operación el cual fue comunicado el 19 de noviembre de 2013.

Las concentraciones de elementos del efluente tratado vertido a través del emisario submarino no deberán superar los siguientes valores declarados por el administrado, de acuerdo al tipo de tratamiento preliminar avanzado, como se indica en la Tabla 9.



Tabla 9. *Parámetros y límites para efluente de planta de tratamiento Taboada*

Parámetro	Límites de Compromiso (RD 036-2010-ANA-DCPRH)
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	≤ 500
DQO (mg/L)	≤ 1000
SST (mg/L)	≤ 270
N-NTK (mg/L)	≤ 50
P (mg/L)	≤ 12
Ay G (mg/L)	≤ 70
Coliformes Termotolerantes	≤ 1,00E+08
Coliformes totales NMP/100 ml	≤ 1,00E+08

Fuente: RD 0036-2010-ANA-DCPRH

La referida resolución precisa también que el administrador de la planta deberá realizar un **monitoreo mensual** del cuerpo receptor y diario el efluente de la planta. El resultado correspondiente deberá ser remitido a la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y al Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento.

**Para efectos del monitoreo indica los puntos control siguiente:**

- a) **Punto de Control de calidad del efluente.** - El punto de Control de calidad del efluente; actualmente se encuentra en el canal de aproximación a la cámara de bombeo hacia el emisario submarino (Tabla 10).

Tabla 10. *Puntos de monitoreo zona de protección marina*

Punto de control	Coordenadas UTM WGS84		Descripción
	Este	Norte	
M-05A	267704	8673055	Agua residual municipal del colector Taboada.

Fuente: Resolución Directoral N° 0036 - 2010-ANA-DCPRH

**Puntos de controles en el cuerpo receptor**

- b) **Zona de protección costera.** - Conformada por “La franja costera de 300 m paralela al litoral, medidos desde la línea de baja marea hacia mar adentro,

desde la desembocadura del río Rímac por el sur hasta la desembocadura del río Chillón por el norte (Tabla 11).

Tabla 11. *Puntos de monitoreo zona de protección marina*

Punto de control	Coordenadas UTM WGS84		Descripción
	Este	Norte	
M-02	267151	8677722	Agua de mar, 250 m línea de playa entre colector Comas y río Chillón
M-03	267441	8674461	Agua de mar, 300 m línea de playa-Zona de impacto del colector Comas.
M-05	267345	8673631	Agua de mar, 80 m de la orilla, punto medio entre el colector Taboada y colector Comas.
M-06	267270	8673201	Agua de mar, 150 m de orilla de línea de playa - Zona de impacto el colector Comas.
M-07	2677088	8673343	Agua de mar, 800 m de la orilla de línea de playa, límite donde termina la zona de impacto del colector Taboada.
M-08	266195	8673047	Agua de mar, 2000 m de la descarga del colector Taboada.
M-09	266759	8670819	Agua de mar, 200 m de la orilla de línea de playa - Zona de impacto directo del colector Comas.
M-10	266243	8669572	Agua de mar, 300 m de la orilla de línea de playa, altura desembocadura río Rímac.
M-11	267134	8671766	Agua de mar, 50 m de la orilla línea de playa, zona de impacto Colector Bocanegra.
M-8A	264736	8673567	Agua de mar, 3000 m de la descarga del colector Taboada.
M-8B	263901	8673672	Agua de mar, 4000 m de la descarga del colector Taboada.
M-8C	263263	8673672	Agua de mar, 5000 m de la descarga del colector Taboada.

Fuente: Resolución Directoral N° 0036 – 2010-ANA-DCPRH

- c) **Zona de Exclusión Marina.** - Determinada para el cumplimiento de los Valores Límite de la Resolución Directoral N° 0036 – 2010-ANA-DCPRH, al área delimitada por los vértices del polígono cuyas coordenadas UTM se presentan en la (Tabla 12).

Tabla 12. *Puntos de monitoreo en la Zona de Exclusión Marina*

Punto de control	Coordenadas UTM WGS84		Descripción
	Este	Norte	
A	262441	8675963	Límite de la zona de exclusión, a 3,36 km del punto medio del difusor.
B	263484	8676475	Límite de la zona de exclusión, 3,35 km del punto medio del difusor.
C	265839	8675894	Límite de la zona de exclusión a 3,0 km del punto medio difusor
D	267365	8674297	Límite de la zona de exclusión y zona de protección, 300 m de la orilla.
E	267052	8673391	Límite de la zona de exclusión y Zona de protección, 300 m de la orilla
F	267012	8672792	Límite de la zona de exclusión y Zona de Protección, 300 m de la orilla
G	265653	8671644	Límite de la zona de exclusión, equivalente al punto E3-S
H	263230	8671629	Límite de la zona de exclusión, equivalente al punto E4-S
I	262441	8673422	Límite de la zona de exclusión, equivalente al punto E7-S

Fuente: Resolución Directoral N° 0036 – 2010-ANA-DCPRH

- d) **Puntos de Referencia.** - Los puntos de referencia se encuentran dentro de la zona de exclusión marina o del polígono como se observa en la (Tabla 13).

También este polígono es considerado como el área marina de sacrificio de la descarga del agua residual tratada de la PTAR Taboada.

Tab

la 13. Pun tos de mon itor eo en la Zon	Punto de control	Coordenadas UTM WGS84		Descripción
		Este	Norte	
	E01-S	265962	8673086	A 1500 m al este del punto E05-S, sobre el emisario.
E02-S	265864	8674623	A 2000 m al noreste del punto E05-S.	
E05-S	264431	8673228	Punto medio del difusor, a 300 m del comienzo del emisario.	
E06-S	263355	8674913	A 2000 m al noreste del punto E05-S.	
E08-S	263472	8672906	A 1000 m al suroeste del punto E05-S.	
E09-S	264453	8672226	A 1000 m al sur del punto E05-S	
E10-S	264507	8675202	A 2000 m al norte del punto E05-S.	
M-8A	264736	8673567	A 700 m al noreste del punto E05-S.	
M-8B	263901	8673672	A 400 m al noreste del punto E05-S.	

*a de Referencia*

Fuente: Resolución Directoral N° 0036 - 2010-ANA-DCPRH

**Protocolo de muestreo.** - Protocolo de la ANA establecida mediante Resolución Directoral N° 010-2016-ANA, 11 de enero de 2016, que aprueba el protocolo Nacional para el monitoreo de los recursos hídricos Superficiales y reemplaza al Protocolo de monitoreo aprobado mediante Resolución Directoral N° 182-2011-ANA.

**e) Normas aplicadas sobre calidad del cuerpo receptor**

La Resolución Directoral N° 036-2010-ANA-DGCRH (31 de marzo 2010) que autoriza el vertimiento del efluente de la PTAR Taboada en la Bahía Callao indica que: “Los valores límites de la Clase VI “Aguas de zona de preservación de fauna acuática y pesca recreativa comercial” señalada en la Resolución Jefatural N° 291-

2009-ANA deberá cumplirse fuera de la zona de Exclusión Marina” (ANA, 2010: RD N°036-2010-ANA-DCPRH).

Señala también que en el interior de esta zona estará prohibida toda actividad de pesca recreativa y comercial, así como la extracción de moluscos bivalvos. Para tales efectos PTAR Taboada S.A deberá demarcar la zona de exclusión con boyas flotantes ubicadas cada 500 m sobre el perímetro de la misma, en las que deberán tener un aviso de prohibición cuyas especificaciones técnicas deberán contar con la opinión favorable de la Dirección General de Capitanías y Guardacostas (DICAPI) y la Autoridad Nacional del Agua.

### **Parámetros de monitoreo**

La empresa deberá controlar el caudal vertido (M-05) y la calidad de este punto y cada punto de monitoreo del agua superficial, indicado en la Tabla 9 para los parámetros de: Coliformes termotolerantes, Coliformes totales, pH, T°, sólidos suspendidos totales (SST), oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno (DBO) Demanda Química de Oxígeno (DQO), Aceites y grasas (AyG). Así también para arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, níquel, plomo, sulfuros, zinc y nitrógeno amoniacal (ANA, 2010), de acuerdo a las frecuencias de muestreo indicadas:

- f) Para Coliformes totales y termotolerantes en Puntos de Zona de Protección Costera, Zona de Exclusión Marina y Control de Calidad del efluente: Cada 6 días con un mínimo de 5 muestras al mes. (Frecuencia)

Al respecto, se referencialmente se en la Tabla 14, se considera lo que se exige para efluentes de otras plantas de tratamiento de aguas residuales.

Tabla 14. *Límites máximos permisibles para efluentes de PTAR*

Parámetros	Unidad	LMP d efluentes para vertidos a cuerpos de agua
Temperatura (°C)	°C	<35
PH	Unidad de ph	6,5-8,5
DBO <sub>5</sub>	mg/L	100
DQO	mg/L	200
SST	mg/L	150
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes fecales	NMP/100 ml)	10000
Coliformes totales	NMP/100 ml)	-

Fuente: MINAM (2010): DS 003-2010-MINAM sobre Límites Máximos

Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales

Domésticas o Municipales

**Resolución Directoral 0096-2010-ANA-DGCRH (24 de noviembre de 2010):**

“Reconsideración sobre caudal de 20 000 l/s y pago por vertimiento”,

Mediante el Art. 1° de esta resolución declara fundada la apelación de PTAR Taboada S.A contra la Resolución Directoral N 036-2010-ANA-DCPRH modificando los Art. 1° y 3° como sigue:

**Art.1 modificado.-** Otorgar autorización de vertimiento de aguas residuales municipales tratadas a favor de la empresa PTAR Taboada S.A para el Proyecto “Construcción, Operación y Mantenimiento de la planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Taboada” (ANA, 2010), que comprende el vertimiento al mar de la Bahía del Callao de un caudal máximo de 20 m<sup>3</sup>/s, bajo el régimen de 24 horas/día y 365 días/año, a través de un emisario submarino (...) cuya planta se ubica en el sector Taboada, en el distrito y provincia del Callao (pp. 3).

**Art. 3° modificado.** - Disponer que el ejercicio de la autorización otorgada mediante la presente resolución obliga a SEDAPAL al pago de la retribución económica por concepto de vertimiento a que se refiere el Art 1, por un volumen anual de 441 470 402 m<sup>3</sup>(...), (pp. 3).

Por otro lado, el Art. 3 de la Resolución Directoral N° 0096-2010-ANA-DGCRH, indica lo siguiente: “Mantener vigente la Resolución Directoral N° 0036-2010-ANA-DGCRH, en todo lo que no se oponga a los dispuestos en los artículos precedentes” (p.4).

**Resolución Directoral N° 237-2015-ANA-DGCRH (25 de agosto 2015): “Modificación de ubicación del punto de control del efluente”**

El Art. 1, modifica la autorización de vertimiento de aguas residuales municipales tratadas para: “Construcción, Operación y Mantenimiento de la planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Taboada” (ANA, 2015), en lo referente a la ubicación del punto de control del efluente Taboada (Tabla 15).

Tabla 15. Nueva ubicación de punto de control de efluente de PTAR Taboada

Punto	Descripción	Coordenadas UTM WGS 84	
		Zona 18	
		Este	Norte
M-05A	Agua residual tratada ubicado en el canal de aproximación a la cámara de bombeo de emisario submarino.	267 746	8 672906

Fuente: ANA (2015): Resolución Directoral N° 237-2015-ANA-DGCRH

### **3.10 Vigilancia, Control y Fiscalización Ambiental**

#### **Resolución Ministerial N° 273-2013-VIVIENDA (30 de octubre de 2013)**

Las Empresas Prestadoras de Servicio (EPS) deben reportar al Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) el cumplimiento de los LMP y efectuar el monitoreo frecuente del afluente y efluente de la PTAR según el protocolo de monitoreo señalado en la Resolución Ministerial N° 273-2013-VIVIENDA. *Artículo 3°.- Disponer que la Oficina del Medio Ambiente del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, en el marco de sus funciones, coordine la supervisión y evaluación del monitoreo de efluentes de las PTAR.*

**Ley de Recursos Hídricos.** - La Autoridad Nacional del Agua, como autoridad rectora del recurso hídrico, entre otras funciones, establece el control de los vertimientos a los cuerpos de agua de las aguas residuales tratadas.

**Ley N° 29325: Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental (5 de marzo de 2009).**- Tiene por finalidad asegurar el cumplimiento de la legislación ambiental por parte de todas las personas naturales o jurídicas, así como supervisar y garantizar que las funciones de evaluación, supervisión y fiscalización, control y potestad sancionadora en materia ambiental, a cargo de las diversas entidades del estado.

### **3.11 Compromisos Internacionales**

El Perú, consecuente con los acuerdos de la Cumbre del Milenio de las Naciones Unidas, concordante con la política ambiental mundial para la defensa del ambiente y la implementación con participación multisectorial de las estrategias de las convenciones ambientales ha suscrito, firmado y ratificado varios tratados internacionales



comprometiéndose a conservar el ambiente y el patrimonio natural y cultural (IMARPE, 1981).

Entre los tratados sobre recursos naturales, conservación de la diversidad biológica relacionados con el ambiente marino y costero se tienen:

- **Convenio para la Protección del Medio Marino y Áreas Costeras del Pacífico Sudeste - Convenio de Lima (CPPS, 2014)**

En 1981, la Comisión Permanente del Pacífico Sudeste (CPPS) con asistencia técnica de las Naciones Unidas, con el fin de proteger el medio marino de la contaminación, estableció el Convenio y un Plan de Acción para la Protección del Medio Marino y Áreas Costeras del Pacífico Sudeste, en el marco del cual, medidas técnico y legales para promover la preservación de la salud y el bienestar de las generaciones presentes y futuras (CPPS, 2014).

Dentro de las medidas propuestas se encuentra reducir al máximo las descargas de sustancias tóxicas, perjudiciales y nocivas, especialmente aquellas que sean persistentes, tanto desde fuentes terrestres como a través de la atmósfera y por vertimiento. La Convención señala que una de las maneras de evitar estas descargas es fortaleciendo la regulación.

- **Protocolo para la Protección del Pacífico Sudeste contra la contaminación proveniente de fuentes terrestres, ratificado por el Perú el 2 de diciembre de 1988.**

En su artículo III, menciona que “individualmente, o por medio de la cooperación bilateral o multilateral, adoptar las medidas apropiadas, de acuerdo con las disposiciones del presente Protocolo, para prevenir, reducir o controlar la contaminación del medio marino procedente de fuentes terrestres, cuando produzcan

o puedan producir efectos nocivos tales como daños a los recursos vivos y la vida marina, peligros para la salud humana, obstaculización de las actividades marinas, incluso la pesca y otros usos legítimos del mar, deterioro de la calidad del agua del mar para su utilización y menoscabo de los lugares de esparcimiento” (CPPS, 2014).

- **Conferencia de Río de Janeiro +20 – Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (UNICED), 3 al 14 de junio de 1992**

Es también conocida como “Cumbre de la Tierra”, en Río de Janeiro, estableció principios que definen los derechos y responsabilidades de los Estados en actividades vinculadas con el medio ambiente y el desarrollo.

La Agenda 21, uno de los documentos básicos de la Conferencia de Río, señala que, en contraste con otras áreas del planeta, donde la relación medio ambiente – desarrollo requiere medidas regulatorias para proteger los ya degradados hábitats, los océanos y las áreas costeras que en muchos casos son fuentes de incalculables posibilidades para el desarrollo de las naciones.

### **Programa 21: Capítulo 17**

El capítulo 17: “Protección de los océanos y de los mares de todo tipo incluidos los mares cerrados y semicerrados, y de las zonas costeras y protección, utilización racional y desarrollo de sus recursos vivos” de la Agenda 21, incluye entre sus 7 programas principales el referido a la Protección del medio marino contra las fuentes terrestres de contaminación. Al respecto, las naciones se comprometen a prevenir, reducir y controlar la degradación del medio marino así como mantener y mejorar sus capacidades.

En el ítem 17.27 sobre las aguas residuales, éntrelas actividades prioritarias indica:

(...)

*Promover los tratamientos complementarios ecológicamente racionales de los efluentes de origen doméstico y los efluentes de origen industrial mediante la utilización, cuando sea posible de controles de la entrada de efluentes que no sean compatibles con el sistema.*

*Promover el tratamiento primario de las aguas residuales municipales que se descargan en ríos, estuarios y el mar u otras soluciones adecuadas para cada lugar concreto;*

(...)

### **3.12 Normas internacionales sobre calidad de efluentes que descargan al mar**

- **Chile**

**Decreto Supremo 90/2001 publicado el 7 de marzo de 2001**, Establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales; es decir, regula los contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales; con los límites máximos para descarga de residuos líquidos a aguas marinas dentro de la zona de protección (Tabla 16).

En áreas aptas para la acuicultura y áreas de manejo y explotación de recursos bentónicos, no se deben sobrepasar los 70 NMP/100 ml.

Tabla 16. Límites máximos para descarga de residuos líquidos a aguas marinas - Chile.

*Dentro de la zona de protección*

Contaminante	Unidad	Límite Máximo Permisible - Chile
Temperatura (T°)	°C	30
Potencial de Hidrógeno pH)	Unidad	6,0 - 9,0
Aceites y Grasas (AyG)	mg/L	20
Aluminio (Al)	mg/L	1
Arsénico (As)	mg/L	0,2
Cadmio (Cd)	mg/L	0,02
Cianuro (CN)	mg/L	0,5
Cobre (Cu)	mg/L	1
Colif. Termotolerantes	NMP/100 ml	1000 - 70*
Cromo Total (Cr Total)	mg/L	2,5
DBO <sub>5</sub>	mg/L	60
Fósforo (P Total)	mg/L	5
Hidrocarburos Totales (HC T)	mg/L	10
Mercurio (Hg)	mg/L	0,005
Níquel (Ni)	mg/L	2
Nitrógeno Total Kjeldahl (NTK)	mg/L	50
Plomo (Pb)	mg/L	0,2
SAAM (SAAM)	mg/L	10
Selenio (Se)	mg/L	0,01
Sólidos Sedimentables (S SED)	ml/l/h	5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	100
Sulfuros (S <sub>2</sub> -)	mg/L	1
Zinc (Zn)	mg/L	5

Fuente: Decreto Supremo 90/2001, del 7 de marzo 2001. Chile.

**Descargas fuera de la zona de protección litoral.-** Las descargas de las fuentes emisoras, cuyos puntos de vertimiento se encuentren fuera de la zona de protección

litoral, no deberán sobrepasar los valores de concentración señalados. A partir de la entrada en vigencia del presente decreto, los límites máximos permitidos establecidos en él, serán obligatorios para toda fuente nueva.

- **Ecuador**

En el Ecuador, la Ley General sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales, Capítulo AGUA - Art. 134 del capítulo III de Las Aguas, contempla que los efluentes de residuos o aguas, provenientes de actividades humanas o de índole económicas, deberán ser tratados de conformidad con las normas vigentes, antes de su descarga final, según se muestra en la Tabla 17.

Tabla 17. *Valore máximos permisibles para descarga de agua residual municipal – Ecuador*

POBLAC. HAB. EQUIV	VALORES MÁXIMOS PERMISIBLES					
	pH	DBO <sub>5</sub>	DQO	SS	N-NH <sub>3</sub>	C.TOT
<5000	6-8.35	100	400	90	-	1000
5001 - - 10000	6-8.5	100	400	90	-	1000
10001 - 100000	6-8.35	70	300	75	30	1000
➤ 10000	6-8.35	70	300	75	30	1000

Fuente: Valdez, N. (2017): Marco nacional y normativa sobre vertimiento de aguas residuales a zonas costeras y superficiales.

### 3.13 Otras normativas

**Resolución Jefatural N° 541-2013-ANA (12 de diciembre de 2013).**- Pre publicación de Lineamiento para la determinación de la zona de mezcla y la evaluación del impacto

de un vertimiento de aguas residuales a un cuerpo de agua natural de agua, precisa lo siguiente:

### **La zona de mezcla en cuerpos de agua marino costeros**

La **zona de mezcla** en un cuerpo de agua marino costero, es aquel volumen de agua donde ocurre la **dilución inicial del efluente** con las aguas naturales del cuerpo receptor, **inducido por el impulso de la descarga, la diferencia de densidad entre las aguas residuales y el agua salada o salina y los efectos de dispersión horizontal generados por las corrientes marinas**. Por definición, la zona de mezcla es aquella en donde se logra la dilución inicial del vertimiento en el cuerpo de agua, sin considerar otros factores como la sedimentación, procesos químicos o microbiológicos que elimina o transforman las sustancias vertidas, ni el decaimiento bacteriano. La dilución debe ser alcanzada en la superficie, en el punto de altura máxima del ascenso en un ambiente estratificado (punto de emergencia del efluente) o en el fondo, cuando se trata de residuales de mayor densidad del agua de mar.

Para minimizar el riesgo de impactos en la salud de las personas que están en contacto directo con las aguas marinas en las actividades recreativas, de impactos en los ecosistemas marinos-costeras y no haya afectación de la calidad de los productos hidrobiológicos producidos, no se podrá establecer una zona de mezcla entre otros en las siguientes áreas acuáticas:

- Áreas donde el Ministerio de Producción ha otorgado un derecho de uso acuícola.
- Ecosistema sensibles según su definición por la Ley General del Ambiente, Ley N° 28611, Art. 99, numeral 99.2, que comprende entre otros las bahías.

Asimismo, en el caso de emisores submarinos instalados en proximidades de bahías, la parte del emisor submarino que tiene instalado los sistemas de difusores que

propician la dispersión de la descarga de los efluentes tratados debe ser ubicados fuera de la bahía, asegurando que el vertimiento no retorne a ella, en ningún nivel de la columna de agua.

**Resolución Ministerial N° 189 – MINAM (4 de agosto de 2015).** Aprobó los Lineamientos para el Manejo Integrado de la Zonas Marino Costeras, que entre otros lineamientos establece en el marco del lineamiento estratégico 3 y 5, lo siguiente:

**Lineamiento estratégico 3:** Promover mediante la diversificación productiva, el crecimiento económico y la competitividad a partir del aprovechamiento sostenible y conservación de los ecosistemas marinos; a través de estudios de capacidad de carga de las zonas marino costeras considerando las diferentes actividades que se desarrollan” (MINAM, 2014)

**Lineamiento estratégico 5:** *“Mejorar las condiciones ambientales de los ecosistemas marino costero y su entorno a través del uso de tecnologías limpias y ecoeficientes”*

En el aspecto de Acciones priorizadas, precisa:

“Impulsar la mejora de los procesos productivos y la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales domésticas, e industriales, priorizando el reúso de las aguas residuales tratadas en los casos pertinentes, antes de ser descargados a las áreas acuáticas, de forma que cumplan con los límites máximos permisibles y estándares de calidad ambiental, en coordinación con las autoridades competentes” (MINAM, 2014).

### **3.14 Marco Conceptual**

Después de una revisión exhaustiva de fuentes de información he considerado la definición de los siguientes términos, que fueron necesarios para el desarrollo de la presente investigación.

**Aguas residuales domésticas.-** Características de las aguas residuales en Lima Metropolitana, tratamiento y disposición en el medio marino, en bahía, capacidad de asimilación por éstas.

**Planta de Tratamiento de Aguas residuales.-** Infraestructura y procesos que permiten la depuración de las aguas residuales Domésticas o Municipales (MVCS, 2015).

**Emisor Submarino.** - Un emisario submarino es una conducción para realizar vertidos de origen urbano o industrial en el mar a cierta distancia de la costa. El principal objetivo de los emisarios submarinos es minimizar el impacto que puede tener el vertido de aguas residuales al mar o lo que es lo mismo, garantizar una buena dilución de manera que la mezcla de aguas residuales y agua de mar no altere de forma alguna el aspecto natural y sea inocua para el ecosistema marino, para el litoral y para la salud de los seres humanos (López, 2009).

**Límites Máximos Permisibles.-** Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el MINAM y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental (MINAM, 2010).

**Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.-** Los ECA son indicadores de calidad ambiental. Miden la concentración de elementos, sustancias u otros en el aire, agua o suelo. Su finalidad es fijar metas que representan el nivel a partir del cual se puede afectar significativamente el ambiente y la salud humana (MINAM, 2008).

Según el ente normativo MINAM (2008), el Estándar de Calidad Ambiental es legalmente *“la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos,*



*sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente*". Así, el ECA de agua es una unidad de medida para determinar el uso que puede darse a un cuerpo de agua en función a la calidad que presenta, ya sea por sus condiciones naturales o por la carga contaminante a la que pueda estar expuesta. Un ECA no se aplica para una emisión o efluente. Una autorización de vertimiento, implica que el luego de una debida dilución y dispersión no debe exceder el ECA-agua, que está predeterminado en función del uso del agua. De esta forma los ECA para agua están orientados a proteger el ambiente y la salud y establecen objetivos de calidad que deben ser cumplidos por los diversos titulares de actividades económicas de diversos sectores, y contienen parámetros para determinar el uso que puede darse a un cuerpo de agua.

**Protocolo de Monitoreo.-** Procedimientos y metodologías establecidas por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en coordinación con el MINAM y que deben cumplirse en la ejecución de los Programas de Monitoreo (MVCS, 2013).

**Gestión Ambiental.-** La gestión Ambiental puede ser definida como el conjunto de actividades del Estado dirigidas a la conservación, mejoramiento, recuperación y monitoreo del ambiente; las de intervención directa en el ambiente natural y antrópico; y las de control de las actividades de los particulares (PNUMA, 1994). La gestión ambiental, también designada como gestión del medio ambiente implica a aquella serie de actividades, políticas, dirigidas a manejar de manera integral el medio ambiente de un territorio dado y así contribuir con el desarrollo sostenible del mismo.

La gestión ambiental según Ucha (2014) comprende diversas áreas esenciales para alcanzar un sistema de gestión ambiental satisfactorio y exitoso:

- **Política ambiental.**- Serie de acciones políticas destinadas a conservar la vida logrando un desarrollo sustentable), ordenamiento territorial (distribución de actividades y usos del terreno de acuerdo a las características de cada uno),
- **Evaluación del impacto ambiental.**- Evaluación de la actualidad ambiental y propuesta de planes y programas para corregir problemas),
- **Contaminación.**- Tratamiento, análisis y control de todas aquellas sustancias o formas de energía que generen efectos poco saludables),
- **Vida silvestre.**- Conservación de la biodiversidad),
- **Paisaje** Implica la relación de los factores biológicos, los estéticos y culturales del medio ambiente), y
- **Educación ambiental.**- Busca enseñar al hombre a comprender los problemas medioambientales actuales; asimismo a cambiar su posición muchas veces contraria al desarrollo satisfactorio del entorno natural) (Definición ABC, octubre 2016).

**Medidas de manejo.**- Acciones que se implementan para prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos ambientales negativos de un proyecto y para potenciar los positivos (Organización de las Naciones Unidas, 1987).

**Recuperación o resiliencia.**- La resiliencia de los ecosistemas es la capacidad de un ecosistema de recuperarse de un disturbio o de resistir presiones en curso. Se refiere a los complejos procesos físicos y ciclos biogeoquímicos regenerativos que realizan los componentes bióticos y abióticos de un ecosistema —en un tiempo determinado— como respuesta para recuperar su estado anterior al efecto producido por el factor externo, y en esa medida tender al equilibrio (Hernández, 2009).

**Contaminación marina.**- se define como “la introducción directa e indirecta de sustancias energía en el medio marino (incluyendo estuarios), la cual acaba por dañar los

recursos vivos y poner en peligro a la salud humana, alterar las actividades marinas entre ellas la pesca y reducir el valor recreativo y la calidad del agua de mar” (Joint Group of Experts on the Scientifics of marine Poluution, 1972)

### **3.15 Hipótesis**

#### **Hipótesis General**

La recuperación del área marina costera de la bahía Callao con la implementación del sistema de saneamiento (construcción y operación de la planta de tratamiento de aguas residuales Taboada y el emisor submarino) es positiva.

#### **Hipótesis Específica**

- H<sub>1</sub>. La calidad del área marina costera de la bahía Callao antes del sistema de saneamiento es negativa o alterada.
- H<sub>2</sub>. La calidad del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales Taboada cumple con la norma.
- H<sub>3</sub>. La Calidad del área marina costera de la bahía Callao a partir de la implementación del sistema de saneamiento de las aguas residuales (operación de la planta de tratamiento Taboada y emisor submarino) ha mejorado.
- H<sub>4</sub>. La recuperación del área marina de la bahía Callao a partir de la implementación del sistema de saneamiento es positiva.

## CAPITULO III

### MÉTODO

#### 4.1 Tipo y nivel de investigación

Tras la revisión de la literatura y/o fuentes de información existente sobre el tema, y según la forma de ejecución de la Investigación se puede decir que es de tipo Observacional; según la forma de la toma de datos es Retrospectivo.

Según el Número de oportunidades en que se miden las variables de Estudio es del tipo Longitudinal y según el número de Variables de Interés es Descriptivo porque se han utilizado datos secundarios del 2006 al 2016 para evaluar la recuperación ambiental del área marina costera de la bahía Callao. También es de tipo correlacional, dado que se pretende medir la relación o nivel de relación entre dos o más variables. Se busca conocer las características del medio receptor marino para conocer la recuperación de la bahía. Asimismo, Explicativo, porque busca responder a las causas de los fenómenos físicos ambientales.

#### 4.2 Diseño de investigación

La investigación estuvo dirigida a conocer la recuperación del área marina costera de la bahía del Callao a partir de la implementación del sistema de saneamiento, es decir la operación de la PTAR Taboada y el emisor submarino de 3,7 km de longitud que descarga frente a la playa Oquendo, tomando como base o referencia la necesidad de conocer las condiciones ambientales de la bahía Callao, particularmente el área marina adyacente a la descarga y dispersión de la pluma de agua residual frente a la playa Oquendo antes y después de la operación de las referidas instalaciones, con el fin identificar y evaluar los cambios del área. Ello implicó también el seguimiento de la calidad del efluente de la

planta de tratamiento a fin de verificar el cumplimiento de lo establecido en las autorizaciones dadas por las autoridades competentes, y la eficiencia del sistema.

### **4.3 Estrategia de prueba de hipótesis**

Para la prueba de hipótesis, se identificó las variables o indicadores (DBO<sub>5</sub>, SST, Coliformes fecales, potencial de hidrógeno, oxígeno disuelto) relacionadas a la calidad del efluente y del cuerpo receptor, que permitan conocer la recuperación ambiental del área marina costera de la bahía. Dichos indicadores se analizaron en forma secuencial antes y después de las implementación del sistema de saneamiento (desde el año 2014 al 2016).

### **4.4 Variables**

**Variable independiente (X):** es la calidad del efluente, así como del área marina costero – Bahía Callao antes y después del saneamiento. Los parámetros vinculados son los siguientes: demanda bioquímica de oxígeno, sólidos suspendidos totales, metales, los coliformes fecales o termotolerantes y totales, el oxígeno disuelto, la salinidad, nitrato, fosfato, nitrito, silicato, amoniaco,. Se suman las condiciones físicas del medio marino como las corrientes marinas, la topografía submarina, la temperatura del agua de mar.

**Variable dependiente (Y):** es la calidad o característica del agua marina del cuerpo receptor marino particularmente, el área o franja marina frente a la playa Oquendo de la Bahía Callao.

### **4.5 Población o universo**

La población del estudio estuvo constituida por la información relacionada al manejo-de las aguas residuales-en la zona norte de la ciudad de Lima Metropolitana; es decir la calidad del agua residual que se venía descargando a la bahía Callao y las calidad

de éste actualmente en que en el marco de la implementación del sistema de saneamiento a partir de junio entro en operación PATR Taboada y emisor submarino. En este enfoque son relevantes las condiciones ambientales del medio marino antes y después del saneamiento y particularmente, el área marina comprendida entre los ríos Rímac por el Sur y el río Chillón por el norte, y un ancho de aproximado de 5 km, según el ámbito de exclusión marina definida por la RD 0036-2010-ANA-DCPRH.

En cumplimiento de lo establecido en la referida resolución directoral el administrador de PTAR Taboada entre los años 2014 y setiembre de 2016 debió haber emitido 11 informes de monitoreo trimestrales, de los cuales se recabó lo correspondiente a 9 Informes.

#### **4.6 Muestra**

El tipo de muestra es no probabilística, pues la elección no fue al azar sino que en función a las características de la investigación se enmarcó en las condiciones de tiempo y espacio. Las condiciones de tiempo se enmarcaron en la información correspondiente a las estaciones del año (verano e invierno) en razón a la existencia de los cambios más importantes o notorios del año, ello tanto para las situaciones antes y después de la implementación del sistema de saneamiento. Las condiciones de espacio estuvieron en función de los puntos de control, como se observa en el área de monitoreo (Figura 9) establecidos a través de la Resolución Directoral N° 0036-2010-ANA-DCPRH, de Autorización del vertimiento del efluente o agua tratada de la PTAR Taboada mediante un emisor submarino a 3,5 km.

De esta forma la muestra estuvo constituida por 9 informes ambientales trimestrales para efectos de la evaluación de efluente; sin embargo para efectos de evaluación del cuerpo receptor marino, se tuvo en cuenta que los mayores cambios en el curso de la cuatro

estaciones del años tiene lugar en verano e invierno; por ello se consideraron 6 informes para la evaluación de la calidad del cuerpo receptor marino: verano e invierno de los años 2014, 2015 y 2016. Se sumaron informes de estudios del 2006 correspondientes a la Línea Base Ambiental del Proyecto de construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales Taboada; e información del 2010 - 2011 realizados por el IMARPE, antes de las instalaciones de saneamiento; que también se constituye en la Línea base ambiental del Estudio de Impacto ambiental del proyecto de la PTAR Taboada y el emisor submarino.

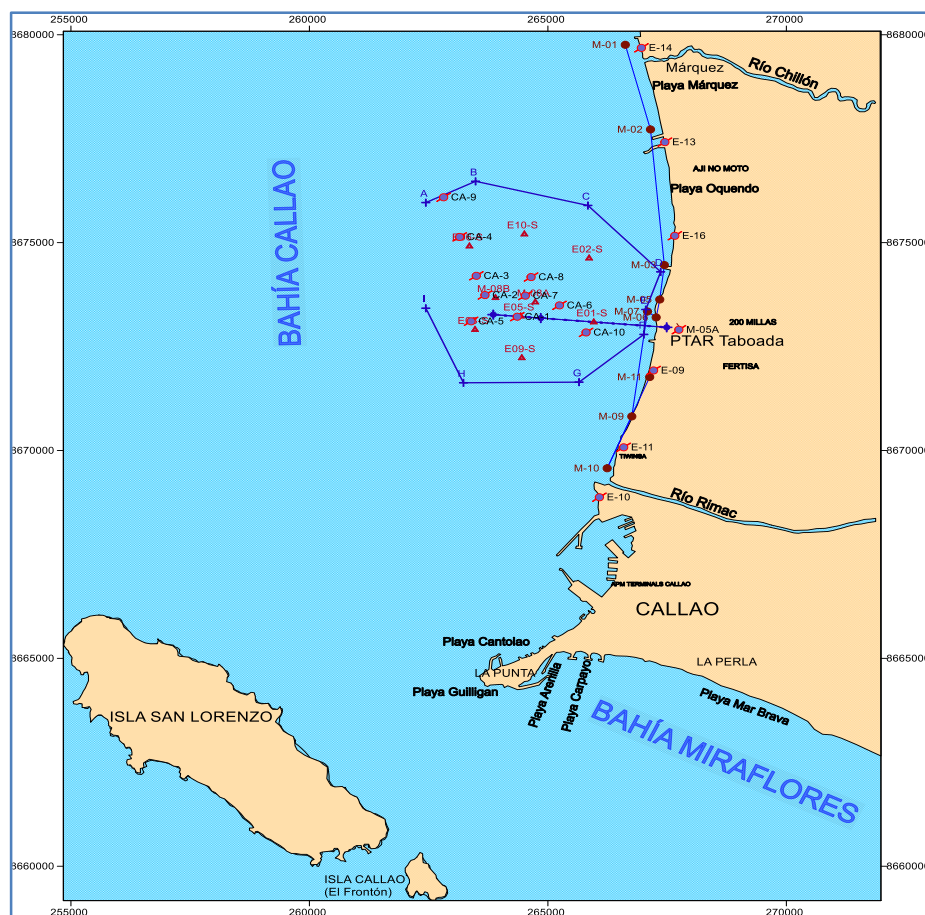


Figura 8. Ubicación del área monitoreo ambiental - Bahía Callao.

Fuente: Elaboración propia con datos de Resol. Directoral N° 0036 – 2010-ANA-DCPRH.

## **4.7 Técnicas de investigación**

### **4.7.1 Recolección datos**

En la presente investigación se utilizó el método o técnica retrospectiva, es decir datos secundarios, para conocer las características ambientales antes y después de las instalaciones del sistema de saneamiento (PTAR Taboada y emisor submarino). Información generada por entidades como la Autoridad Nacional del Agua (ANA), que otorga las autorizaciones de vertimiento de aguas residuales; el Instituto del Mar del Perú – IMARPE, entidad de carácter técnico científico, (en Convenio IMARPE-SEDAPAL); PTAR Taboada S.A. (antes Concesionario Taboada) encargada de la operación y administración de la planta de tratamiento de aguas residuales Taboada. Se sumó información del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS)

Así también, informes técnicos especializados, generados por la Comisión Permanente del Pacífico Sur- CPPS, en el marco del Programa de Mares Regionales del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA (CPPS, 2014); y el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias de Ambiente (CEPIS, 2002) normativas nacionales e internacionales.

Así, la diversa información fue obtenida a través de visitas a las entidades como al IMARPE, Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, (MVCS), Gobierno Regional del Callao (GORE Callao); solicitudes a través de la Ley de Acceso a la Información y visitas a las páginas web de las entidades sectoriales, particularmente las relacionadas a las funciones de saneamiento ambiental. Así también se realizó búsqueda en las páginas Webs de a las entidades los que se indican líneas abajo.



## Principales fuentes de información

### Servicio de agua potable y alcantarillado de Lima Metropolitana (SEDAPAL)

Estudio de Caracterización de los colectores de Lima Metropolitana que descargaban a las bahías Callao y Miraflores: emisor Comas, Callao y Emisor N° 6 emisor Surco ( $5 \text{ m}^3/\text{s}$ ) y Emisor Costanero con  $2,8 \text{ m}^3/\text{s}$ ) que sumaban un promedio de  $17,8 \text{ m}^3/\text{s}$  sin tratamiento alguno. Realizado entre 1995 y 1996, el Proyecto Manejo de Aguas Residuales para Lima Metropolitana (PROMAR) la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales en la zona norte -bahía Callao (Taboada) y un emisor submarino de 8 km; y el Proyecto MESIAS la construcción de la planta Taboada con un nivel de tratamiento primario mejorado y el emisor de la misma longitud 8 km.

### Instituto del Mar del Perú (IMARPE)

- Entre el 18 y 19 de marzo del 2002 (en adelante, marzo 2002), Estudio de la franja costera de 2,5 millas (4,6 km) de ancho comprendida entre la Playa Carpayo por el sur y la playa frente a la Refinería La Pampilla en el distrito de Ventanilla por el norte, en el que se evaluaron: la circulación marina, salinidad, oxígeno disuelto, pH, nutrientes, sólidos en suspensión, aceites y grasas, sulfuro de hidrógeno,  $\text{DBO}_5$  y Coliformes a nivel superficial y a un metro del fondo.
- Entre el 08 y 13 de diciembre del 2010 (en adelante diciembre 2010), el **Estudio Evaluación de la calidad medio ambiental marino frente a la bahía del Callao** con datos corrientes y parámetros medioambientales en 4 secciones perpendiculares a la costa (Río Chillón, Colector Comas, Fertiza y Río Rímac). En el marco de un convenio IMARPE – SEDAPAL.

Entre el 11 y 14 de abril 2011(en adelante, abril 2011): **Estudio de Evaluación de parámetros de calidad acuática en el área costera del Callao** dirigido a evaluar los riesgos ambientales relacionados a la actividad industrial en la bahía del Callao; asimismo,

la “**Evaluación de la Calidad Microbiológica de la bahía del Callao**”, mediante 28 estaciones por mar y 20 estaciones por línea costera; en Convenio con SEDAPAL.

#### **Instituto del Mar del Perú (IMARPE)**

- Entre el 18 y 19 de marzo del 2002 (en adelante, marzo 2002), Estudio de la franja costera de 2,5 millas (4,6 km) de ancho comprendida entre la Playa Carpayo por el sur y la playa frente a la Refinería por el norte, en el que evaluaron: la circulación marina, salinidad, oxígeno disuelto, pH, nutrientes, sólidos en suspensión, aceites y grasas, sulfuro de hidrógeno, DBO<sub>5</sub> y Coliformes a nivel superficial y a un metro del fondo.
- Entre el 08 y 13 de diciembre del 2010 (en adelante diciembre 2010), el **Estudio Evaluación de la calidad medio ambiental marino frente a la bahía del Callao** con datos corrientes y parámetros medioambientales en 4 secciones perpendiculares a la costa (Río Chillón, Colector Comas, Fertiza y Río Rímac). En el marco de un convenio IMARPE – SEDAPAL.
- Entre el 11 y 14 de abril 2011(en adelante, abril 2011): **Estudio de Evaluación de parámetros de calidad acuática en el área costera del Callao** dirigido a evaluar los riesgos ambientales relacionados a la actividad industrial en la bahía del Callao; asimismo, la “**Evaluación de la Calidad Microbiológica de la bahía del Callao**”, mediante 28 estaciones por mar y 20 estaciones por línea costera; en Convenio con SEDAPAL.

#### **Autoridad Nacional del Agua (ANA)**

Informe Técnico N° 060-2015-ANA-AAA-CF/ALA.CHRL-AT/CLLC (del 23 de junio de 2015), sobre **Monitoreo ambiental frente a la descarga del efluente de la PTAR Taboada** (coincide con el VI Monitoreo de la PTAR Taboada), realizado el 15 de

junio de 2016, por la Autoridad Administrativa del Agua (AAA): con el objetivo de evaluar la calidad del agua de mar del Callao, en las inmediaciones de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Taboada.

De otro lado, la ANA receptora de los informes de monitoreo de PTAR Taboada en el marco de la Ley de la Transparencia brindó copia de informes de los monitoreos emitidos por PTAR Taboada S.A. Según la RD N° 173-2016-ANA-DGCRH del 5 de agosto de 2016, modifica la autorización de vertimiento de aguas residuales municipales tratadas.

### **Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS)**

- “Informe del Monitoreo de la calidad ambiental de la bahía del Callao y evaluación del impacto de futuras descargas del Interceptor Norte” realizado entre el 23 de febrero y el 4 de abril 2006 (en adelante verano 2006) y entre el 16 de septiembre y el 5 de octubre 2006 (en adelante invierno 2006), dirigido a unir varios colectores de Lima metropolitana, en la zona Taboada, Playa Oquendo, para luego descargar a 8 km descarga al mar con la finalidad de descontaminar la bahía de Miraflores (sector de San Miguel, Magdalena y La Perla). Ello en Convenio con SEDAPAL. Ello constituyó la Línea Base Ambiental del proyecto PTAR Taboada y emisor submarino, como parte del Resumen ejecutivo obtenida en el marco de Transparencia de la información.

### **Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina (DIHIDRONAV)**

Entre otras actividades esta entidad elabora estudios hidro-oceanográficos y topografía submarina y emitiendo las Cartas Batimétricas de Bahía Callao.

### **Empresa PTAR Taboada S.A**

Según lo establecido por la Resolución Directoral N° 036-2010-ANA-DCPRH, la empresa PTAR Taboada S.A., encargada de la operación y administración de la PTAR Taboada, de los 11 informes trimestrales reportados a setiembre 2016, la ANA brindó los siguientes 8 reportes ambientales:

1. Primer Informe trimestral de Monitoreo Abril 2014. Tedagua-PTAR Taboada-ANA (comprendido entre el 13 de diciembre de 2013 y 12 de marzo 2014)- **Verano 2014**
2. Tercer Informe trimestral de Monitoreo – **Invierno 2014**
3. Cuarto Informe trimestral de Monitoreo – Primavera 2014
4. Quinto Informe trimestral de Monitoreo - **Verano 2015**
5. Sexto Informe trimestral de Monitoreo – Otoño 2015
6. Séptimo Informe trimestral de Monitoreo – **Invierno 2015**
7. Octavo Informe trimestral de Monitoreo - Primavera 2015
8. Noveno Informe trimestral de Monitoreo. **Verano 2016**
9. Onceavo informe trimestral de Monitoreo – **Invierno 2016** (con laboratorio AGQ Perú SAC).

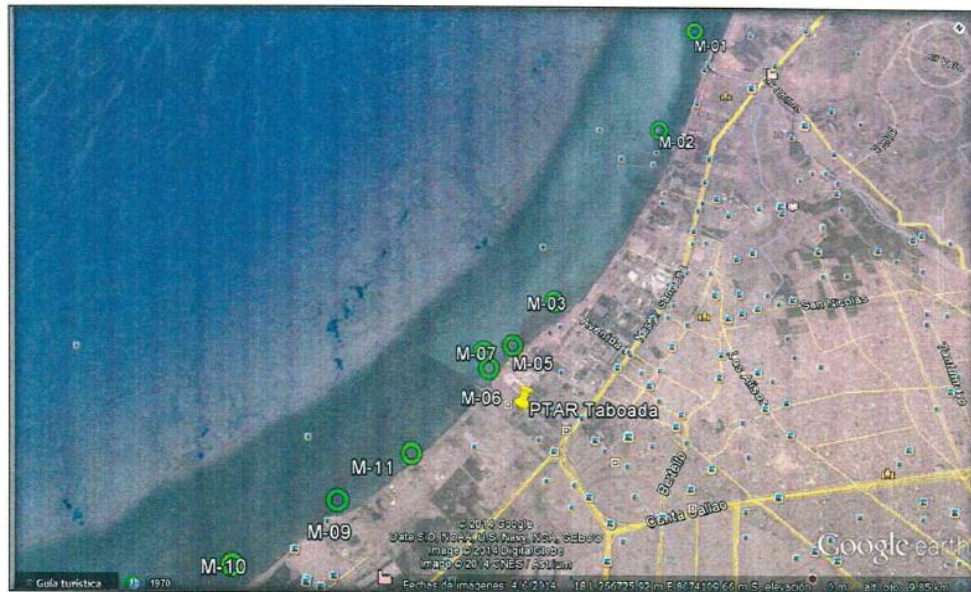
#### **4.7.2 Puntos de control del saneamiento – Proyecto PTAR y emisor Taboada**

Los puntos de control del efluente de la planta de tratamiento Taboada y del cuerpo receptor marino, según la Resolución Directoral N° 0036-2010-ANA-DCPRH que aprobó la autorización del vertimiento de las aguas residuales Taboada son como sigue:

- a) **Punto de Control de calidad del efluente.-** El punto de Control de calidad del efluente, actualmente parte del canal de emergencia donde no se realiza vertimientos. Está constituido por el punto M-05A, ubicado en las

coordenadas 267704 Este y 8673055 Norte; actualmente se encuentra en el canal de aproximación a la cámara de bombeo hacia el emisario submarino.

- b) Zona de protección costera.-** Conformada por la franja costera de 300 m paralela al litoral, medidos desde la línea de baja marea hacia mar adentro, desde la desembocadura del río Rímac hasta el río Chillón (Figura 10).



*Figura 9.* Distribución de los puntos de muestreo en zona de protección costera.

Fuente: Resolución Directoral N° 0036 – 2010-ANA-DCPRH

- c) Zona de Exclusión Marina.-** Se determina como Zona de Exclusión Marina para el cumplimiento de los Valores Límite de la Resolución Directoral N° 0036 – 2010-ANA-DCPRH, al área delimitada por los vértices del polígono cuya coordenadas UTM se presentan a continuación, en la figura 11:



*Figura 10.* Distribución de los puntos de muestreo en zona de exclusión.

Fuente: Resolución Directoral N° 0036 – 2010-ANA-DCPRH

- d) **Puntos de Referencia.**- Los puntos de referencia, como en la Figura 12, se encuentran dentro de la zona de exclusión marina como se observa en la imagen.



*Figura 11.* Puntos de referencia – descarga de emisor submarino.

Fuente: Resolución Directoral N° 0036 – 2010-ANA-DCPRH

#### 4.7.3 Procesamiento y análisis de datos

Según el objetivo planteado la información obtenida se manejó como sigue: la data de las características del efluente de la PTAR Taboada se ordenó y comparó las medias trimestrales de las variables más importantes (SST, DBO<sub>5</sub>, Aceites y grasas y Coliformes termotolerantes) con la norma (Resolución Directoral N° 0036-2010-ANA-DCPRH) que aprobó la autorización de vertimiento, también referencialmente con que aprobó los Límites Máximos permisibles para efluentes domésticos y municipales establecidos por el DS 003-2010-MINAM.

En cuanto al cuerpo receptor marino, en la medida de lo posible buscó ordenar y comparar las variables según las épocas estacionales de verano e invierno antes y después de las instalaciones del sistema de saneamiento. También se tuvo en cuenta otras características del medio receptor como corrientes, topografía submarina, entre otras según las guías científicas emitidas por la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS) que promueve el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y Desarrollo (PNUMA).

Los datos recolectados fueron procesados aplicando las medidas de tendencia central y de dispersión; asimismo, cuadros y gráficas (software Surfer 12) para representar la distribución espacial y variabilidad de algunos parámetros.

Los resultados procesados del cuerpo receptor marino de las tres zonas establecidas por la misma Resolución Directoral 0036-2010-ANA-DCPRH se compararon con lo establecido por la Resolución Jefatural N° 291-2009-ANA (Tabla 7) que resulta ser una modificatoria de la Ley General de Aguas. Referencialmente se comparó con los Estándares de Calidad ambiental para agua (ECA-Agua) categoría 2, subcategoría 3: Otras actividades.

Cabe precisar que debido a la falta de información sobre la calidad del agua residual que ingresa a la PTAR Taboada no fue posible establecer promedios de la calidad de ésta a fin de determinar con mayor aproximación el porcentaje de remoción de la carga contaminante.



## CAPITULO IV

### RESULTADOS

#### 5.1 Características fisiográficas del medio marino costero de lima

##### 5.1.1. Perfil de Línea de Costa de la bahía Callao

La bahía Callao se inicia en punta La Punta, prosiguiendo al Nor-este alcanza la Rada Interior luego desembocadura del río Rímac, las playas Acapulco, Fertiza, Taboada, Oquendo y Márquez hasta alcanzar el río Chillón. Prosigue la playa Ventanilla, hasta alcanzar la punta Pancha. Se suman las Islas San Lorenzo, El Frontón y Palomino.

La bahía Callao alberga el Puerto del mismo nombre, el principal puerto peruano con un gran Terminal Portuario y una intensa actividad económica (Figura 13).

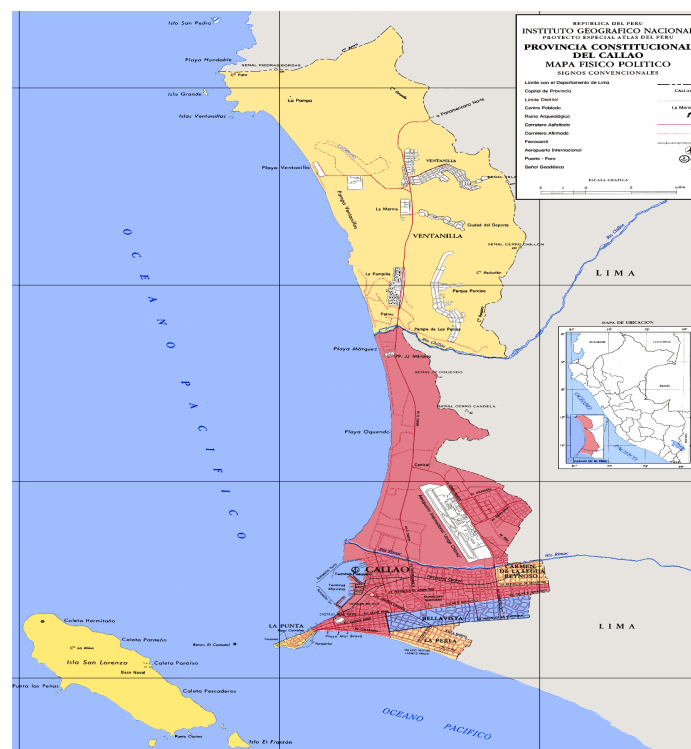


Figura 12. Características de la bahía Callao.

Fuente: Informe de Monitoreo de la calidad ambiental de la bahía del Callao y evaluación del impacto de futuras descargas del interceptor Norte

El medio marino costero es una importante zona del país, por sus condiciones naturales valiosa y como fuente de recursos hidrobiológicos de gran valor ecológico y comercial. En la bahía Callao, la isla San Lorenzo le otorga condiciones idóneas (resguardo y tranquilidad de sus aguas) para las actividades de puerto, y donde se desarrolla el principal puerto del país; sin embargo, es una desventaja en el uso como receptor de las aguas residuales.

En la figura 14 se muestra las características (zona de zonación) de la playa Taboada con presencia de arena y cantos rodados y suave pendiente.

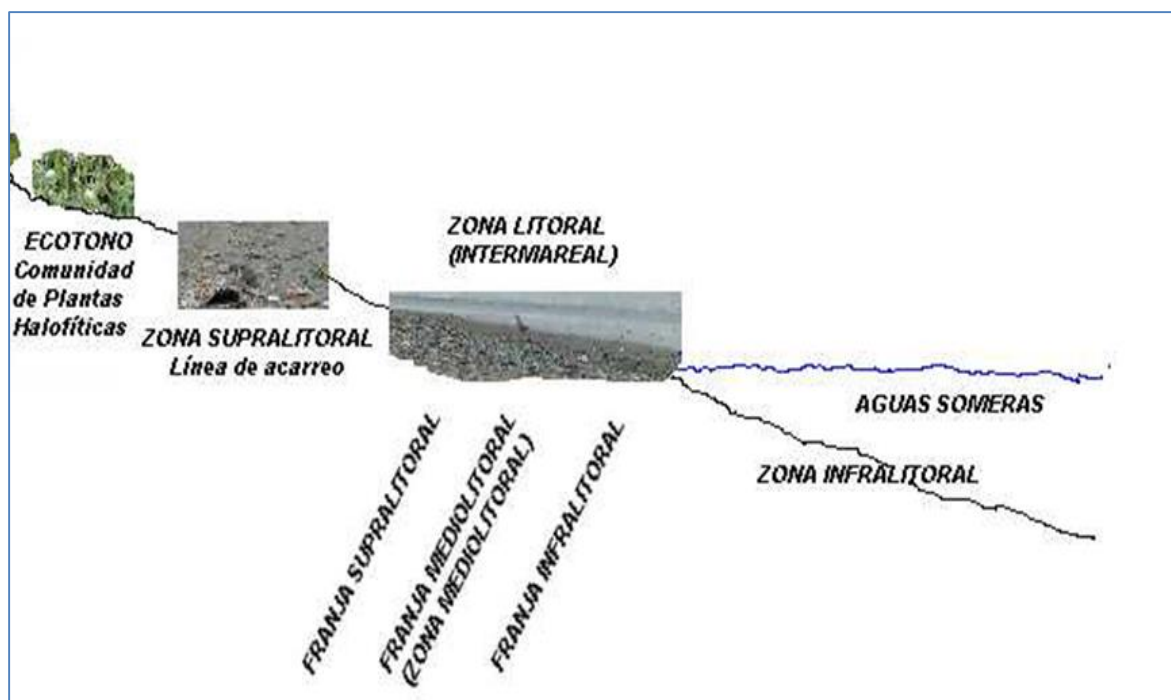


Figura 13. Zonación de la Playa Taboada – bahía Callao.

Fuente: – IMARPE 2010. Estudio de Impacto Ambiental de Proyecto Construcción de Interceptor Norte- Convenio SEDAPAL

### 5.1.2. Profundidades

La bahía Callao comprendida entre los ríos Rímac y Chillón, presenta una pendiente moderadamente pronunciada; configurando casi una planicie submarina, de modo que a 3 km de la playa registra profundidades de 15 m; y a 8 km profundidades de 50 m. (Figura 15). En cambio, en la bahía Miraflores la pendiente es más pronunciada hacia el lado sur, de forma que frente a Punta La Chira, a solo 3 km de la playa registra profundidades de 50 m.

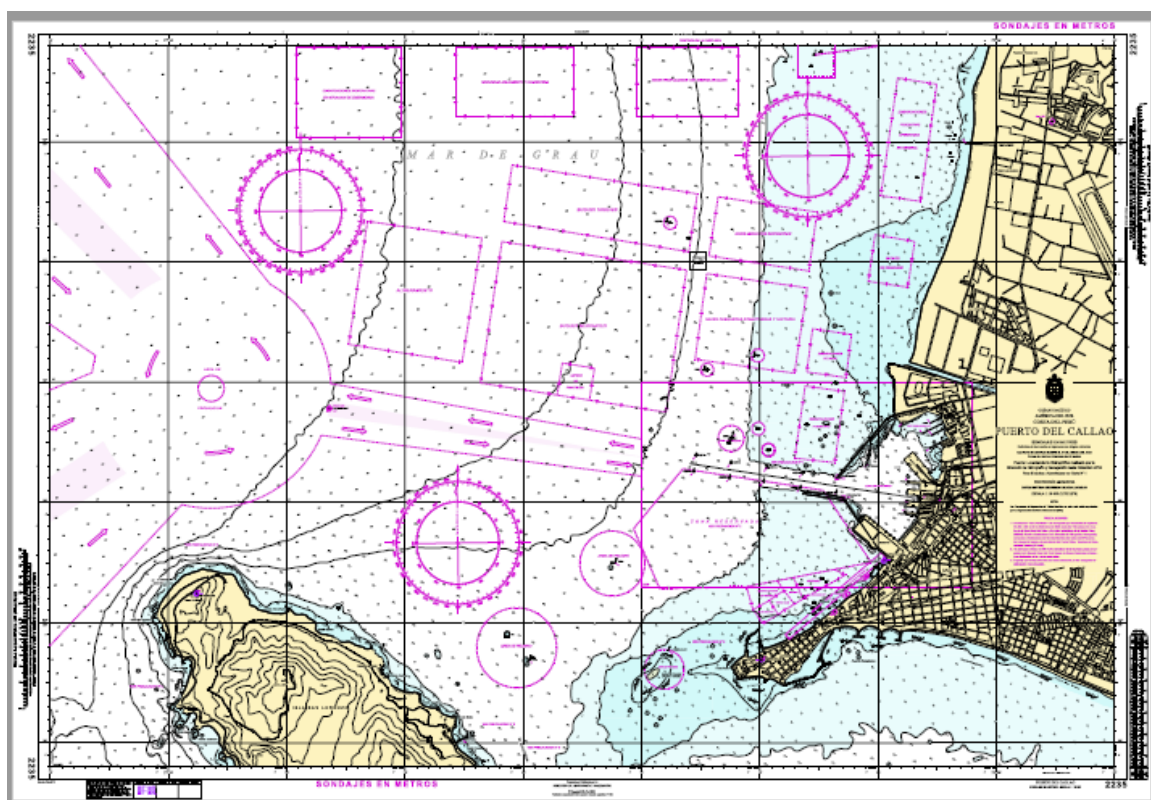


Figura 14. Carta Batimétrica de la bahía Callao.

Fuente: DIHIDRONAV (2012).

### 5.1.3. Circulación Marina

En general, la corriente marina costera peruana recorre de Sur a Norte; sin embargo, donde la línea de costa se configura o toma la forma de una letra C (caso bahías) o como una letra J (caso ensenadas) cómo indica estudios del IMARPE (2006, 2010,

2013), las corrientes superficiales marinas se orientan en sentido contrario (Figura 16). Las corrientes marinas en la bahía Callao registraron velocidades entre 5 y 10 cm/s; influenciadas por la configuración marina costera y la presencia de la Isla San Lorenzo que les dan el carácter de aguas tranquilas. También influyen en las características de la bahía de las aguas costeras frías que ingresan al puerto y la descarga de los ríos Rímac y Chillón especialmente en la época de verano (IMARPE 2002).

En el verano (marzo 2006), las corrientes en la capa superficial presentaron velocidades entre 0,3 y 19,5 cm/s con un promedio de 8,8 cm/s, con los menores valores en la zona central de la bahía, y las más altas (>15 cm/s) al lado occidental de la Isla san Lorenzo y frente a la Refinería La Pampilla. La dirección de las corrientes presentó

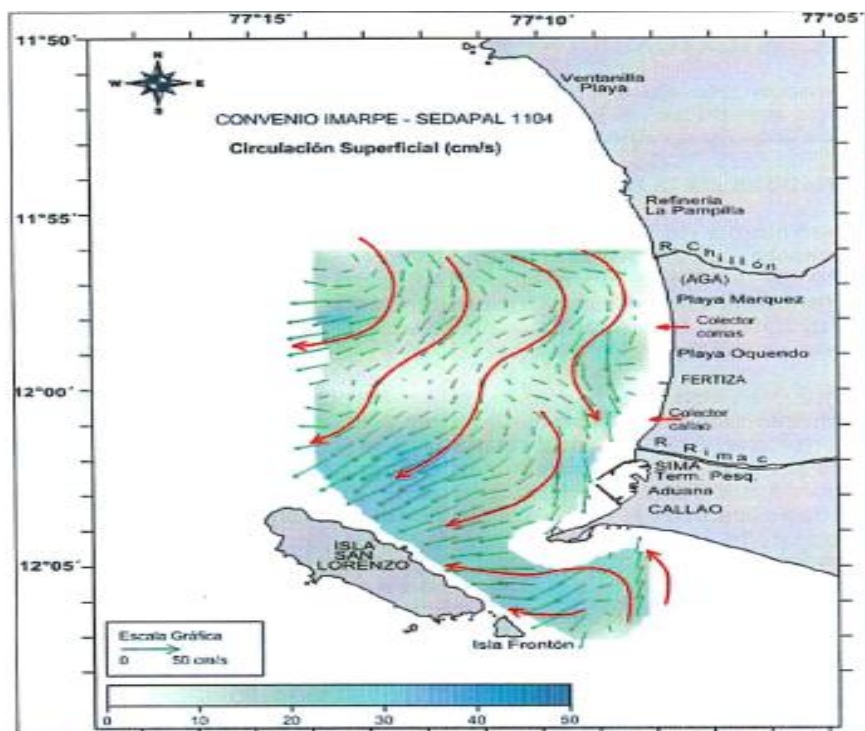


Figura 15. Corrientes marinas superficiales de la bahía Callao.  
Fuente: Gobierno Regional del Callao (2013)

Características muy diferenciadas: un predominio de flujos (Flujos del SE y SW)

entre moderados a fuertes que se alejan de la costa por fuera de las 4 millas náuticas (7,2 km) y flujos débiles (con dirección NW y NE) dentro de las 4 millas náuticas. Cerca del fondo la circulación fue muy similar al intermedio con flujos ligeramente menos intensos.

En invierno (setiembre 2006) la circulación marina mostró cambios sustanciales respecto a marzo. Al norte de la playa Oquendo, dentro de las 7 millas náuticas se observaron flujos predominantes al norte; los flujos con menores intensidades se mantuvieron en la zona central de la bahía como el verano y los de mayores velocidades al norte del río Chillón (Figuras 16). En la Figura 17 se observa las corrientes de superficie en el 2002 y 2006; y en la Figura 18 las corrientes de fondo en los mismos años.

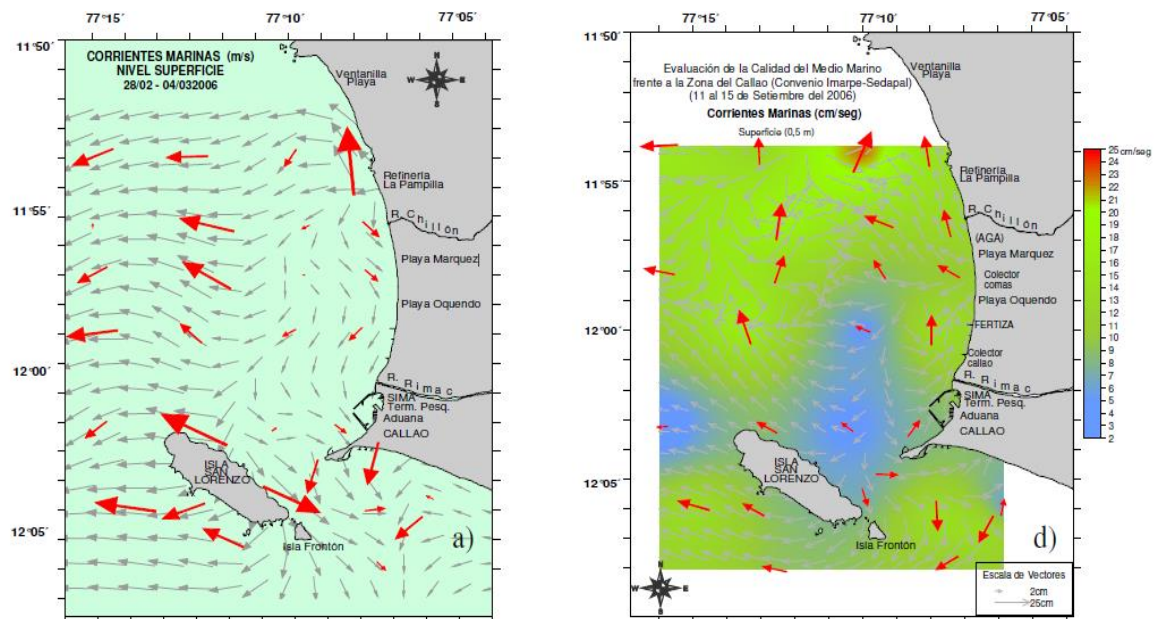


Figura 16. Corrientes marinas superficiales en la Bahía Callao.

Fuentes: Convenio IMARPE (2006).

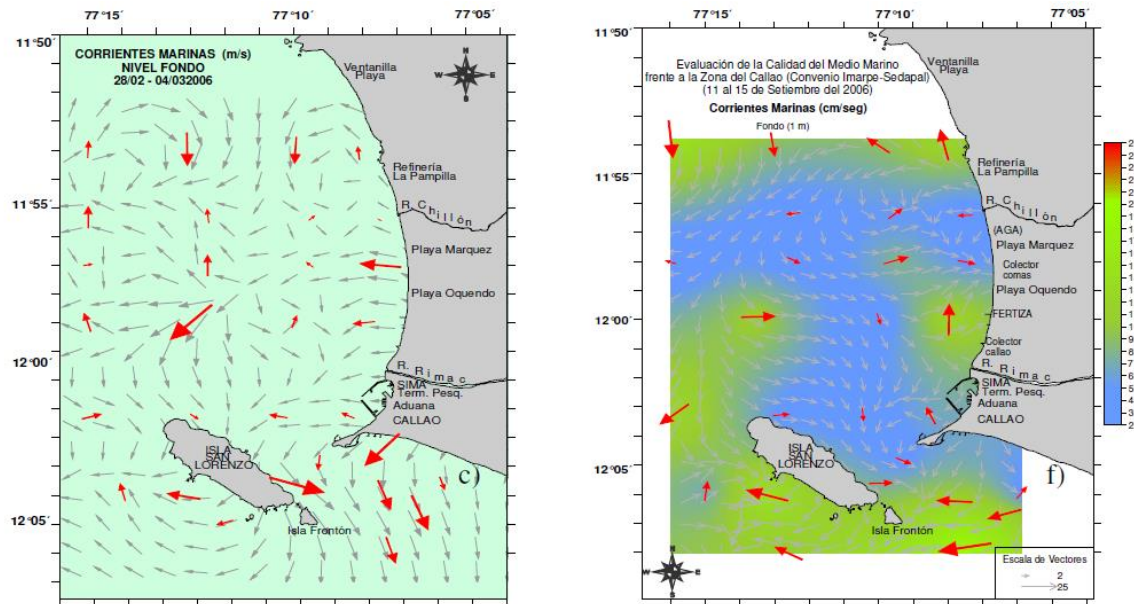


Figura 17. Corrientes marinas de fondo en la Bahía Callao 2002 y 2006.

Fuentes: Convenio IMARPE – SEDAPAL 2006.

En diciembre 2010, entre los ríos Rímac y Chillón se registró flujos hacia el norte (comportamiento propio de la bahía) con velocidades débiles ( $< 10$  cm/s) frente al río Chillón y presencia de algunas vorticidades en el centro de la bahía frente a Fertiza. Asimismo, fuera de las 4 millas náuticas registró flujos con dirección hacia el Nor-oeste incrementando su intensidad a moderado ( $> 20$  cm/s).

En diciembre 2010, en el área entre los colectores Comas y Callao, IMARPE registró intensidades débiles de corrientes por lo que la pluma de la descarga no tuvo mayor cobertura dentro del área de estudio.

Asimismo, las condiciones halinas reflejaron presencia de aguas costeras frías (ACF), con extensas áreas de aguas de mezcla durante el verano como consecuencia del incremento de la descarga de aguas continentales, asociadas al régimen de lluvias en la sierra. Destacaron corrientes fuertes hacia el norte durante el invierno que provocaron ingreso a la bahía de aguas frías; en cambio, durante el verano las corrientes son débiles en

el centro de la bahía, no contribuye a la dispersión de los sólidos en (marzo, 2006 y abril 2010). Sin embargo, el presente monitoreo mostró condiciones ligeramente distintas a los anteriores, presentándose un ambiente frío con presencia de ACF y pequeñas áreas de mezcla cerca de la costa asociado al evento La Niña 10-11 frente a las costas peruanas.

La circulación marina registró flujos de moderados a fuertes, fuera de las 5.5 km (3 mn) y débiles en el centro de la bahía y cerca de la costa. Todos los vectores indicaron tendencia general hacia el norte y Nor-oeste (Figura 19).

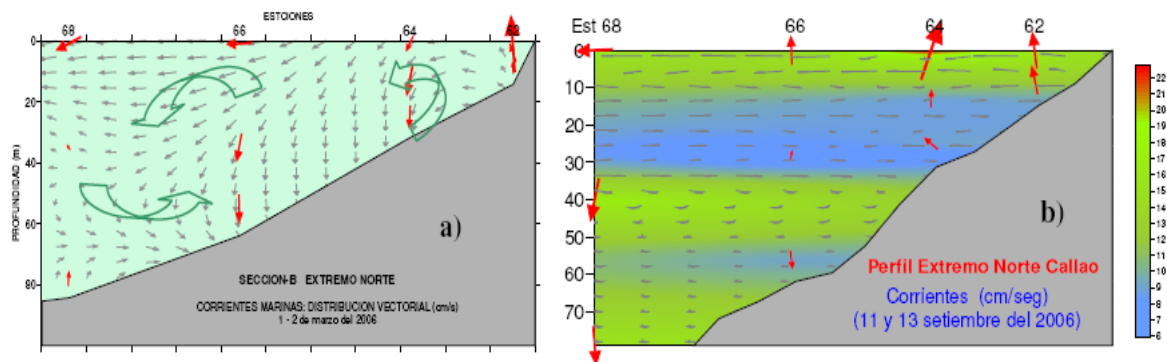


Figura 18. Comportamiento de la corriente marina a nivel vertical.

Fuente: IMARPE (2006).

#### 5.1.4. Vientos

Por influencia de los vientos norte sobre las corrientes marinas superficiales, las capas superficiales del agua de mar con bajas salinidades en el verano 2006, se desplazaron hacia el sur de la bahía, conjuntamente con los residuos sólidos de las márgenes del río Rímac (IMARPE, 2006). En el invierno los vientos presentaron intensidades débiles en la mayor parte de la bahía, y con ello en la capa próxima la superficial oscilaron entre 0,5 y 8 m/s con un promedio de 2,39 m/s. Los vientos con menores intensidades se localizaron en una amplia franja de la zona central del área de muestreo.

### **5.1.5. Principales actividades del área marina**

La actividad industrial a nivel nacional, hasta la década de los años 80 tuvo un desarrollo significativo; particularmente en Lima Metropolitana donde se concentró el 60%, lo cual se reflejó en la calidad de las aguas industriales cuya relación  $DBO_5/DQO$  indicador de la capacidad de biodegradabilidad alcanzó un valor de 0.3, siendo lo recomendable  $> 0.6$ ; para que el agua residual pueda recibir un tratamiento como agua residual doméstica.

Las principales actividades en la bahía Callao son: la actividad portuaria, como la más importante del país, que tiene lugar al sur del río Rímac; se desarrolla también actividades pesqueras particularmente desembarque para la fabricación de harina de pescado y conservas; actividades que habrían declinado entre otros factores por la calidad del agua de mar para el bombeo de la materia prima hacia las plantas ubicadas a nivel de playas, entre los ríos Rímac y Chillón, a ello se suman otras diversas industrias químicas. También en terrenos ganados al mar se han instalado varios Asentamiento Humanos, y la línea de playa aún se siguen siendo utilizadas como botaderos de residuos diversos especialmente sólidos y basura. La pesca deportiva es limitada y la recreación en las playas de Ventanilla, tiene lugar curso arriba de la corriente marina después del río Chillón.

Actualmente, la bahía también es utilizada como receptora de un caudal de 14000 l/s de las aguas residuales tratadas de la población metropolitana ubicada en la zona centro y norte de la ciudad, a los cuales se suman los efluentes industriales pesquero; así como las descarga de las aguas residuales no domésticas a la red de alcantarillado en el marco de lo facultado por el Decreto Supremo N° 021-2009-Vivienda.



## 5.2 Características del agua del mar antes del saneamiento

La bahía Callao ha venido recibiendo por décadas la descarga de las aguas residuales sin ningún tratamiento de los grandes colectores: Comas (3 m<sup>3</sup>/s), Callao (2.8 m<sup>3</sup>/s), Centenario (2.7 m<sup>3</sup>/s) en la bahía Callao y Colector N° 6 (3 m<sup>3</sup>/s) a través del río Rímac. Así también se disponía la bahía Miraflores, las aguas residuales del emisor Costanero (3 m<sup>3</sup>/s) y La Chira (5 m<sup>3</sup>/s) generando una serie de efectos negativos, referidos en antecedentes (Figura 20).

El proyecto PROMAR (Proyecto Manejo de aguas residuales para Lima Metropolitana), entre los años 1995 y 1996, cuando Lima Metropolitana contaba con un estimado de 7 millones de habitantes, a través de la empresa Parsons Engineering Science (1996) caracterizó los referidos colectores (Tabla 18), encontrando: Sólidos suspendidos entre 206 y 417 mg/L, DBO<sub>5</sub> entre 149 y 341 mg/L, DQO entre 655 y 981 mg/L, aceites y grasas entre 44 y 77 mg/L y coliformes fecales entre 2.07x10<sup>7</sup> y 2,98x10<sup>7</sup> NPM/100 ml.

Tabla 18. Características del agua residual descargada a Bahía Callao. Junio - julio 1995

Parámetros	Unidades	Colectores				Promedio
		Comas	Centenario	Costanero	N° 6	
<b>Bacteriológicos</b>						
Coliformes totales	NMP/100 ml	2,09E+07	2,84E+07	2,48E+07	5,75E+07	32900000
Coliformes fecales	NMP/100 ml	1,40E+07	1,92E+07	1,40E+07	2,98E+07	19250000
Estreptococos fecales	NMP/100 ml	1,12E+07	5,54E+07	8,06E+07	1,82E+07	41350000
<b>Carga Orgánica</b>						
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l	215	243	149	341	237
Demanda química de oxígeno	mg/l	714	815	655	981	791

<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Colectores</b>				<b>Promedio</b>
Aceites y Grasas	mg/l	47	51	44	77	54,8
<b>Nutrientes</b>						
Nitrógeno Total	mg/l	45	50,2	38,4	54,2	47,0
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	37,4	37,2	31	43,2	37,2
Nitritos	mg/l	0,15	0,016	0,19	0,016	0,093
Nitratos	mg/l	7,4	0,3	1,46	0,38	2,39
Fósforo Total	mg/l	8	9,1	7,2	10,6	8,73
<b>Metales</b>						
Arsénico(Ar)	mg/l	0,154	0,096	0,018	0,044	0,078
Cadmio (Cd)	mg/l	0,014	0,014	0,013	0,018	0,01475
Zinc (Zn)	mg/l	0,67	0,51	0,39	0,43	0,5
Cobre (Cu)	mg/l	0,45	0,12	0,05	0,13	0,1875
Cromo Total (Cr)	mg/l	0,06	0,37	0,02	0,84	0,3225
Hierro (Fe)	mg/l	1,4	2,47	1,44	2,11	1,855
Manganeso (Mn)	mg/l	0,066	0,066	0,032	0,058	0,0555
Mercurio (Hg)	mg/l	0,0005	0,0008	0,0007	0,0003	0,000575
Níquel (Ni)	mg/l	0,02	0,02	0,03	0,02	0,0225
Plata (Ag)	mg/l	0,03	0,03	0,018	0,033	0,0278
Plomo (Pb)	mg/l	0,17	0,22	0,22	0,19	0,2
<b>Otros Inorgánicos (I)</b>						
Alcalinidad total	mg/l	261	257	220	286	256
Dureza Total	mg/l	444	322	309	370	361,25
Cloruros	mg/l	127	126	81	199	133,25
Sulfatos	mg/l	321	233	221	254	257,25
Sólidos Totales	mg/l	1183	1129	1046	1460	1204,5
Sólidos Suspendidos	mg/l	206	255	282	417	290
Sólidos Sedimentables	ml/l.hora	4,3	4,6	4	8,1	5,25
Hidrocarburos en agua	mg/l	2,7	2,5	1	3,6	2,45

Fuente: Parsons (1996): Proyecto manejo de aguas residuales para Lima Metropolitana (PROMAR)

Así también, concentraciones de metales y otros elementos como detergentes, sulfatos, cloruros, arsénico, cobre, cadmio, cromo, mercurio, níquel, plomo, hidrocarburos y otros; características que las calificaron como aguas residuales de moderadas a fuertes.



Figura 19. Descarga de colectores de aguas residuales en bahías Callao y Miraflores 1999.

Fuente: Proyecto PROMAR – SEDAPAL, 1996.

### 5.2.1. Temperatura

En el verano 2006, la temperatura en la bahía, a nivel de superficie registró valores entre 16,8 y 22,5 °C con un promedio de 19,10 °C; y en el fondo condiciones térmicas más frías fluctuando entre 14,0 y 17,3°C, con un promedio de 15,42°C. En el invierno mostró un rango de 15,9 a 18,7 °C también con distribución homogénea y valores menores de 17 °C (Figura 21).

A un metro del fondo, las temperaturas fluctuaron entre 13,01 y 13,90°C con un promedio de 13,31°C, más frías y más homogéneas con respecto a las registradas en el monitoreo de septiembre del 2006, en toda el área de estudio excepto frente a la playa Carpayo (bahía de

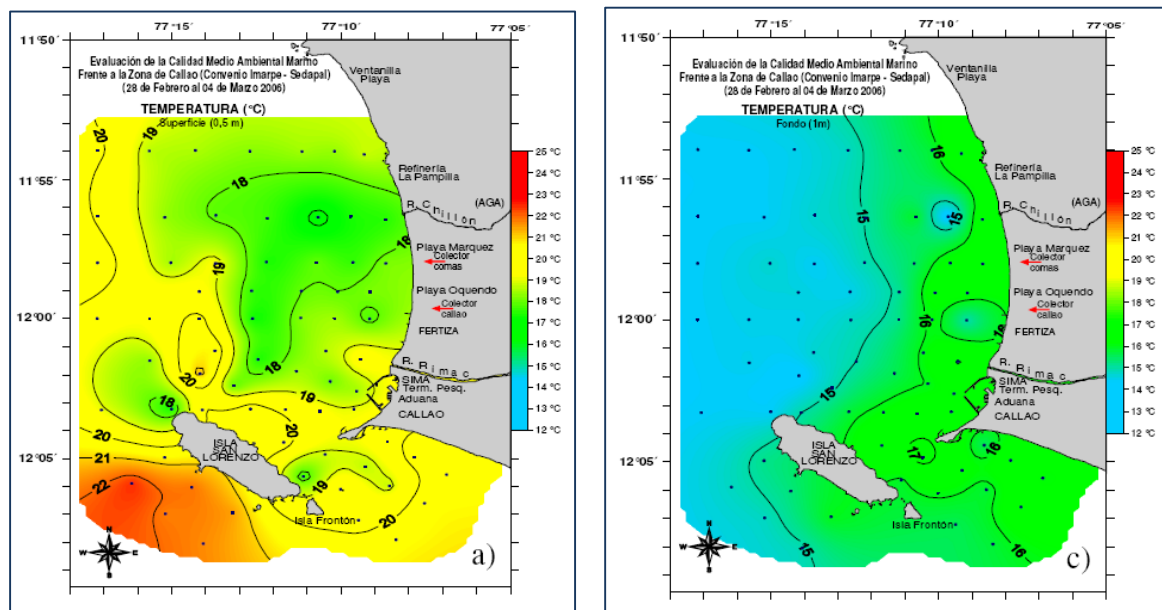


Figura 20. Distribución de temperatura superficial bahía Callao en verano (a), invierno (c) 2006.

Miraflores) donde se elevó ligeramente la temperatura.

Fuente: IMARPE (2006).

### 5.2.2. Potencial de iones Hidronio (pH)

En marzo 2006, el pH en superficie varió de 7,41 a 8,30 (Figura 22), con un promedio de 7,85, con los valores más elevados asociados a mayores temperatura y oxígeno disuelto; con los menores valores frente a playas comprendidas entre los ríos Rímac y Chillón.

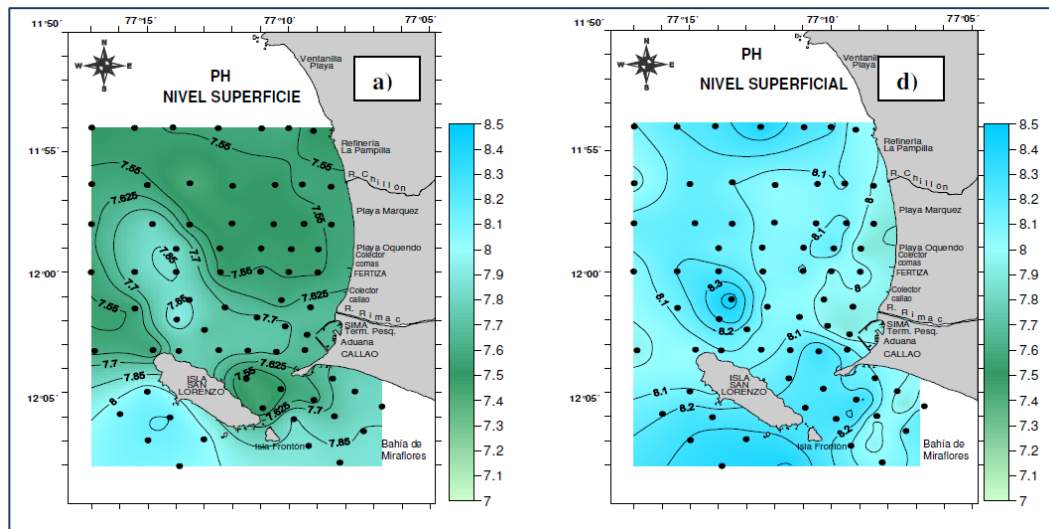


Figura 21. Distribución de pH superficial bahía Callao verano (a), invierno (d) 2006.

Fuente: IMARPE (2006).

### 5.2.3. Oxígeno disuelto (OD)

En el verano 2006 el agua de mar superficial registró valores entre 0,49 y 11,61 mg/L con un amplio predominio de concentraciones entre 2,5 y 5,0 mg/L; sin embargo frente a la zona costera valores < 2,5 mg/L, relacionados al consumo de oxígeno por la degradación de la materia orgánica proveniente de desechos sólidos vertidos en el litoral, con un mínimo de 0,49 mg/L frente a la playa Márquez. En invierno el oxígeno fluctuó entre 0,99 y 12,33 mg/L con amplio predominio de valores entre 5 y 7,5 mg/L; con el valor mínimo frente a la playa Oquendo (Figura 23).

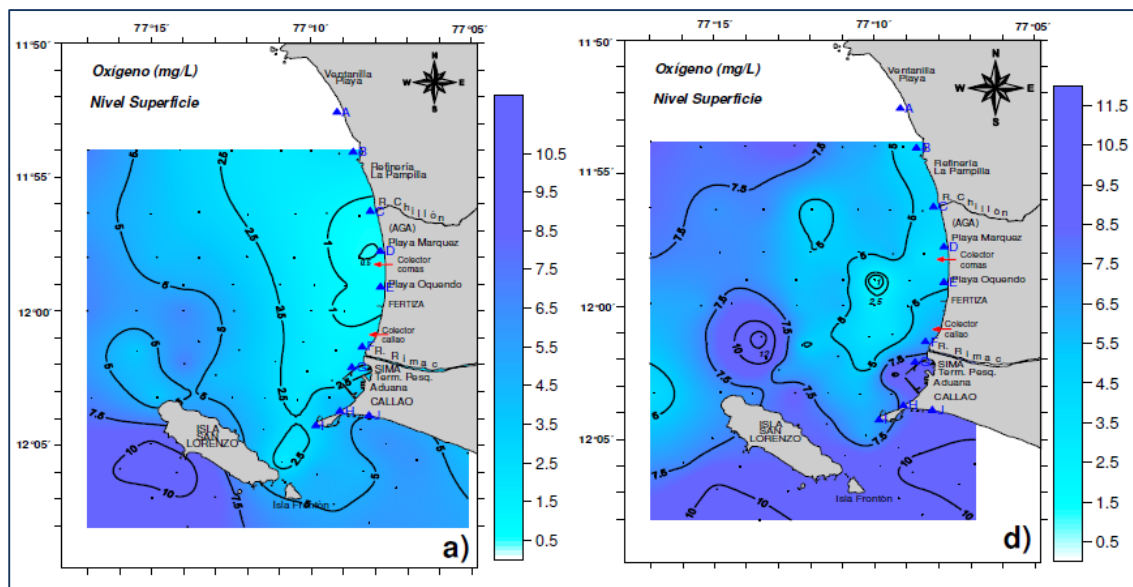
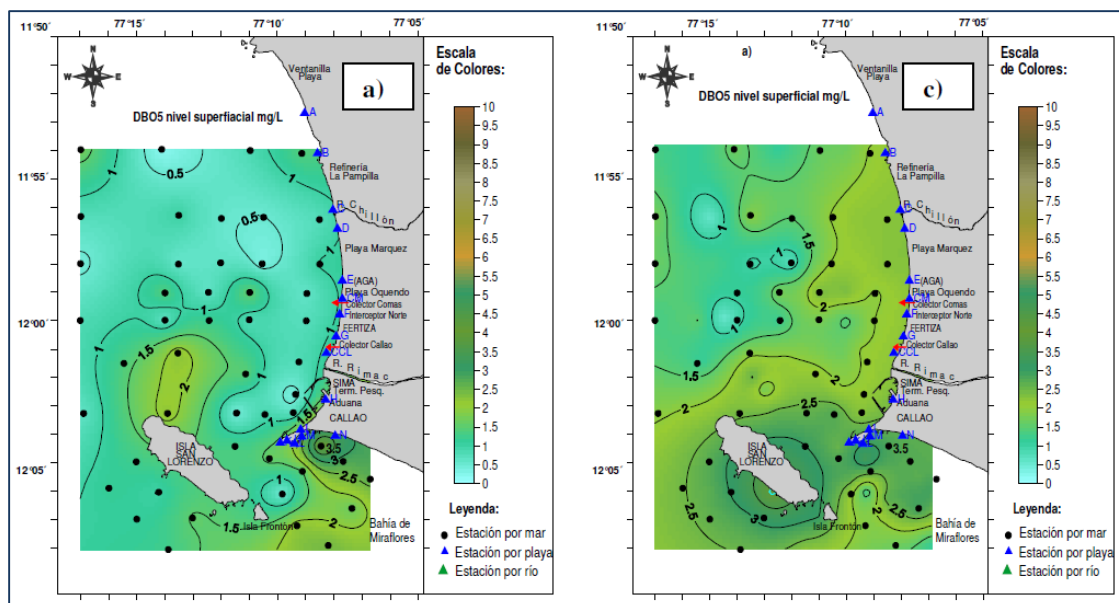


Figura 22. Distribución de Oxígeno superficial - bahía Callao, verano (a), invierno (d) 2006.

Fuente: IMARPE(2006).

### 5.2.4. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

En marzo 2006, los valores de DBO<sub>5</sub> fueron bajos (1,41 a 13,10 mg/L, con el máximo frente al colector Comas, donde superó el límite permisible de 10 mg/L establecido por la Ley General de Agua (LGA), para los diferentes usos del agua de mar.



En la estación situada a 800 m frente a la desembocadura del río Chillón se registró 9,6 mg/L (Figura 24).

*Figura 23.* Distribución DBO<sub>5</sub> superficial bahía Callao, verano (a) e invierno (c) 2006.

Fuente: IMARPE (2006).

En abril 2011, la DBO<sub>5</sub>, por mar varió de 1,00 a 15,93 mg/L y por playa entre 1,00 y 64.96 mg/L; con valores máximos en la zona de influencia de los colectores Callao y Comas, sobrepasando el valor de 10 mg/L establecido por el ECA, para Agua Categoría 2: Actividades Marino Costeras.

#### **5.2.5. Sulfuros de hidrógeno (H<sub>2</sub>S)**

En abril 2011, Martínez reportó un rango de concentraciones desde 0.3475 mg/L hasta 0.0137 mg/L con una media de 0.1264 mg/L, correspondiendo a la estación 20 (0.3475 mg/L) la más alta, superando ampliamente el ECA de aguas en su categoría 4 (0.06 mg/L), catalogándola como contaminado. A nivel de playa, la concentración máxima fue 0.7950 mg/L y la mínima 0.0016 mg/L, con una media de 0.0708 mg/L, ubicando en cercanías del Muelle Callao Pescador valores de 0.795, 0.2095 y 0.1351 mg/L, que superaron lo establecido por el ECA de aguas en su categoría 4 (0.06 mg/L).

#### **5.2.6. Aceites y grasas**

Martínez en abril 2011 (IMARPE) registró concentraciones de 2,8 frente a la playa Oquendo Márquez; a nivel de playa en la misma área registró valores entre 21,4 y 0,2 mg/L, superando la categoría 4 (Figura 25).

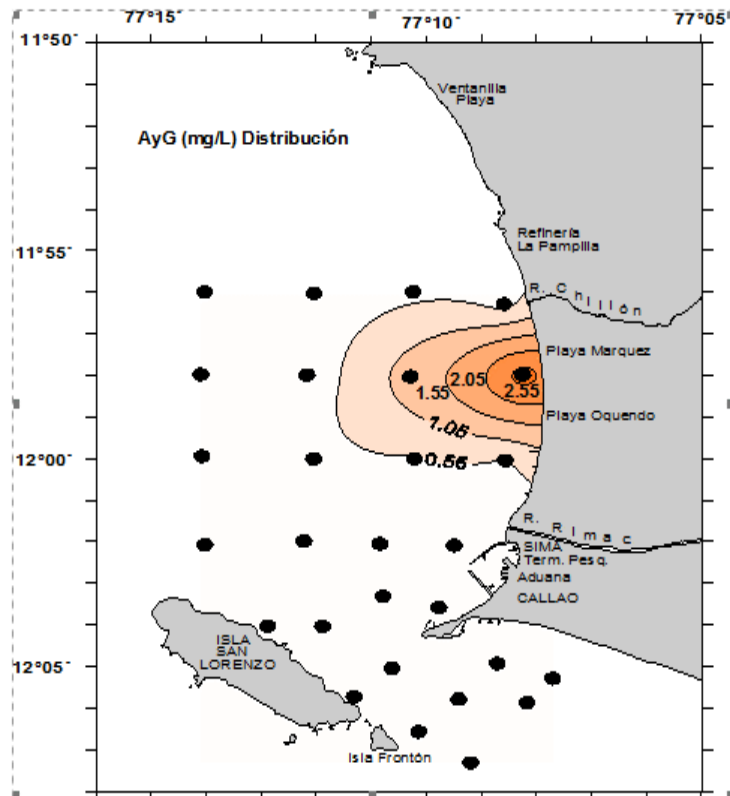


Figura 24. Aceites y grasas en playa - bahía Callao.

Fuente: IMARPE, 2011.

### 5.2.7. Sólidos suspendidos totales (SST)

En marzo 2002, los SST a nivel superficial varió de 4,31 a 267,31 mg/L, con un promedio de 33,88 mg/L; con el valor más bajo frente a la isla San Lorenzo, y el más alto frente a la desembocadura del Colector Comas, única concentración que superó el límite permisible de 100 mg/L de la LGA. Las mayores concentraciones se encontraron muy cerca de la costa entre el río Chillón y la playa Márquez. A nivel de fondo (3,23 a 59,68 mg/L, promedio de 24,0 mg/L) el mínimo frente a la isla San Lorenzo, y los mayores valores frente al terminal portuario del Callao.

En el verano 2006 los SST presentaron valores entre 22,5 y 37,5 mg/L en casi toda el área, tanto en el verano como en el invierno 2006, denotando el ingreso de SST procedente de la bahía Miraflores (Figura 26).



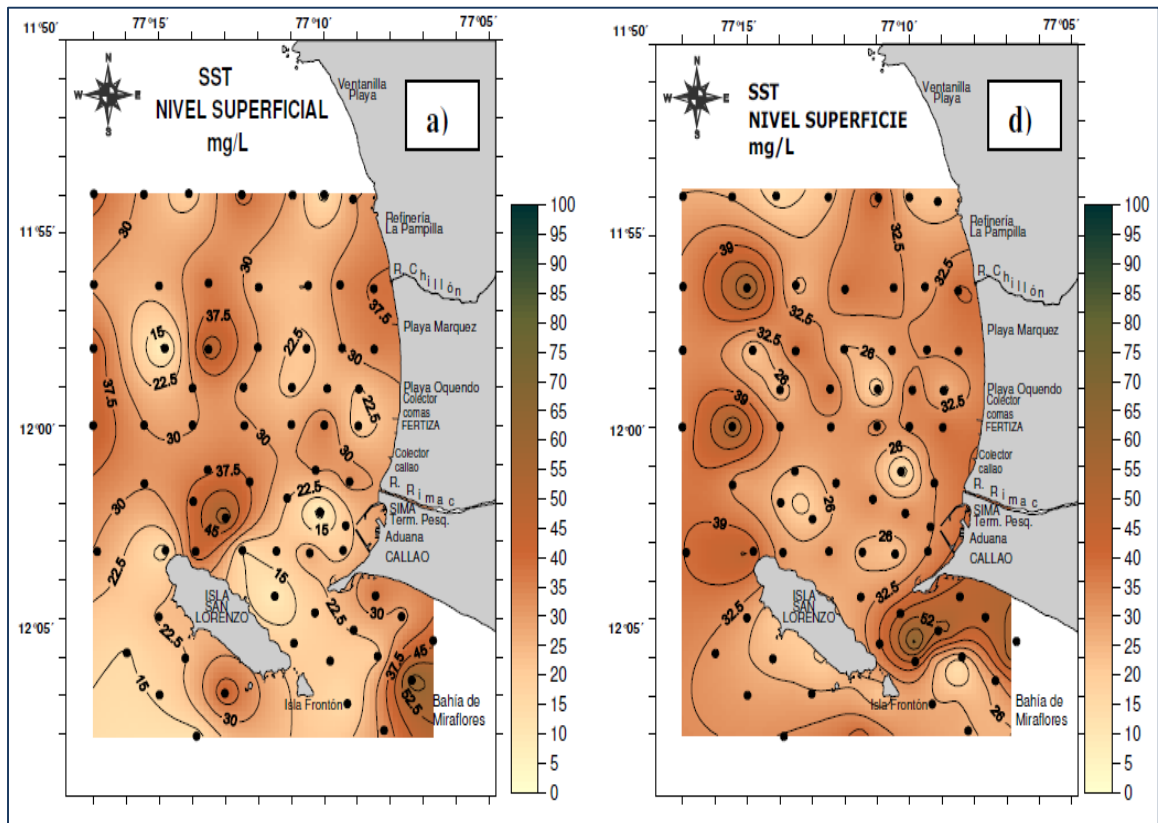


Figura 25. Distribución de SST superficial bahía Callao, verano (a), invierno (d) 2006.

Fuente: IMARPE (2006).

### Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ).

En el verano 2006, en superficie se distribuyeron en forma irregular con concentraciones de 0,00 a 4,36  $\mu\text{mol/L}$  (0.26 mg/L), que disminuyeron hacia el fondo debido a una mayor de nitrificación. En invierno 2006, en superficie y en el fondo presentaron distribución irregular entre 3,16 y 24,65  $\mu\text{mol/L}$ , destacando valores menores en el Callao (Figura 27).

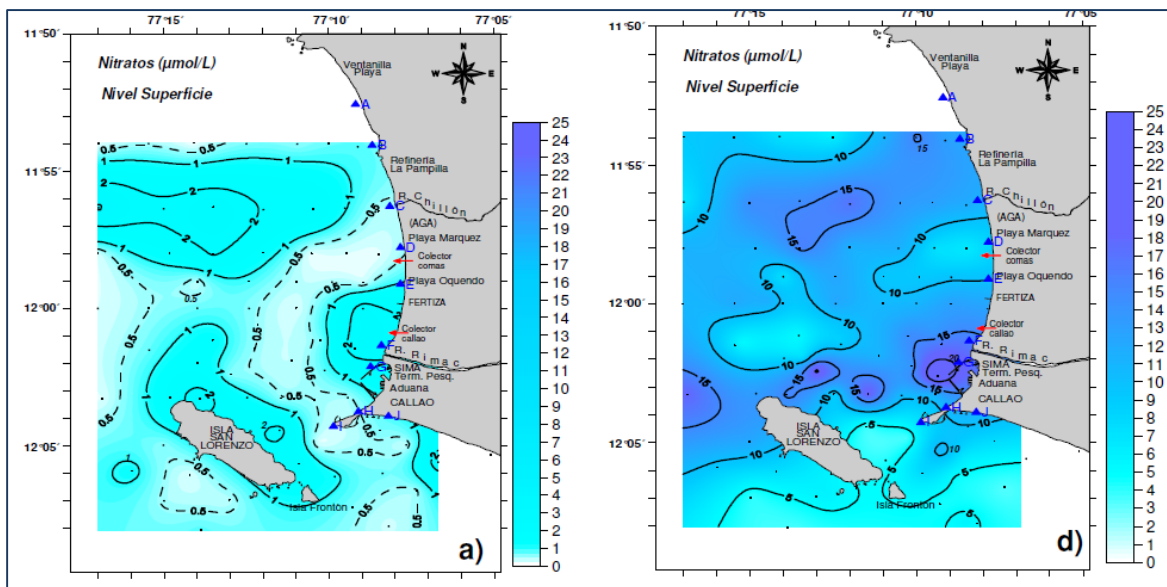


Figura 26. Distribución de  $\text{NO}_3^-$  superficial bahía Callao, en verano (a), invierno (d) 2006.

Fuente: IMARPE (2006).

### 5.2.8. Nitritos ( $\text{NO}_2^-$ )

En el verano (marzo 2006) los nitritos variaron de 0,0 a 2,43  $\mu\text{mol/L}$  en superficie, con núcleos de mayores valores frente al río Rímac. En invierno (setiembre 2006) varió entre 0,02 y 5,02  $\mu\text{mol/L}$  en superficie y en el fondo isolíneas hasta 4  $\mu\text{mol/L}$  (Figura 28).

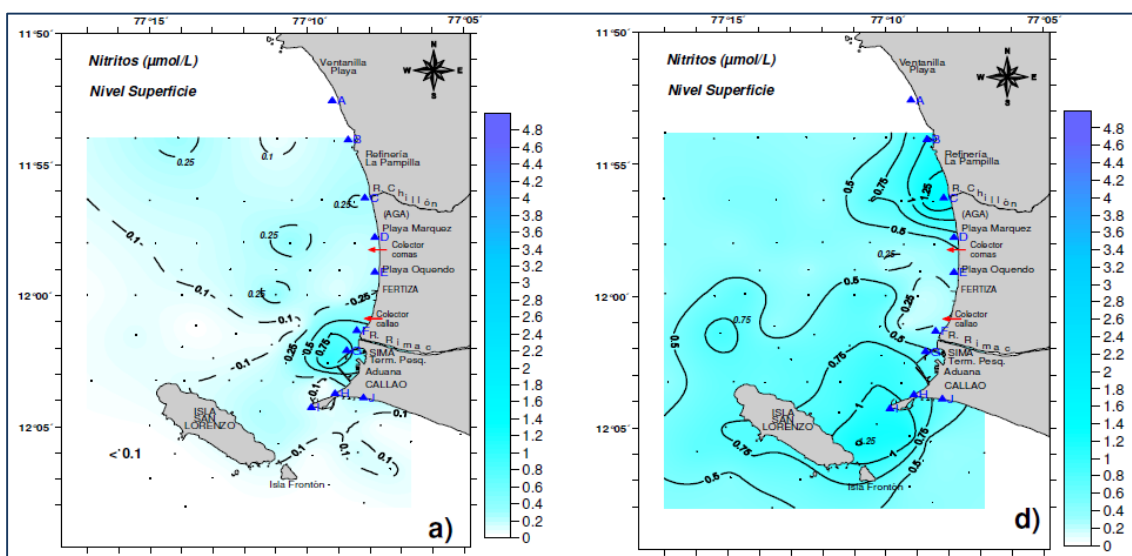


Figura 27. Distribución de nitritos superficial bahía Callao, en verano (a) e invierno (d) 2006.

### **5.2.9. Fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ )**

En el verano 2006, los fosfatos en la superficie del mar presentaron concentraciones de 2,0 a 2,5  $\mu\text{mol/L}$ , con los valores más elevados entre el Terminal Pesquero y la Playa Márquez, con isolíneas de 3 a 5  $\mu\text{mol/L}$ , valores que disminuyeron hacia mar afuera entre 1 y 2  $\mu\text{mol/L}$ ; en el fondo se registró un valor máximo de 4,41  $\mu\text{mol/L}$  frente a la zona de Fertiza (Colector Bocanegra). En invierno 2006, en superficie presentaron núcleos de 2 a 2,5  $\mu\text{mol/L}$  en la zona costera disminuyendo hacia mar afuera.

### **5.2.10. Salinidad**

En el verano de 2006, la capa superficial presentó concentraciones halinas entre 28,938 y 35,155 ups (unidades prácticas de salinidad) con un promedio de 34,682 ups, predominando aguas de mezcla de muy baja salinidad en casi toda la zona de estudio (Figura 29), asociado a descargas de aguas superficiales (ríos) y vertimiento de las aguas residuales (colectores).

En invierno 2006, la salinidad en la capa superficial varió entre 34,768 y 35,074 ups con un promedio de 34,998 ups mostrando un menor rango de variación. También registró la influencia de Aguas Subtropicales Superficiales (ASS).

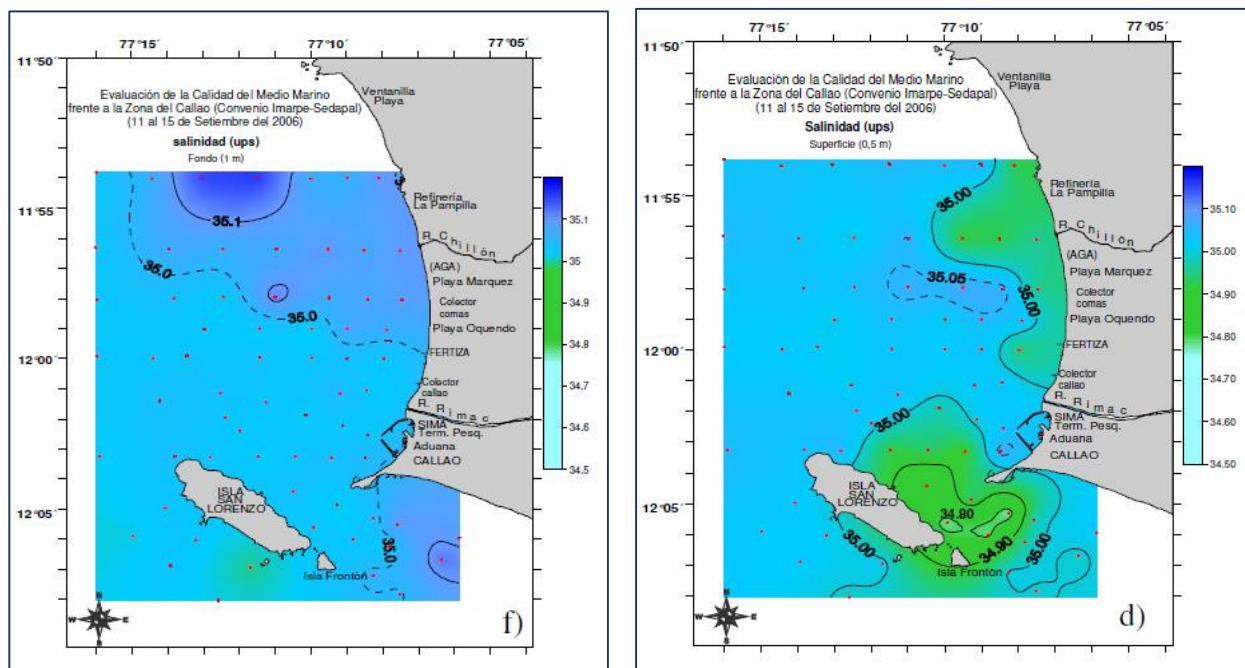


Figura 28. Distribución de salinidad en bahía Callao en superficie (d) y fondo (f) 2006.

Fuente: IMARPE, 2006.

### 5.2.11. Coliformes termotolerantes o fecales

En el verano 2006 los Coliformes termotolerantes registraron un foco de concentración de  $4,5 \times 10^5$  NMP/100 ml frente a la playa FERTIZA. En invierno 2006, fluctuaron entre  $<30$  y  $2,4 \times 10^4$  NMP/100 ml, sobrepasando en ambos periodos los límites establecidos para las clases V y VI de la Ley General de Aguas (Figura 30).

Los estreptococos en el verano 2006 registró un foco de 150 000 NMP/100 ml frente a la playa FERTIZA que recibían las descargas del Colector Callao (Sarita Colonia y Acapulco), así como las filtraciones del Bocanegra. En el invierno focos dispersos  $< 2,4 \times 10^4$  NMP/100ml frente a los ríos Chillón y Rímac, para los que la Ley General de Aguas para las clases IV y V no tenía referencia.

En abril 2011, la contaminación microbiológica de la bahía del Callao, frente a la zona comprendida entre Oquendo y Márquez, hasta las 2 millas (3600 m) de la línea de costa, los Coliformes totales y termotolerantes por mar variaron de 2 a 1,6 x 10<sup>6</sup> NMP/100 ml. sobrepasaron los ECA categoría 2. En línea de costa los Coliformes termotolerantes registraron hasta 2,7 x 10<sup>5</sup> NMP/100 ml; sobrepasando la misma norma que indica 1000 NMP/100 ml.

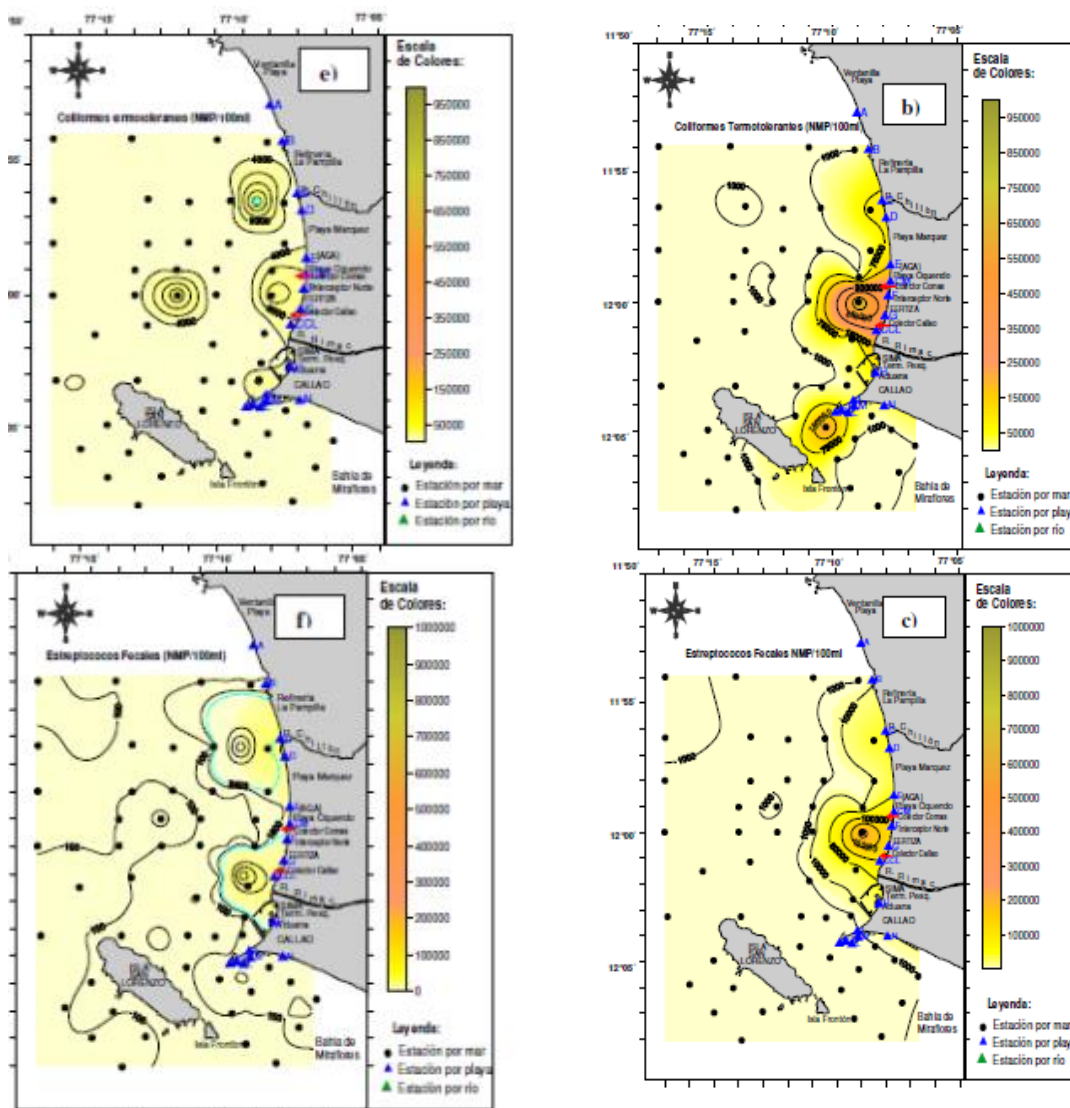


Figura 29. Coliformes y otros en superficie en bahía Callao, verano - invierno 2006.

Fuente: IMARPE, 2006.

La calidad microbiológica de los ríos Chillón y Rímac fue mala, por los altos contenidos de los Coliformes totales y termotolerantes, con valores máximos de  $8,0 \times 10^5$  y  $1,3 \times 10^5$  NMP/100 ml. Los estreptococos fecales también presentaron valores altos ( $9,0 \times 10^5$  NMP/100 ml). Todos los valores observados en estos cuerpos de agua sobrepasaron el ECA3 que norma la calidad de los ríos costeros en Perú (Figura 31).

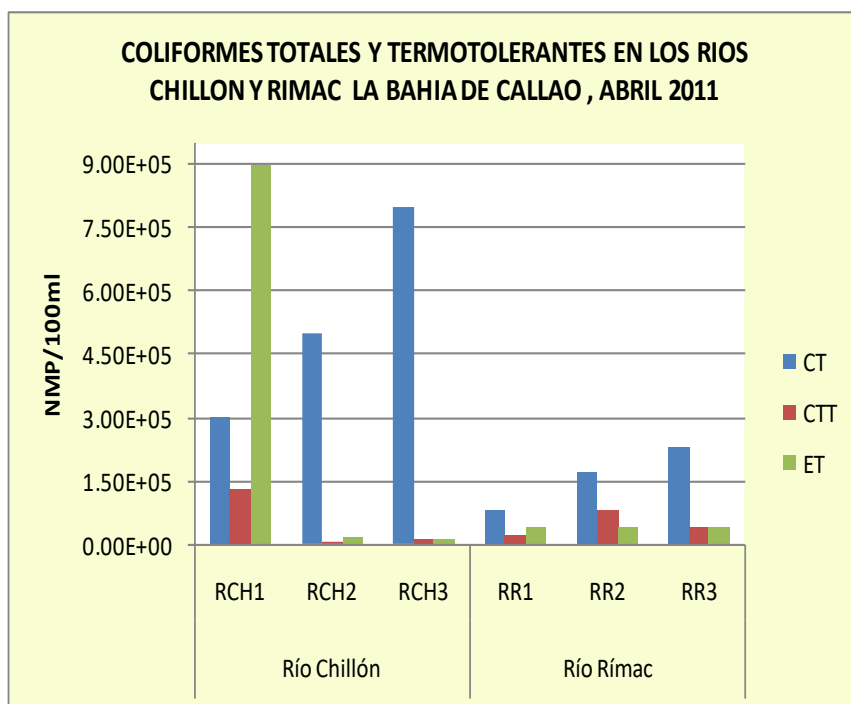


Figura 30. Coliformes en los ríos Chillón y Rímac 2011.

Fuente: IMARPE (2006).

### 5.2.12. Metales en el agua

En el verano del 2008, el cobre total alcanzó 0,0154 mg/L, que no superó los ECA de agua en la Categoría 2. El plomo total varió de 0,0007 a 0,0011 mg/L, valores por debajo de los ECA- agua. El hierro y el cadmio estuvieron por debajo del límite de detección del método.

En abril del 2010, el plomo total en superficie varió de 0,00111 a 0,00513 mg/L, no superó los ECA - Agua Categoría 4 (0,0081 mg/L). El Hierro total varió de <0,0004 a

0,00954 ug/L registrándose el valor más elevado en la estación 15 (frente a la boca del río Rímac).

### **5.2.13. Plancton Marino**

En el verano 2006, la especie de mayor abundancia y frecuencia fue el Copépodo *Arcatia tonsa*, especie que se presentó en todas las estaciones con un promedio de 21 422 ind./100 ml. Las mayores densidades se observaron en la zona sur y en la parte de norte de la Isla San Lorenzo. Otro grupo importante fue las larvas de poliquetos, que se presentaron en el 95% de las estaciones.

En el ictioplancton predominaron (50 %) huevos y larvas de anchovetas (*Engraulis ringes*), huevos de lisa (*Mugil cephalus*), larvas de la familia Sciaenidae y un grupo pequeño no determinado.

La comunidad macrobentónica presentó bajos valores de densidad, biomasa, número de especies e índices de diversidad, así como especies tolerantes y otras oportunistas, indican en mayor o menor grado el impacto de la contaminación sobre la estructura de la comunidad macrobentónica de fondo blando de la bahía Callao.

### **5.2.14. Calidad microbiológica de los organismos marinos**

En marzo 2002, los Coliformes Termotolerantes en la zona comprendida entre Ventanilla (Figura 18) y Fertiza (Figura 32) variaron de  $4 \times 10$  a  $2,0 \times 10^{11}$  NMP/100 mL, y los Estreptococos Fecales de  $9,0 \times 10^2$  a  $2,1 \times 10^{13}$  NMP/100 mL; el máximo se halló en la zona de mezcla con el colector Comas.

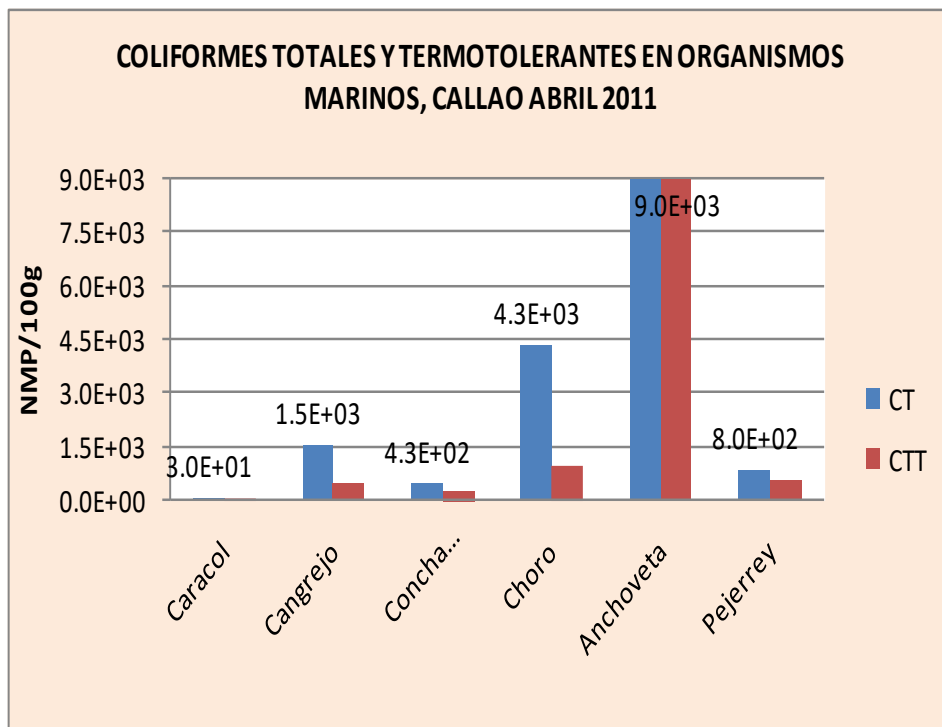


Figura 31. Coliformes en organismos marinos abril 2011.

Fuente: IMARPE 2011.

En abril 2011, el IMARPE registró altos niveles de contaminación microbiológica del agua de mar y sedimentos en la bahía del Callao, afectando la calidad de los organismos marinos destinados al consumo humano directo.

Así, los Coliformes totales y termotolerantes se registraron: en anchoveta (capturadas en la zona norte de la bahía del Callao) valores mayores de  $9,0 \times 10^3$  NMP/100 g; en choros  $4,5 \times 10^3$  NMP/100g y; cangrejos  $1,5 \times 10^3$  NMP/100g en la parte comestible. Menores valores se registraron en pejerrey y concha de abanico, pero todos sobrepasaron los valores límites establecidos por la norma de inocuidad de alimentos de la FAO para productos pesqueros y la norma de la Unión Europea para moluscos bivalvos.

También se registró bacterias patógenas como Salmonella sp E. coli en Cangrejo, Concha de abanico y Choro. En anchoveta y pejerrey se detectó E. coli y Estreptococos



fecales. El caracol colectado en la Isla San Lorenzo presentó una buena calidad microbiológica.

#### **5.2.15. Calidad microbiológica de los sedimentos marinos**

Texturalmente en el sedimento predomina el limo-arcilloso y arcilla que alcanzan zonas profundas hasta 6 km de la playa. Arcilla limosa entre La Punta y la Rada interior del puerto, arena arcillosa frente a la desembocadura de los ríos Rímac y Chillón, siendo notable el aporte de material terrígeno. Frente a la Pampilla, Ventanilla y al SE del Banco el Camotal, los sedimentos son predominantemente arenosos.

En el verano 2006 la fracción orgánica del sedimento estuvo conformada por restos de diatomeas (al microscopio) asociados a fangos sulfhídricos color verde grisáceo oscuro, con poliquetos y Thioploca (en algunos casos) en la zona central más profunda y alejada de la costa. Cerca de la Isla San Lorenzo se observó moluscos gasterópodos relacionados a sustratos arenosos o grava. En el invierno 2006, se observó mayor predominancia fangosa en el centro y arenosa cerca de la Isla San Lorenzo (IMARPE, 2006)

Entre el río Chillón y el río Rímac predominó sedimento fangoso (limo arcilla) asociado a niveles de oxígeno registró 0,5 mg/L, y concentraciones elevadas de Coliformes totales y termotolerantes en sedimentos marinos frente a Oquendo y frente al Rio Chillón; con los valores más altos en Márquez  $> 2,4 \times 10^4$  NMP /100 ml.

#### **5.2.16. Metales en los sedimentos marinos**

En marzo 2002, la mayor concentración de cadmio, plomo y cinc en sedimentos, se detectó dentro de la zona portuaria y de la zona industrial del Callao. En el caso del cobre, la concentración más alta de los sedimentos proviene del río Rímac (IMARPE, 2002).

El cadmio total ha tenido presencia en casi el 60% de la bahía, en concentraciones que superaron el nivel de riesgos de los valores guías de la tabla de Protección Costera de los United States (Figura 33).

En la Figura 34, también se presenta los niveles de arsénico registrados en la bahía Callao.

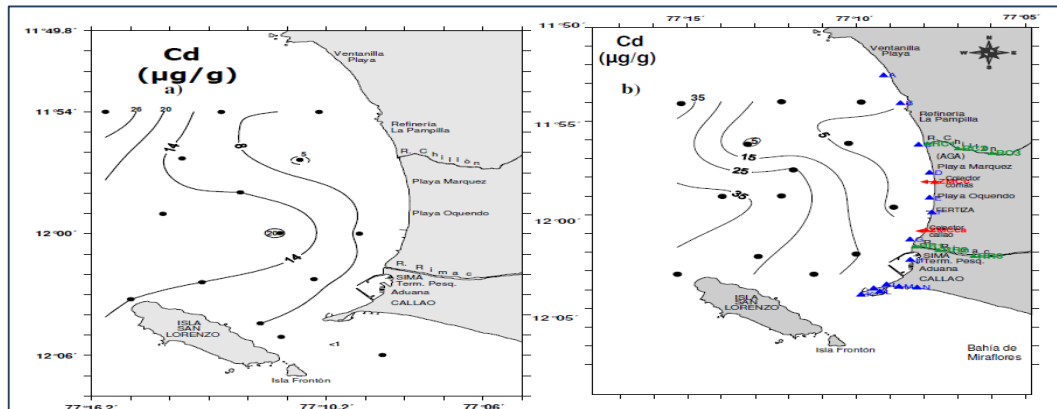


Figura 32. Distribución de cadmio en sedimento verano e invierno 2006 - bahía Callao.

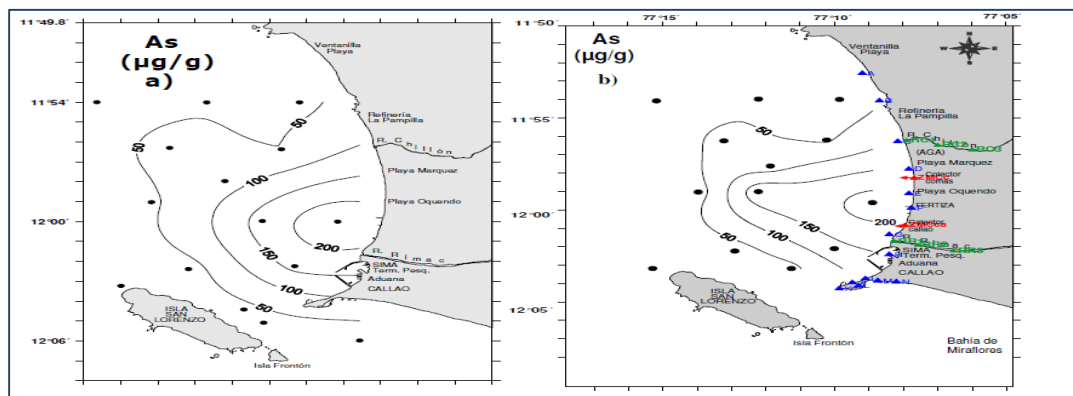


Figura 33. Distribución de arsénico en sedimento verano e invierno 2006 - bahía Callao.

Fuente: IMARPE (2006).

### 5.3 Características del efluente de la PTAR Taboada

#### 5.3.1. Características del agua residual que ingresa a la planta de tratamiento

El sistema de tratamiento preliminar mejorado en el marco del saneamiento con la implementación de la planta de Taboada, consistente en rejas y militamices genera un efluente, cuyo punto de control es el identificado como M-05A, según el 11vo informe de

Monitoreo trimestral (invierno 2016), con registros diarios durante los meses de agosto y septiembre de 2016 como se presenta en la Tabla 19. El efluente, presentó lo siguiente: aceites (63,3 mg/L), sólidos suspendidos totales (403 mg/L), DBO<sub>5</sub> (351 mg/L), DQO (863 mg/L), coliformes fecales (92 600 000 NMP/100 ml) que la califica como un agua residual fuerte, es decir de alta carga contaminante. La relación DBO<sub>5</sub>/DQO, indicador de la capacidad de biodegradabilidad del agua residual registró un valor de 0,41, por debajo del valor indicado >0,6 y que estaría relacionado a la presencia de metales, hidrocarburos, aceites entre otras sustancias que limita o restringe la capacidad de biodegradabilidad del agua residual.

Tabla 19. *Características del agua residual que ingresa a PTAR Taboada*

<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Afluente</b>
Temperatura	°C	19,9
Potencial de hidrógeno	Unid pH	7,22
Aceites y grasas	mg/l	63,3
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/l	351
Demanda química de Oxígeno (DQO)	mg/l	863
Sólidos sedimentables	mg/l	6,3
Sólidos totales suspendidos	mg/l	403
Nitrógeno amoniacal	mg/l	56,2
Nitrógeno Kjeldahl	mg/l	64,6
Fósforo total	mg/l	12,3
Coliformes fecales	NMP/100 ml	92 000 000
Coliformes totales	NMP/100 ml	98 000 000

Fuente: 11vo informe de monitoreo de PTAR Taboada S.A 2016.

### 5.3.2. Características del efluente de la PTAR Taboada

Sobre la calidad del efluente Taboada, la Resolución Directoral N° 036-2010-ANA-DCPRH (aprobada el 31/03/2010) estableció el compromiso ambiental de cumplir con lo siguiente: “*DBO<sub>5</sub> ≤ 500 mg/L, DQO ≤ 1000 mg/L, SST ≤ 250 mg/L, Aceites y grasas ≤ 70 mg/L, Coliformes Totales 1,0E+08 NMP/100 ml y Coliformes Fecales o termotolerantes 1,0E+08 NMP/100 ml*”.

Al respecto, MINAM (2010) aprobó el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM (del 24/03/2010) sobre Límites Máximos Permisibles para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales indicando: *DBO<sub>5</sub> ≤ 100 mg/L, DQO ≤ 200 mg/L, SST ≤ 150 mg/L, Aceites y grasas ≤ 20 mg/L, Coliformes Fecales o termotolerantes 10 000 NMP/100 ml*; sin embargo el ítem 3.2 del Art. 3 de este decreto supremo indica que “*Los LMP aprobados mediante el presente Decreto Supremo, no serán de aplicación a las PTAR con tratamiento preliminar avanzado o tratamiento primario que cuenten con disposición final mediante emisario submarino*” (MINAM, 2010); por ello se menciona en esta tesis como referencial.

Las características del efluente según los 9 monitoreos trimestrales (en adelante monitoreo trimestral) se presenta en la Tabla 20; y según los registros diarios de agosto y setiembre de 2016 (promedios diarios) se presenta en la Tabla 21.

Tabla 20. Calidad del efluente de PTAR Taboada - Promedios trimestrales 2014-2016

Parámetros	I TRIM 2014 (Dic -Mar) Verano 2014	III TRIM 2014 (Jul-Set) Invierno 2014	IV TRIM 2014 (Oct-Dic) Primavera 2014	I TRIM 2015 (Dic -Mar) Verano 2015	II TRIM 2015 (Abr -Jun) Otoño 2015	III TRIM 2015 (Jul -Set) Invierno 2015	IV TRIM 2015 (Oct -Dic) Primavera 2015.	II ITRIM 2016 (Enero -Mar) Verano 2016	II ITRIM 2016 (Jun-Ago) Invierno 2016	RD 0036 - 2010 - ANA DCPRH Compromiso	LMP 2010
Temperatura (°C)	23,2	20,1	20,9	22,23	23	22	21,93	23,2	21,6		<35
PH	7,3	7,43	7,25	7,24	7,51	7,56	7,53	7,3	7,2		6,5-8,5
DBO <sub>5</sub>	337	392	368	385	308	384	254,67	337	356	≤ 500	100
DQO (mg/L)	655	686	713	714	808	994	776	655	730	≤ 1000	200
SST (mg/L)	143	292	366	305,37	328	359,7	385,67	143	325	≤ 270	150
Aceites y grasas (mg/L)	24,7	33	39	35,67	48	55,6	67,83	24,7	64	≤ 70	20
Nitrógeno amoniacal			43,6	35,43	50,5	40,1	56,97		54		
Fósforo total	12,1							12,1	10,7	≤ 12	
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	2,47E+07	3,05E+07	7,03E+07	1,56E+07	8,53E+07	4,54E+07	6,57E+07	2,47 E+ 0,7	7,77E+07	≤ 1,00E+08	10000
Coliformes totales (NMP/100 ml)	5,40E+07	3,91E+07	5,80E+07	1,64E+07	1,83E+08	8,27E+07	1,34E+08	5,40 E+ 0,7	1,82E+08	≤ 1,00E+08	
Arsénico (mg/L)	0,008	0,056	0,048	<0,008	<0,90	<0,090	<0,90	0,08			
Cadmio (mg/L)	0,001	0,0013	0,0013	0,0016	0,0025	<0,0025	<0,0031	0,001			
Mercurio (mg/L)	0,003	0,0004	0,001	0,0009	0,0001	0,0001	0,00016	0,003			
Plomo (mg/L)	0,008	0,015	0,02	0,008	0,0167	0,031	0,041	0,008			
Cobre (mg/L)	0,057	0,1171	0,1987	0,1215	0,1355	0,17	0,166	0,057			
Cromo (mg/L)		0,0772	0,1095	0,0614	0,0851	0,19	0,1527				
Níquel (mg/L)	0,006	0,014	0,002	0,0125	0,0167	0,04	0,0413	0,006			
Zinc (mg/L)	0,27	0,4035	0,555	0,476	0,074	0,84	0,988	0,27			
LMP 2010: Límites máximos permisibles para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas residuales Domésticas o Municipales (PTAR) para el sector Vivienda, establecido mediante Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM de fecha 24 de marzo 2010.											
Compromiso: Ambiental según RD 0036-2010-ANA-DCPRH de fecha de marzo 2010											

Fuente: Elaboración propia con datos de los informes trimestrales de PTAR Taboada S.A.

### 5.3.2.1. Caudal del efluente o agua residual tratada

Los reportes de monitoreo del administrador de la PTAR Taboada no menciona el caudal; sin embargo según las Resolución Directoral N° 0036-2010-ANA-DCPRH de autorización del vertimiento Taboada, el caudal es de 14 000 l/s y según la Resolución Directoral N°173-2016-ANA- DGCRH, puede alcanzar hasta 20 000 l/s; es decir actualmente PTAR Taboada estaría trabajando aproximadamente al 70% de su capacidad instalada.

Tabla 21. Calidad de efluente de PTAR Taboada - Registro diario agosto/setiembre 2016

Mes	Dia	Temp °C	pH PH	SST (mg/l)	DBO5 (mg/l)	AyG (mg/l)	N-NH3 (mg/l)	Fosforo (mg/l)	Col. Fecales (NMP/100 ml)
trim 11 (Agosto 2016)	9	21,1	7,2	440	310	72,2	52,0	8,9	3,50E+07
	10	21,1	7,2	383	296	66,9	49,1	8,7	1,80E+07
	11	22,1	7,1	298	355	79,3	59,7	8,2	2,40E+07
	12	22,0	7,2	280	335	62,3	48,9	11,0	3,50E+07
	13	21,5	7,2	308	358	62,1	44,2	9,6	9,20E+07
	14	21,7	7,1	363	365	66,4	47,8	10,4	2,40E+07
	15	20,3	7,1	288	347	66,2	50,2	9,7	2,40E+07
	16	22,0	7,1	400	355	85,7	47,5	10,8	2,20E+07
	17	21,4	7,2	253	314	74,1	48,6	11,0	9,20E+07
	18	21,2	7,2	305	328	74,0	48,5	10,8	2,40E+07
	19	22,1	7,2	263	269	64,8	51,0	9,8	7,00E+07
	20	21,4	7,1	293	367	66,2	52,7	10,6	5,40E+07
	21	21,7	7,2	248	436	41,7	56,8	11,8	3,50E+07
	22	21,4	7,1	493	439	69,4	53,8	11,6	5,40E+07
	23	21,9	7,2	345	354	71,9	52,7	11,9	3,30E+07
	24	22,4	7,2	360	429	76,3	52,4	11,4	3,50E+07
25	21,7	7,2	323	339	61,5	46,7	11,6	5,40E+07	
26	21,3	7,2	343	370	59,9	50,2	11,9	3,50E+07	
27	21,7	7,1	393	453	69,4	54,4	13,1	3,50E+07	
28	21,4	7,3	400	418	88,9	71,0	12,7	5,40E+07	
29	22,1	7,2	298	367	54,9	69,6	11,1	3,50E+07	
30	21,4	7,2	350	343	64,1	60,3	9,0	7,00E+07	
31	22,0	7,1	415	380	69,4	68,2	11,6	5,40E+07	
trim 11 (Set 2016)	1	21,2	7,2	348	327	72,3	51,1	12,8	5,40E+07
	2	21,4	7,2	380	368	84,3	49,1	11,6	9,20E+07
	3	21,1	7,2	243	288	50,5	57,8	12,0	5,40E+07
	4	21,5	7,2	313	351	30,5	43,1	11,0	1,10E+07
	5	22,3	7,2	308	361	29,4	51,4	9,6	5,40E+07
	6	21,0	7,2	240	361	57,5	58,2	10,6	5,40E+07
	7	21,3	7,2	226	351	69,0	64,5	10,3	1,10E+07
	8	21,4	7,2	370	330	62,0	51,8	9,9	5,40E+07
	9	21,0	7,2	328	389	52,8	55,2	10,0	1,70E+07
	10	22,9	7,2	258	328	62,6	57,7	10,2	2,80E+07
	11	21,4	7,2	248	334	52,6	47,6	10,6	9,20E+07
	12	21,3	7,2	295	329	41,9	59,4	10,1	3,50E+07
	13	22,3	7,1	310	380	71,7	47,8	11,0	3,50E+07
	Max	22,9	7,3	493	453	88,9	71,0	13,1	9,20E+07
	MIN	20,3	7,1	226	269	29,4	43,1	8,2	1,10E+07
	Prom	21,6	7,2	325	356	64,0	53,6	10,7	4,44E+07
LMP - 2010		<35	6,5-8,5	150	100	20	-	-	10000
RD 36-2010-ANA-DCP		-	-	≤270	≤500	≤70	-	≤12	≤1,00E+08

Fuente: Tesista, con datos de PTAR Taboada S.A 2014 - 2016.

LMP 2010: Límites máximos permisibles para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas residuales Domésticas o Municipales (PTAR) para el sector Vivienda, establecido mediante Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM de fecha 24 de marzo 2010.

RD 0036-2010-ANA-DCPRH del 31 de marzo 2010 (Compromiso Ambiental)

### 5.3.2.2. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

El efluente Taboada, según la Tabla 20, registró una DBO<sub>5</sub> una media o promedio trimestral de 340 mg/L, con un máximo de 392 mg/L en el invierno de 2014 y un mínimo de 255 mg/L en primavera de 2015 (Figura 35).

En las mediciones diarias de los meses de agosto y setiembre 2016, el efluente presentó una media de 356 mg/l con una máxima 453 mg/L y una mínima de 269 mg/l (Figura 36). En ambos casos cumplió lo establecido en el compromiso ambiental o Resolución Directoral N° 036-2010-ANA-DCPRH ( $\leq 500$  mg/L), pero referencialmente no cumplió el LMP – 2010 ( $\leq 100$  mg/L).

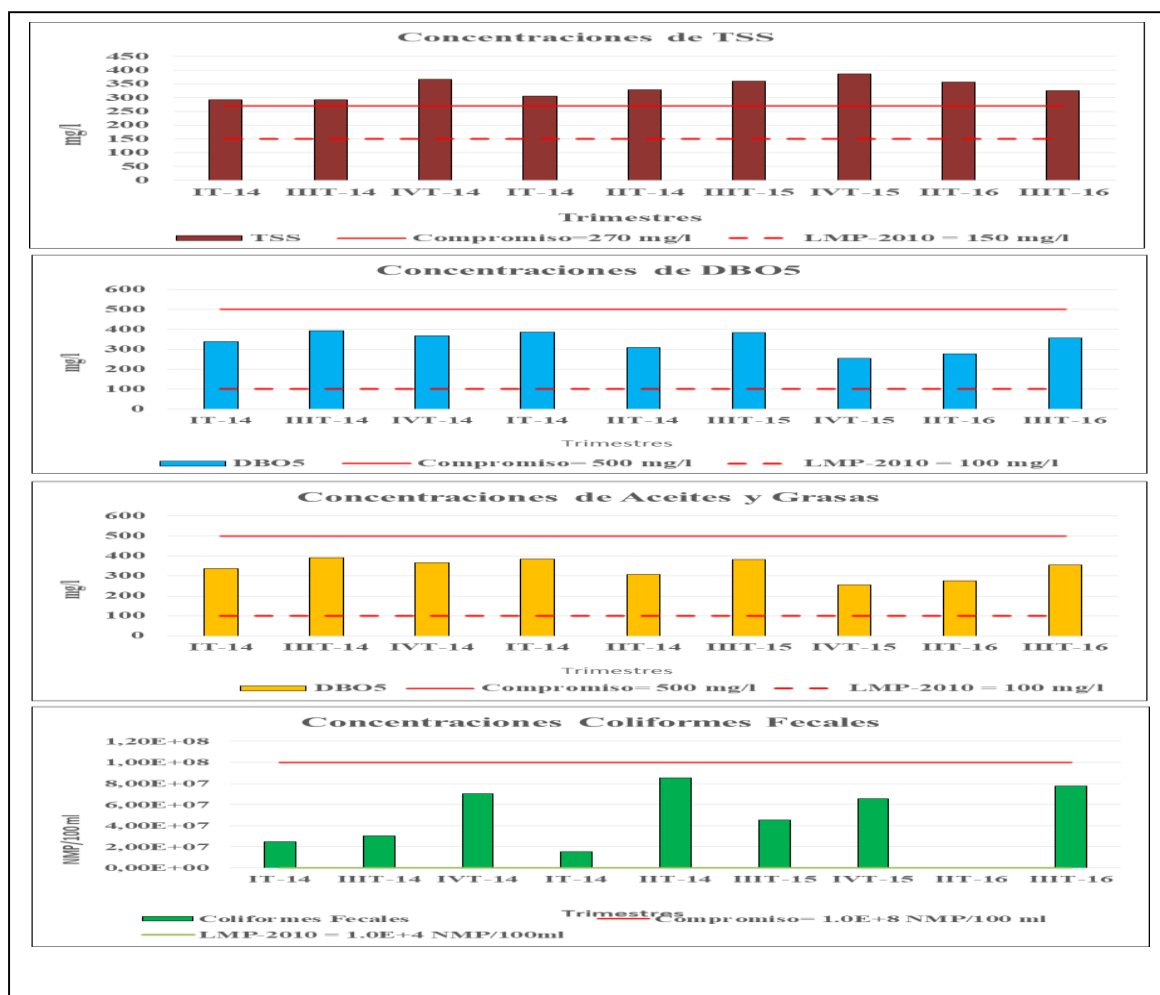


Figura 34. DBO<sub>5</sub> y sólidos en suspensión trimestrales en efluente de PTAR Taboada.

Fuente: Elaboración propia en base a Informes de monitoreos trimestrales PTAR Taboada 2014 – 2016.



Figura 35. DBO, SST y coliformes en efluente de PTAR Taboada – Ago-Set 2016.

Fuente: Elaboración propia en base a Informes de monitoreos trimestrales PTAR Taboada 2014 – 2016.



### **5.3.2.3. Demanda química de oxígeno (DQO)**

En el invierno 2016 (promedio de julio Agosto), la Demanda química de oxígeno en el efluente presentó valores por debajo de lo establecido en el compromiso ambiental o Resolución Directoral N° 036-2010-ANA- DCPRH (1000 mg/l). Referencialmente, los LMP-2010 indican 200 mg/L.

### **5.3.2.4. Sólidos suspendidos totales (SST)**

El valor promedio trimestral de los SST fue de 340 mg/L, que varió entre 143 y 387 mg/L (Tabla 20). En las mediciones diarias (agosto – septiembre 2016) registró un promedio de 325 mg/L de SST, con una concentración máxima de 493 mg/L y una mínima de 226 mg/L (Tabla 21 y Figura 35). Así, los promedios trimestrales y promedios diarios superaron el valor indicado en el compromiso ambiental o Resolución Directoral N° 036-2010-ANA-DCPRH ( $\leq 270$  mg/L). Al respecto, los LPM-2010 indica 150 mg/L.

### **5.3.2.5. Aceites y grasas (AyG)**

La concentración promedio trimestral de Ay G en el efluente fue 47,30 mg/L, que varió entre un mínimo de 24,7 mg/L en el verano de 2014 y una máxima de 67,83 mg/L (Ver Tabla 20). Entre agosto y septiembre 2016 registró un promedio diario de 64 mg/L y con una variación entre 29,4 y 88,9 mg/L, cumpliendo el valor trimestral, pero superó algunos días lo indicado en la RD 036-2010-ANA-DCPRH ( $\leq 70$  mg/L). Referencialmente, en todos los puntos superó el LPM-2010 que indica 20 mg/L (Tabla 21).

### **5.3.2.6. Coliformes fecales o termotolerantes**

El promedio trimestral de Coliformes fecales fue de  $4,82E+07$  NMP/100 ml, que varió entre  $1,56E+07$  y  $8,53E+07$  NMP/100 ml (Tabla 20). El promedio diario (Tabla 21) registró  $4,44 E+07$  NMP/100 ml con una variación entre  $1,10 0E+07$  y  $9,20 E+07$  NMP/100 ml. En ambos casos cumplieron lo indicado en Resolución Directoral N° 036-2010-ANA-DCPRH ( $\leq 1,00 0E+08$  NMP/100ml, es decir, 100 000 000 NMP/100 ml). Al respecto, referencialmente los LMP-2010 indica 10 000 NMP/100 ml (es decir,  $1,00 0E+04$ ).

### **5.3.2.7. Nitrógeno amoniacal**

La concentración promedio trimestral de nitrógeno amoniacal del efluente de la PTAR Taboada presentó 46,77 mg/L, variando entre un valor mínimo de 35,43 mg/L en el verano 2015 y un valor máximo de 56,97 mg/L en el otoño 2015 (Tabla 20). El promedio diario fue de 53,6 mg/L, variando entre un valor mínimo de 43,1 mg/L y un máximo de 71,0 mg/L (Tabla 21). Al respecto, la RD 0036-2010-ANA-DCPRH ni el DS 003-2010-MINAM hacen referencia

### **5.3.2.8. Fósforo total**

El fósforo registró un promedio trimestral de 10,63 mg/L, en el efluente cumpliendo lo establecido en la RD 0036-2010-ANA-DCPRH (12 mg/L).

### **5.3.2.9. Metales y otros**

Los metales presentaron concentraciones promedio trimestrales (en mg/L) como sigue: arsénico (0,037), cadmio (0,0015), mercurio (0,0010), plomo (0, 018), cobre (0,128), cromo (0,113), níquel (0,0173) y zinc (0,485) para los cuales el compromiso ambiental (RD N° 036-2010-ANA-DCPRH), no hace referencia (Tabla 20).

## **5.4 Características del agua marina de bahía de Callao después del saneamiento**

### **5.4.1. Características del agua del mar en la bahía Callao**

#### **Temperatura**

En el verano 2014 en el área de estudio que comprende la zona de protección marina (ZPM), la zona de exclusión marina (ZEM) y la zona de referencia (ZR), se registró una temperatura promedio de 17,46 °C, que varió entre 18,5 y 16,6°C, con el valor más alto (punto M-8A) a 3000 m de la playa Oquendo, ubicado dentro de la ZR y el más bajo (punto M-06) a 150 m de la playa (Tabla 22).

En el verano 2015 se registró una temperatura promedio de 20,66 °C, que varió entre 22,20 y 19,33 °C, con el mayor valor en el punto B, a 3,35 km de la playa Oquendo y el más bajo (punto E05-S), a 3000 m de la playa Oquendo, que estaría indicado la presencia de un vertimiento a nivel de playa. La distribución de la temperatura en el área (Figura 37) muestra el ingreso a la bahía de las aguas de los ríos Rímac y Chillón con altas temperaturas, concordante con la época estacional de la zona costera.

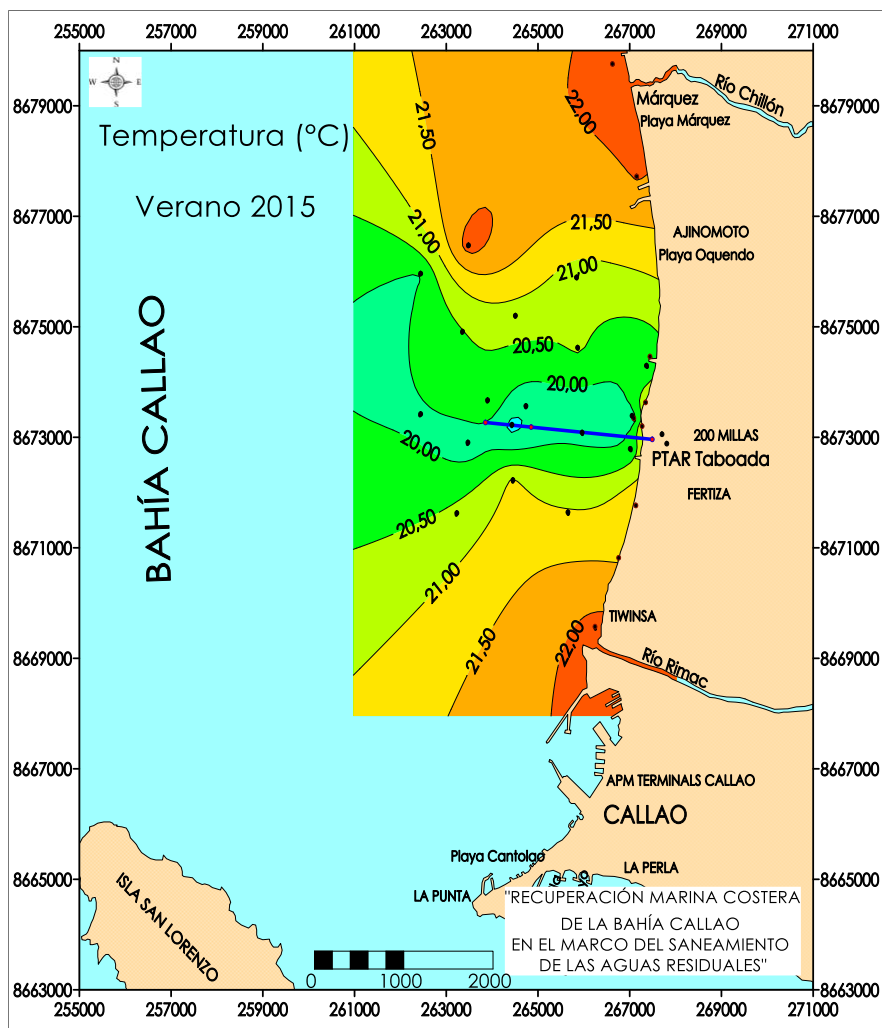


Figura 36. Distribución de temperatura superficial en bahía Callao verano 2015.

Fuente: Elaboración propia en base a Informes de monitoreos trimestrales PTAR Taboada. 2014 – 2016

En el verano 2016 se registró un promedio de 22,2 °C, con un valor máximo de 24,40 en el punto de control E08-S correspondiente a la zona de referencia y un mínimo de 19,5 °C en el punto M-02 ubicado en la zona de protección marina (ZPM).

Tabla 22. Características del agua marina bahía Callao. Promedio trimestral verano 2014

Punto de Control	Temp. (°C)	pH	TSS (mg/L)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	Aceites y Grasas (mg/L)	Colif. Fecales (NMP/100 ml)	Colif. Totales (NMP/100 ml)	TPH (mg/L)	Arsénico (mg/L)	Cadmio (mg/L)	Cobre (mg/L)	Cromo (mg/L)	Plomo (mg/L)	Zinc (mg/L)	Mercurio (mg/L)
M-01	17,20	7,59	62,60	4,20	1,00	1,25E+04	5,49E+04	0,10	<0,008	<0,0004	0,041	<0,0003	<0,001	0,2600	<0,0001
M-02	17,40	7,52	21,50	6,90	1,00	1,01E+04	1,54E+04	0,10	<0,008	<0,0004	0,026	<0,0003	<0,001	0,1430	<0,0001
M-03	17,30	7,55	58,40	<b>20,20</b>	1,30	5,39E+05	5,55E+05	0,10	<0,008	<0,0004	0,171	<0,0003	<0,001	0,3060	<0,0001
M-04	18,30	7,5	28,30	14,30	1,50	6,92E+05	7,30E+05	0,12	<0,008	<0,0004	0,032	<0,0003	<0,001	0,0470	<0,0001
M-05	16,90	7,54	32,90	12,20	1,00	2,74E+05	9,00E+05	0,10	<0,008	<0,0004	0,036	<0,0003	<0,001	0,2870	<0,0001
M-06	16,60	7,48	25,90	4,50	2,00	4,69E+04	1,81E+05	0,10	<0,008	<0,0004	0,04	<0,0003	<0,001	0,1520	<0,0001
M-07	16,90	7,39	25,80	10,20	1,50	4,47E+05	5,89E+05	0,10	<0,008	<0,0004	0,034	<0,0003	<0,001	0,1650	<0,0001
M-08	17,10	7,47	38,70	14,30	2,50	1,07E+06	1,07E+06	0,12	<0,008	<0,0004	0,046	0,0024	<0,001	0,0420	<0,0001
M-09	17,40	7,53	49,30	15,90	1,30	6,82E+05	8,68E+05	0,10	<0,008	<0,0004	0,032	0,0008	<0,001	0,1500	<0,0001
M-10	17,00	7,59	26,00	4,60	1,20	1,61E+04	5,67E+04	0,10	<0,008	<0,0004	0,05	0,0007	<0,001	0,1660	<0,0001
M-11	17,50	7,53	32,30	9,10	2,00	4,00E+05	8,05E+05	0,10	<0,008	<0,0004	0,029	<0,0003	<0,001	0,1510	<0,0001
M-08A	18,50	7,28	18,80	5,80	1,00	5,82E+04	4,40E+04	0,12	<0,008	<0,0004	0,046	<0,0003	<0,001	0,0410	<0,0001
M-08B	18,20	7,57	15,80	<b>3,90</b>	1,00	4,59E+03	4,92E+04	0,12	<0,008	<0,0004	0,036	<0,0003	<0,001	0,1130	<0,0001
M-08C	18,20	7,57	21,00	4,50	1,00	7,55E+03	4,42E+04	0,12	<0,008	<0,0004	0,026	<0,0003	<0,001	0,0600	<0,0001
RJ N° 291-2009-ANA	-	-	-	10	-	4,00E+02	2,00E+04	-	-	0,004	-	0,05	0,03	-	0,0002
ECA-Cat 2:3 2008	delta 3°C	6,8-8,5	70	10	2,0	1,00E+03	1,00E+03	0,01	0,05	0,0053	0,05	-	-	0,081	0,0001

Fuente: Elaboración propia con datos de Informe de monitoreo N°3 2014 Lab. Envirotest SAC.

En invierno 2014, la temperatura superficial del agua de mar presentó un promedio de 16,51 °C, con un máximo de 17,30 °C en el punto M-11 (zona impacto del colector Bocanegra – Playa FERTIZA) al Sur del emisor submarino (Tabla 23). El valor mínimo de 16,03 °C, correspondió al punto M-02 (entre el colector Comas y el río Chillón) al norte del emisor. En la Figura 37 se observa un foco de alta temperatura en línea de playa, al lado Sur del inicio del emisor submarino; y un foco de baja temperatura al Norte del inicio del emisor, que podría estar atribuida a una descarga industrial.

Cabe señalar, que las tablas 22 y 23 se presentan en anexo, con mayor detalle.

Tabla 23. Características del agua marina de bahía Callao - Promedio invierno 2014

EST.	Temp. (°C)	pH	Oxig. Disuelto (mg/L)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	DQO (mg/L)	SST (mg/L)	Aceites y Grasas (mg/L)	Colif. fecales (NMP/100ml)	Colif. Totales (NMP/100ml)	Arsénico (mg/L)	Cadmio (mg/L)	Mercurio (mg/L)	Plomo (mg/L)	Cobre (mg/L)	Cromo (mg/L)	Zinc (mg/L)	Sulfuro (mg/L)
M-01	16,2	7,85	6,06	1,99	33,92	26,81	<1	1,28E+05	3,60E+05	0,026	<0,0004	<0,0001	<0,001	0,0017	<0,0003	0,003	<0,002
M-02	16,2	7,81	3,75	1,99	38,39	32,64	<1	1,83E+03	4,70E+03	0,022	<0,0004	<0,0001	<0,001	<0,0004	<0,0003	0,004	<0,002
M-03	16,03	7,78	3,38	1,99	34,42	30,16	<1	1,17E+04	1,64E+04	0,035	<0,0004	<0,0001	<0,001	<0,0004	<0,0003	<0,002	<0,002
M-05	16,03	7,77	4,51	2,27	35,31	55,24	<1	9,53E+03	1,49E+04	0,018	<0,0004	0,0003	<0,001	0,0013	<0,0003	0,004	<0,002
M-06	16,33	7,59	5	3,02	40,07	32,53	<1	2,07E+04	3,65E+04	0,03	<0,0004	<0,0001	<0,001	0,0009	<0,0003	0,004	<0,002
M-07	16,03	7,69	3,88	1,99	37,47	29,79	<1	4,54E+04	8,16E+04	0,025	<0,0004	<0,0001	<0,001	<0,0004	<0,0003	<0,002	<0,002
M-09	16,7	7,86	3,07	1,99	34,28	50,85	<1	5,78E+04	3,26E+05	0,021	<0,0004	<0,0001	<0,001	0,0014	<0,0003	0,003	<0,002
M-10	17,15	7,83	5,31	1,99	41,89	34,14	<1	8,16E+03	9,96E+03	0,022	<0,0004	<0,0001	<0,001	0,02	<0,0003	0,02	<0,002
M-11	17,3	7,8	6,18	1,99	39,38	28,26	<1	2,00E+03	5,34E+06	0,02	<0,0004	<0,0001	<0,001	0,0016	<0,0003	0,006	<0,002
A	16,5	7,8	3,09	1,99	39,86	20,8	<1	1,86E+04	2,48E+04	0,019	<0,0004	<0,0001	<0,001	<0,0004	<0,0003	<0,002	<0,002
B	16,5	7,8	2,9	1,99	32,55	20,89	<1	1,88E+04	1,16E+05	0,028	<0,0004	<0,0001	<0,001	<0,0004	<0,0003	<0,002	<0,002
C	16,07	7,72	2,3	1,99	33,98	29,64	<1	1,67E+03	5,75E+04	0,037	<0,0004	<0,0001	<0,001	<0,0004	<0,0003	<0,002	<0,002
D	16,03	7,78	3,38	1,99	34,42	27,16	<1	8,23E+01	7,77E+03	0,035	<0,0004	<0,0001	<0,001	<0,0004	<0,0003	<0,002	<0,002
E	16,03	7,69	3,88	1,99	37,47	29,24	<1	8,77E+03	6,83E+04	0,025	<0,0004	<0,0001	<0,001	<0,0004	<0,0003	<0,002	<0,002
F	17,23	7,74	3,35	1,99	37,52	22,16	<1	2,97E+06	3,77E+04	0,023	<0,004	<0,0001	<0,001	<0,0004	<0,0003	<0,002	<0,002
G	17,03	7,77	3,7	1,99	38,24	26,03	<1	2,45E+02	1,85E+04	0,012	<0,0004	<0,0001	<0,001	0,0012	<0,0003	<0,002	0,069
H	16,7	7,84	4,14	1,99	37,86	18,09	<1	4,33E+03	3,12E+05	0,0079	<0,0004	<0,0001	<0,001	<0,0004	<0,0003	<0,002	<0,002
I	16,8	7,8	3,54	1,99	36,26	19,59	<1	1,00E+04	1,19E+04	0,0079	<0,0004	<0,0001	<0,001	<0,0004	<0,0003	<0,002	<0,002
E01-S	16,93	7,77	3,53	1,99	38	32,75	<1	4,71E+02	1,21E+04	0,016	<0,0004	<0,0001	<0,001	0,0014	<0,0003	0,004	<0,002
E02-S	16,03	7,74	2,96	1,99	39,32	27,74	<1	5,43E+04	6,54E+04	0,0079	<0,0004	<0,0001	<0,001	<0,0004	<0,0003	<0,002	<0,002
E05-S	16,33	7,76	2,85	2,68	39,86	33,16	<1	3,38E+05	3,68E+04	0,013	<0,0004	<0,0001	<0,001	<0,0004	<0,0003	0,004	<0,002
E06-S	16,33	7,81	2,76	1,99	38,01	16,33	<1	7,76E+04	9,80E+04	0,0079	<0,0004	<0,0001	<0,001	<0,0004	<0,0003	<0,002	<0,002
E08-S	16,77	7,78	3,73	1,99	37,8	17,66	<1	5,34E+05	5,34E+05	0,0079	<0,0004	<0,0001	<0,001	<0,0004	<0,0003	<0,002	<0,002
E09-S	16,73	7,8	4,14	1,99	41,53	20,44	<1	7,34E+04	5,33E+05	0,013	<0,0004	<0,0001	<0,001	<0,0010	<0,0003	<0,002	<0,002
E10-S	16,33	7,79	2,86	1,99	43,64	22,84	<1	1,64E+04	5,38E+05	0,0149	<0,0004	<0,0001	<0,001	<0,0004	<0,0003	<0,002	<0,002
M-08A	16,7	7,78	3,12	2,57	40,08	25,43	<1	1,59E+04	5,41E+05	0,0079	<0,0004	<0,0001	<0,001	0,0017	<0,0003	0,004	<0,002
M-08B	16,67	7,76	2,89	2,37	39,57	22,45	<1	2,65E+04	1,07E+06	0,0079	<0,0004	<0,0001	<0,001	0,0018	<0,0003	0,006	<0,002
RJ N° 291-2009-ANA	-	-	4	10	-	-	-	4,00E+03	2,00E+04	-	0,004	0,0002	0,03	-	0,05	-	-
ECA-Cat 2:3 2008	$\Delta \pm 3$	6,5-8,5	-	10	-	70	2	1,00E+03	1,00E+03	0,05	0,0053	0,0001	-	0,05	-	0,081	<0,06

Fuente: Fuente: Elaboración propia con datos de Informe de monitoreo N°3 Invierno 2014 Lab. Envirotest SAC.

En invierno 2015, presentó un promedio trimestral de 18,95 °C, con un valor máximo de 19,37 °C en los puntos A y B ubicados 3,3 km al Norte del difusor, y un mínimo de 18,33 °C, ubicado en el punto E05-S (centro del difusor) dentro de la zona de referencia o de mezcla. En la Figura 38 se observa el ingreso de una lengua aguas calientes hacia la zona de exclusión marina.

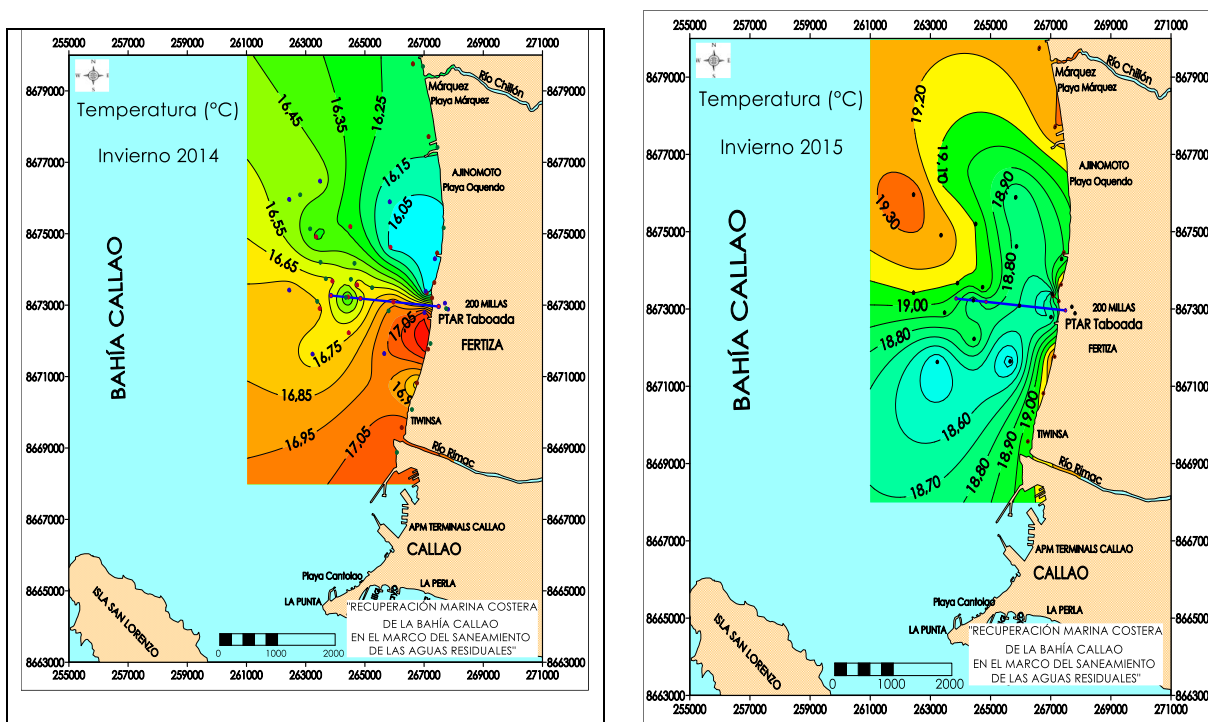


Figura 37. Distribución de temperatura superficial en bahía Callao, invierno 2014 y 2015.

Fuente: Elaboración propia en base a Informes de monitoreos trimestrales PTAR Taboada 2014 - 2015.

En invierno 2016, presentó un promedio de 17,36 °C, con un valor máximo de 18,65 °C en el punto de control M-11 en la zona de protección costera, al sur del emisor submarino; y un valor mínimo de 16,65 °C, en el punto E-10S al norte de difusor, dentro de la ZR. Al respecto, la norma: Clase VI no hace referencia; y la norma referencial ECA -2008 indica un delta de 3°. La

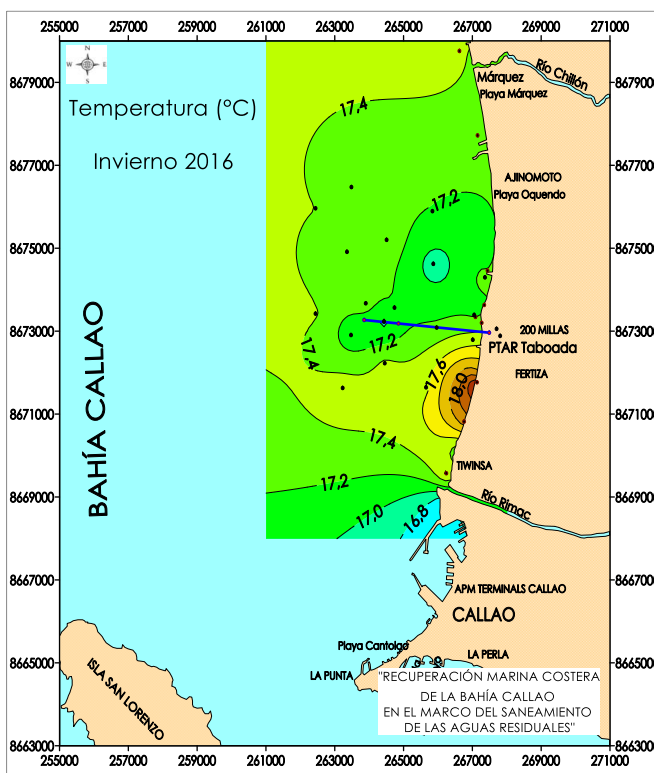


Figura 39 muestra la descarga de aguas con mayores temperaturas a nivel de playa y al Sur del emisor submarino.

*Figura 38. Distribución de temperatura superficial en bahía Callao en invierno 2016.*

Fuente: Elaboración propia en base a Informes de monitoreos trimestrales PTAR Taboada 2014 - 2015.

#### **5.4.1.1. Potencial de hidrógeno**

En el verano 2014, el pH en el agua de mar a nivel superficial registró un promedio de 7,51 con un valor máximo de 7,59 en el punto M-01 en la línea de protección marina, cerca al río Chillón y un mínimo de 7,28 en el punto M08-A a 3 km del difusor en la zona de referencia o mezcla. El informe no presentó mediciones en la zona de exclusión y de referencia.

En el verano 2015, el pH registró un promedio de 7,60 con un máximo de 7,79 en el punto E09-S (1000 m al Sur del difusor - ZR), y un valor mínimo de 7,41 en el punto F (a 300 m de la orilla, límite de ZR y ZPM). En la Figura 40, se observa una franja costera de aproximadamente 5 km de ancho entre los ríos Rímac y Chillón con  $\text{pH} < 7,65$ .

En el verano 2016, el pH registró un promedio de 7,82 con un valor máximo de 8,26 en el punto E01-S (zona de referencia), y un valor mínimo de 7,10 en el punto M-11 en la zona de protección. La Figura 40, muestra un gran núcleo con pH con valores  $< 7,8$  al final del difusor del emisor submarino, y otro por la playa Márquez.



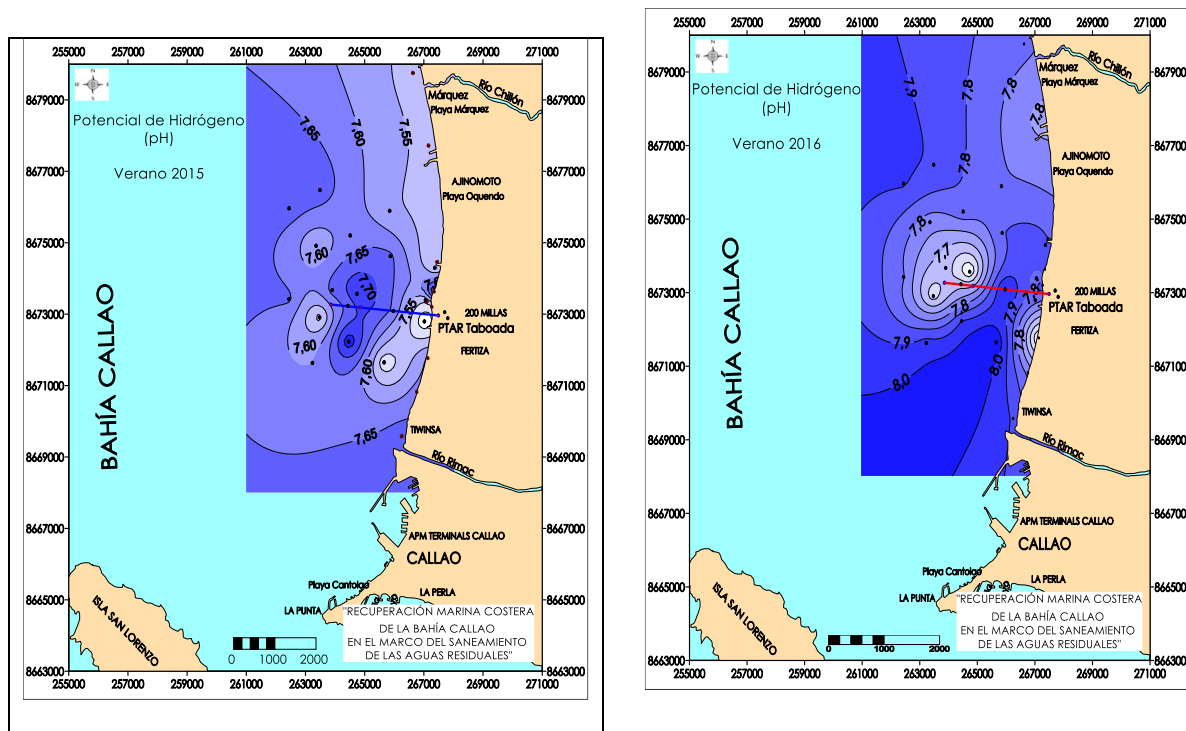


Figura 39. Distribución de pH superficial en bahía Callao en veranos 2015 y 2016.

Fuente: Elaboración propia en base a Informes de monitoreos trimestrales PTAR Taboada. 2014 - 2016

En el invierno 2014, el pH registró un promedio de 7,77 con un valor máximo de 7,86 en el punto M-09, que correspondió a la zona de impacto directo del colector Comas y un valor mínimo de 7,59 en el punto M-06, también atribuido a la proximidad del mismo colector, ambos en la zona de protección. En la Figura 41, se observa un núcleo de agua superficial con valores  $< 7,8$  cubriendo una franja de unos 4,5 km de ancho, pegada a la playa se desplaza cerca del inicio del emisor hacia la playa Márquez y río Chillón.

En el invierno 2015, registró un promedio de 7,77 con un valor máximo de 7,95 en el punto E08-S (1000 m al SO del difusor - ZR), y un mínimo de 7,48 en el punto F, a 300 m de la orilla (límite de ZR y ZPM). La Figura 40, presenta varios núcleos

dispersos con valores  $< 7,8$ . La clase VI de la norma no hace referencia. Al respecto, los ECA-agua del 2008 indica un rango de 6,5 a 8,5.

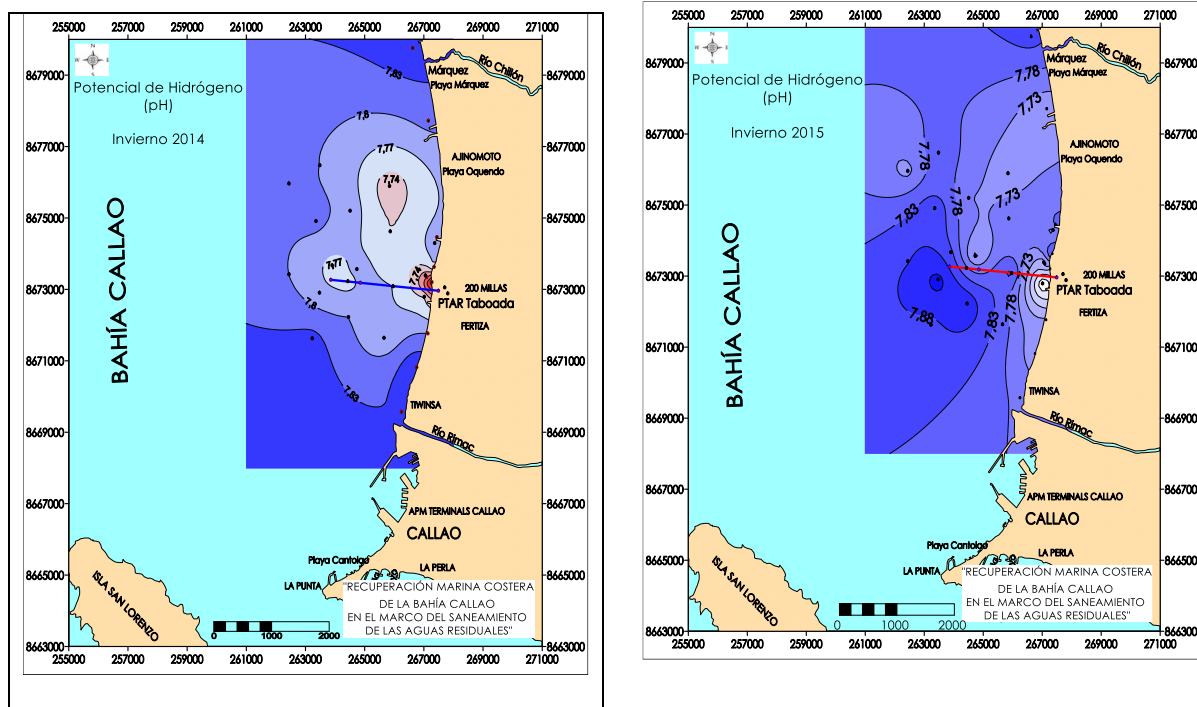


Figura 40. Distribución del pH superficial en bahía Callao en inviernos 2014 y 2015.

Fuente: Elaboración propia en base a Informes de monitoreos trimestrales PTAR Taboada. 2014 – 2016.

En el invierno 2016, el pH registró un promedio de 8,26 con un valor máximo de 8,78 en el punto E-11 (zona de referencia), y un mínimo de 8,04 en el punto M-11, a 50 m de la orilla de playa cerca al colector Bocanegra. En todas las zonas (o el área de estudio) el pH presentó valores  $> 8,04$ , por encima de lo registrado, en verano e invierno 2014 y 2015 (Figura 42). En forma referencial, en el punto E-11, el pH superó lo establecido por el ECA – agua del 2008.

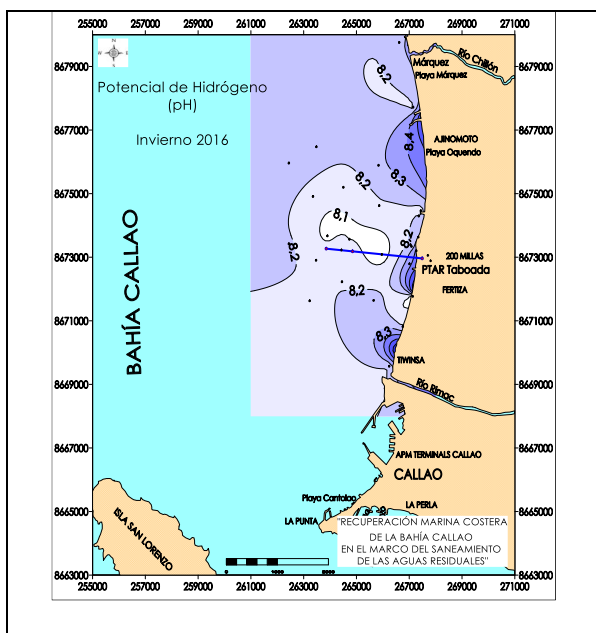


Figura 41. Distribución de PH superficial en bahía Callao - invierno 2016.

Fuente: Elaboración propia en base a Informes de monitoreos trimestrales PTAR Taboada 2014 – 2016.

#### 5.4.1.2. Oxígeno disuelto (OD)

##### En el Verano

Sobre el oxígeno disuelto del verano 2014, no hubo registro. En el verano 2015, registró un promedio de 5,48 mg/L con una concentración máxima de 7,14 mg/L en el punto B en la zona de exclusión, y una mínima de 3,76 mg/L en el punto E08-S (a 1000 m al SO del centro del difusor) en la zona de referencia. No se habrían efectuado mediciones en la zona de exclusión y de referencia.

En el verano 2016, se registró un promedio de 6,42 mg/L con una concentración máxima de 9,39 en el punto M-01 (ZPM), y una mínima de 3,02 en el punto F (zona de exclusión) y en el punto E5-S (zona de referencia). En veranos 2015 y 2016, predominaron en el área valores  $> 4$  mg/L según lo establecido por la Clase VI (RJ N° 291-2009-ANA) y ECA agua del 2008 que indica  $\geq 2,5$  mg/l (Figura 43).

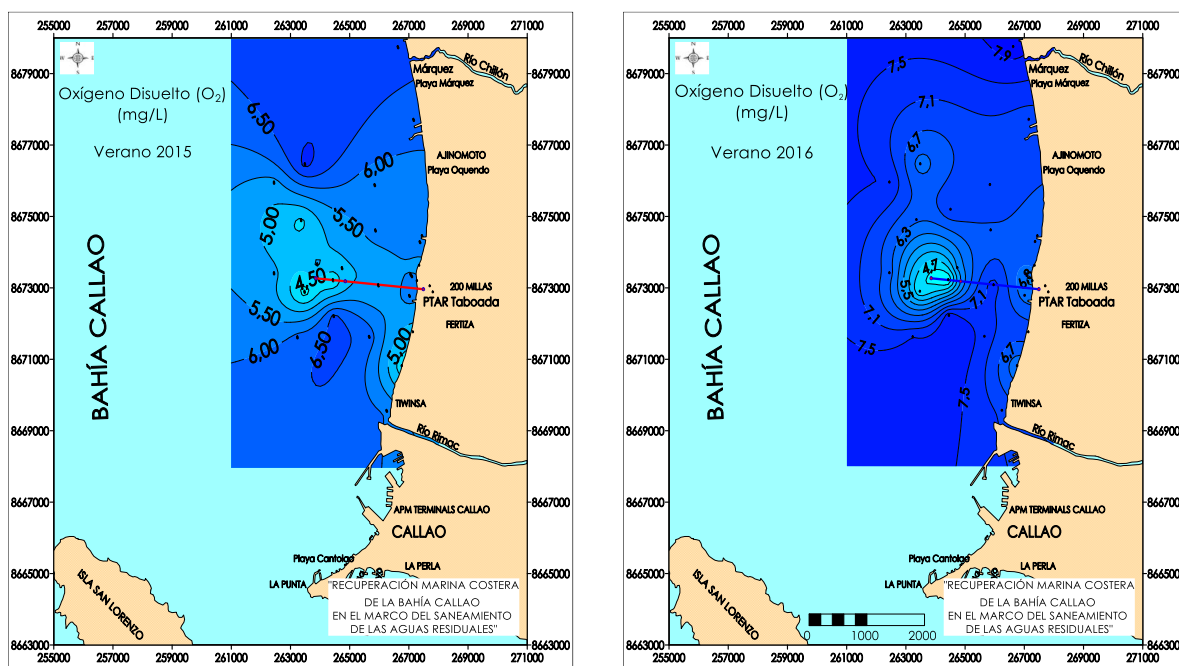


Figura 42. Distribución de oxígeno superficial en bahía Callao, verano 2015 y 2016.

### Oxígeno invierno

En el invierno 2014, el oxígeno disuelto en la superficie del agua de mar registró una concentración promedio de 3,71 mg/L con una máxima de 6,18 mg/l en el punto M-11 (zona de impacto del colector Bocanegra) a 50 m de la orilla de playa, y una mínima de 2,3 mg/L en el punto C (a 3 km del difusor). La Figura 44 muestra un extenso núcleo de agua con concentraciones < 3,7 mg/l cubriendo un área circular de aproximadamente 3 km de radio que avanza hacia el norte, cerca al río Chillón, incumpliendo lo establecido por la RJ N° 291-2009-ANA que indica > 4 mg/L.

En el invierno 2015, el oxígeno disuelto registró un promedio de 3,71 mg/L con una concentración máxima de 6,18 mg/L en el punto M-11 en la línea de protección de playa, y una mínima de 2,3 mg/L en el punto C, delimitación de la zona de exclusión

marina. En el área predominaron concentraciones < de 3 mg/L, incumpliendo lo establecido por la RJ N° 291-2009-ANA que indica > 4 mg/L.

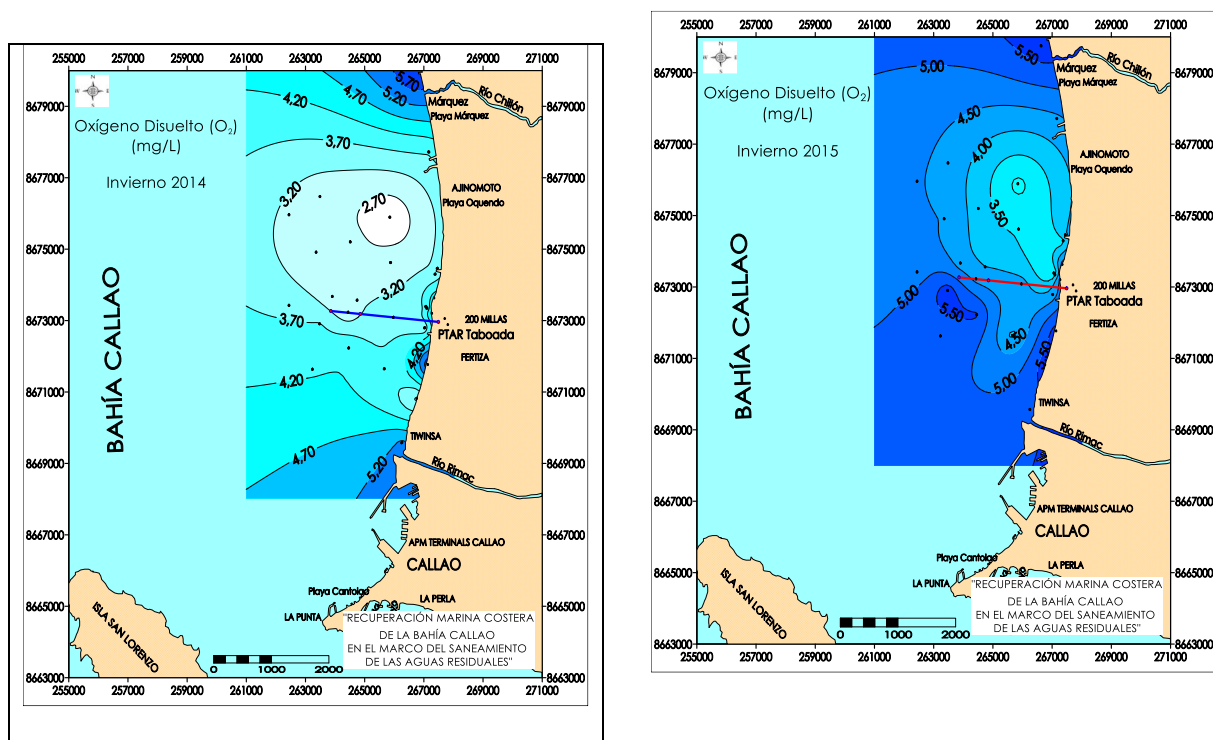


Figura 43. Distribución de oxígeno superficial en bahía Callao - Invierno 2014 y 2015.

Fuente: Elaboración propia en base a Informes de monitoreos trimestrales PTAR Taboada. 2014 - 2016

En el invierno 2016, el oxígeno disuelto registró un promedio de 4,34 mg/l con una concentración máxima de 6,69 mg/L en el punto E-09 (1000 m al Sur del difusor), y una mínima de 1,79 mg/L en el punto E05-S (punto medio del difusor). En el área predominaron concentraciones < de 3 mg/L en una amplia área marina del entorno del difusor hacia el río Chillón (Figura 45), por debajo de lo establecido para la Clase VI (RJ N° 291-2009-ANA) que indica > 4 mg/L. Los ECA Agua Cate. 2 Subcat. 3. indica  $\geq 2,5$  mg/L.

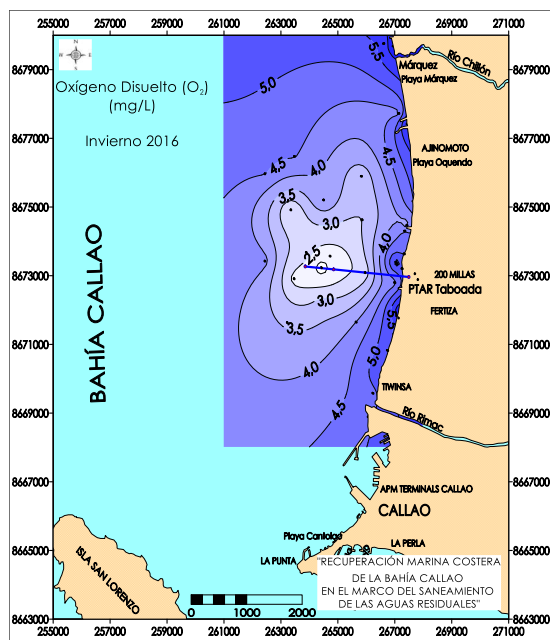


Figura 44. Distribución de Oxígeno superficial en bahía Callao en invierno 2016.

Fuente: Elaboración propia en base a Informes de monitoreos trimestrales PTAR Taboada. 2014 – 2016

El 15 de junio 2016, la AAA en inmediaciones del emisor submarino a través del Laboratorio Servicios Analíticos Generales (SAG) encontró una concentración 2,42 mg/l de oxígeno disuelto en el punto M-06 (a 150 m de la Línea de playa, zona de impacto del emisor Taboada), en el punto E-08 (2000 m al Norte del difusor) 2,66 mg/l; y en el punto de control E05-S (punto medio del difusor) con 1,8 mg/l, fueron inferiores a la Clase VI (RJ N° 291-2009-ANA) que indica  $> 4$  mg/l (Tabla 24). En el punto de control E05-S (punto medio del difusor), la concentración de 1.8 mg/l, fue inferior al valor ECA-Agua Cat. 2: Subcategoría 3 que indica  $\geq 2,5$  mg/l. En el punto E-09S (1000 m al Sur del difusor) se registró el mayor valor 4,34 mg/l (Tabla 25).

Tabla 24. Ubicación de puntos monitoreo invierno 2015 – AAA

Puntos de	Descripción	Coordenadas WGS 84		Zona
		Norte	Este	
M-06	A 150 m de la orilla de línea de playa Zona de impacto del colector Taboada	8673201	267720	Dentro de Zona de Protección Costera
E-08S	A 1000 m al Suroeste del punto E-05S	8672906	263472	Dentro de Zona de Exclusión marina
E-05S	Punto medio del difusor, a 300 m del	8673228	264431	
E-09S	A 1000 m al sur del punto E-05S	8672226	264453	

Fuente: Informe de Monitoreo ambiental de Autoridad Nacional del Agua – Jun 2015.

Tabla 25. Características de las aguas de protección y exclusión marina - Bahía Callao.

Parámetros	Unidades	M-06	Clase VI	E-08S	E-05S	E-09S	ECA Categ. 2: 3
pH		7,66	-	7,9,	7,79	7,66	6,8-8,5
Oxígeno disuelto	mg/L	2,42	>4	2,66	1,8	4,34	>2,5
DBO	mg/L	11,48	<10	15,41	10,23	7,02	<10
DQO	mg/L	55,6	-	58,9	69,9	56,1	-
SST	mg/L	13,59	-	10,38	7,57	4,36	70
Sulfuros	mg/L	<0,002	0,002	0,006	0,003	<0,002	0,08
Aceites y grasas	mg/L	<0,5	-	<0,5	<0,5	<0,5	2
Nitrógeno amoniacal	mg/L	0,934	-	1,051	0,663	0,518	-
Coliformes fecales	NMP/100 ml	23000	4000	49000	49000	13000	1000
Coliformes Totales	NMP/100 ml	33000	20000	79000	79000	23000	1000
Arsénico	mg/L	<0,013	0,05	<0,013	<0,013	<0,013	0,05
Cadmio	mg/L	<0,004	0,004	<0,004	<0,004	<0,004	0,0093
Cromo	mg/L	<0,004	0,05	<0,004	<0,004	<0,004	-
Níquel	mg/L	<0,002	-	<0,002	<0,002	<0,002	0,1
Plomo	mg/L	<0,008	0,03	<0,008	<0,008	<0,008	0,0081
Selenio	mg/L	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-
Zinc	mg/L	0,492		0,364	0,525	0,927	0,081
Mercurio	mg/L	<0,0001	0,0002	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

Fuente: AAA (2015): Reporte de monitoreo de agua de mar. Junio 2015.

#### 5.4.1.3. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

En el verano 2014, la DBO<sub>5</sub> registró un promedio de 9,33 mg/L con una concentración máxima de 20,2 mg/L en el punto M-03 (a 300 m de la orilla -ZPM), y una mínima de 3,9 mg/L en el punto M-08B, al final del emisor submarino. También se detectó 15,9 mg/l en el punto M-09 (a 200 m de la orilla - ZPM). En la zona de playa en varios puntos superaron los 10 mg/L, establecido para la Clase VI (RJ N° 291-2009-ANA) que indica < 10 mg/L.

En el verano 2015, la DBO<sub>5</sub> registró un promedio de 5,81 mg/L con una concentración máxima de 7,4 mg/L (punto M-07 a 800 m de la orilla - ZPM), y una mínima de 2,0 mg/L en el punto E10-S. En la zona de exclusión los puntos de control presentaron concentraciones entre 6 y 7 mg/L, inferiores a los 10 mg/L, establecido para la Clase VI (RJ N° 291-2009-ANA), y referencialmente también por debajo del ECA-agua 2008 que indica el mismo valor. La Figura 46, muestra la presencia de una pluma de agua extendida hacia el norte y sur, que llama la atención concentraciones de 6 mg/L en el perímetro y concentraciones menores hacia el centro del núcleo; pues se espera valores inversos.

En el verano 2016, como se observa en la misma figura la DBO<sub>5</sub> registró un promedio de 2,67 mg/L con una máxima de 5,03 mg/L en el punto E03-S, y una mínima de 1,07 mg/L en el punto E09-S (1000 m al sur de difusor). En la zona de exclusión los puntos de control presentaron concentraciones entre 1,5 y 2,8 mg/L, inferiores a los 10 mg/L, establecido para la Clase VI (RJ N° 291-2009-ANA), considerados muy bajos que podrían estar atribuidos a métodos de análisis.



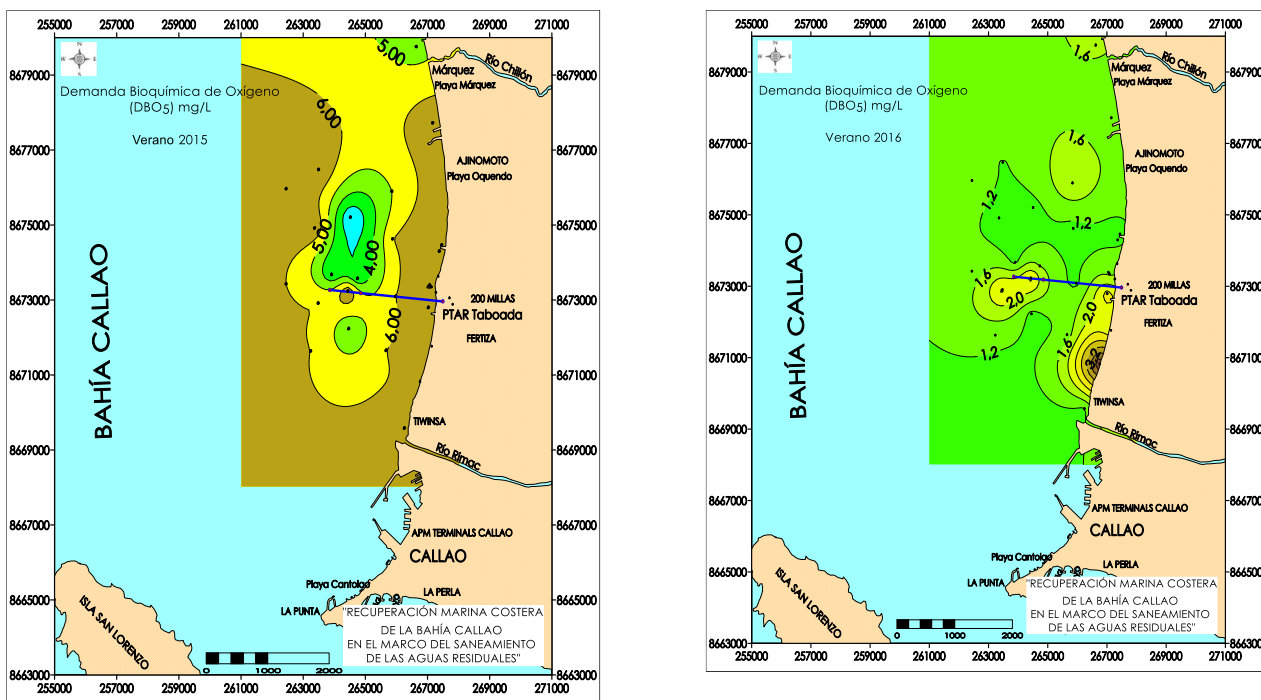


Figura 45. Distribución de DBO<sub>5</sub> superficial en bahía Callao, verano 2015 y 2016.

Fuente: Elaboración propia en base a Informes de monitoreos trimestrales PTAR Taboada 2014 – 2016.

En invierno 2014, la DBO<sub>5</sub> registró en la superficie del agua de mar un promedio de 2,09 mg/L con una concentración máxima de 3,02 mg/L en el punto M-06 en la ZPM, y una mínima de 1,99 mg/L que predominó en casi todas las zonas de exclusión y de referencia o de mezcla; valores < 10 mg/L, establecido para la clase VI (RJ N° 291-2009-ANA). La Figura 47 muestra un núcleo concéntrico al difusor del emisor submarino con radio aproximado de 2 Km con valores < 2 mg/L.

No hay consistencia entre los registros del oxígeno disuelto < 3,7 mg/l, con los valores de la DBO<sub>5</sub>, dado que ante valores bajos de OD, se espera una mayor concentración de la DBO<sub>5</sub>.

En el invierno 2015, registró un promedio de 1,30 mg/L con una concentración máxima de 2,06 mg/L en el punto M-06 en la zona de protección marina, y una mínima de 1,99 mg/L que predominó en casi toda el área; valores por debajo de los 10 mg/L,

establecido para la Clase VI (RJ N° 291-2009-ANA) y referencialmente ECA agua 2008. Las concentraciones son también bajas. Sin embargo como se indica en líneas siguientes las mediciones realizadas por la AAA, por el mismo fue 2 mg/L (Figura 47).

En invierno 2016, la DBO<sub>5</sub> presentó un promedio de 2,67 mg/L con una concentración máxima de 5,03 mg/L en el punto E01-S (zona de referencia), y una mínima de 1,07 mg/L en la misma zona; valores < 10 mg/L, establecido para la clase VI (RJ N° 291-2009-ANA).

La concentración de sulfuros en todos los monitoreos con valores de <0.002 mg/L, tampoco guarda la correlación inversa con los niveles de oxígeno disuelto que en la mayoría de los casos mostraron concentraciones <4.00 mg/l.

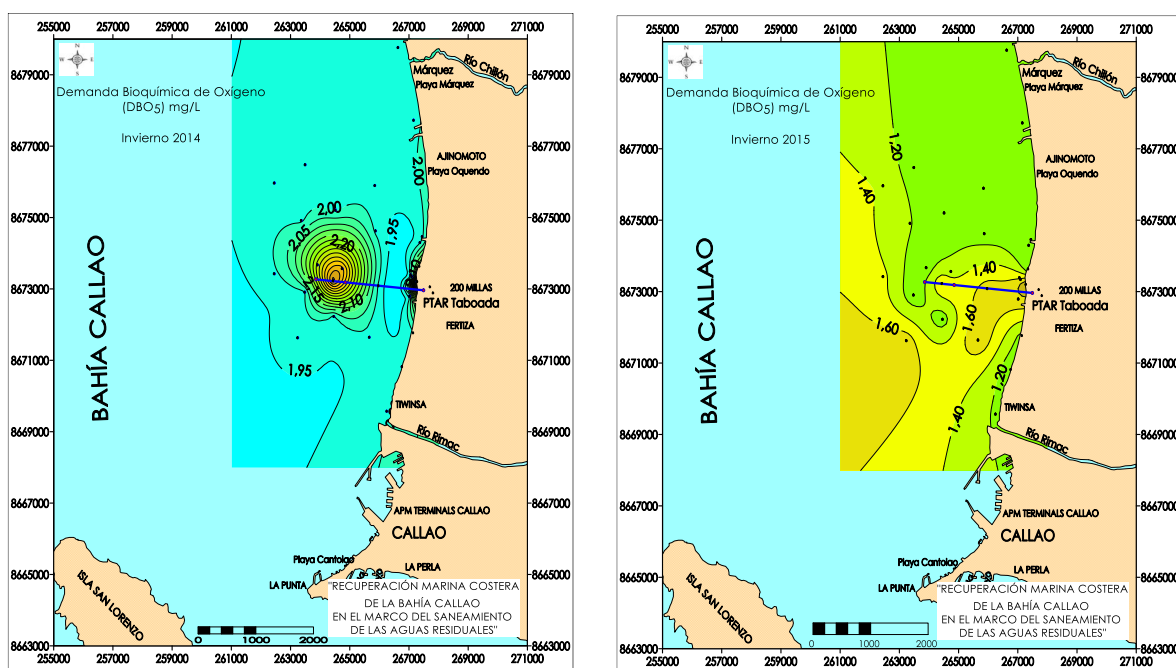


Figura 46. Distribución de DBO<sub>5</sub> superficial en bahía Callao, invierno 2015 y 2016.

Fuente: Elaboración propia en base a Informes de monitoreos trimestrales PTAR Taboada 2014 – 2016.

El 15 de junio 2015 (AAA-ANA), en el punto M-06 se registró una DBO<sub>5</sub> de 11,46 mg/L, en el punto E-08S (al noreste del centro del difusor del emisor – a 4 km de

playa- ZR) 15,41 mg/L, y en el Punto de control E05-S (punto medio del difusor), 10.23 mg O<sub>2</sub>/L, excedió el valor < 10 mg/l establecido para la Clase VI por la RJ 0291-2009-ANA y referencialmente para la Categoría 2: Actividades marino costeras (ECA 2008) del DS N° 002-2008-MINAM.

#### **5.4.1.4. Sólidos suspendidos totales(SST)**

En el verano 2014, la superficie del agua de mar registró un promedio de 35,15 mg/L los SST con una concentración máxima de 70,00 mg/L en el punto M-05 (Punto medio del entre inicio de emisor y colector Comas) en la zona de protección marina; y un mínimo de 15,8 mg/L.

En el verano 2015, se presentó un promedio de 69,78 mg/L con una máxima de 99,94 mg/L en el punto M-01 (cerca ala río Chillón), y una mínima de 15,80 mg/L en la línea de protección marina. La Figura 48 muestra masas de agua con núcleos de 60, mg/L 70 mg/L y 80 mg/L, en el entorno del emisor submarino cubriendo una amplia área marina comprendida desde el río Chillón por el norte hasta la zona del puerto Callao por el Sur; permitiendo ver la influencia de las aguas de los ríos.

En el verano 2016, registró un promedio de 4,5 mg/L con una máxima de 24,40 mg/L en el punto E08-S (a 1000 m del difusor - ZR); y mínimas de < 2 mg/L en toda el área de exclusión marina y puntos de referencia y línea costera, valores para los cuales la Resolución Jefatural N° 291-2009-ANA no hace referencia. La Figura 48 muestra dos fuentes de sólidos en suspensión en el área: río Rímac y el emisor submarino con concentraciones relativamente bajas, con un cambio muy significativo con respecto a lo registrado en el verano 2015.

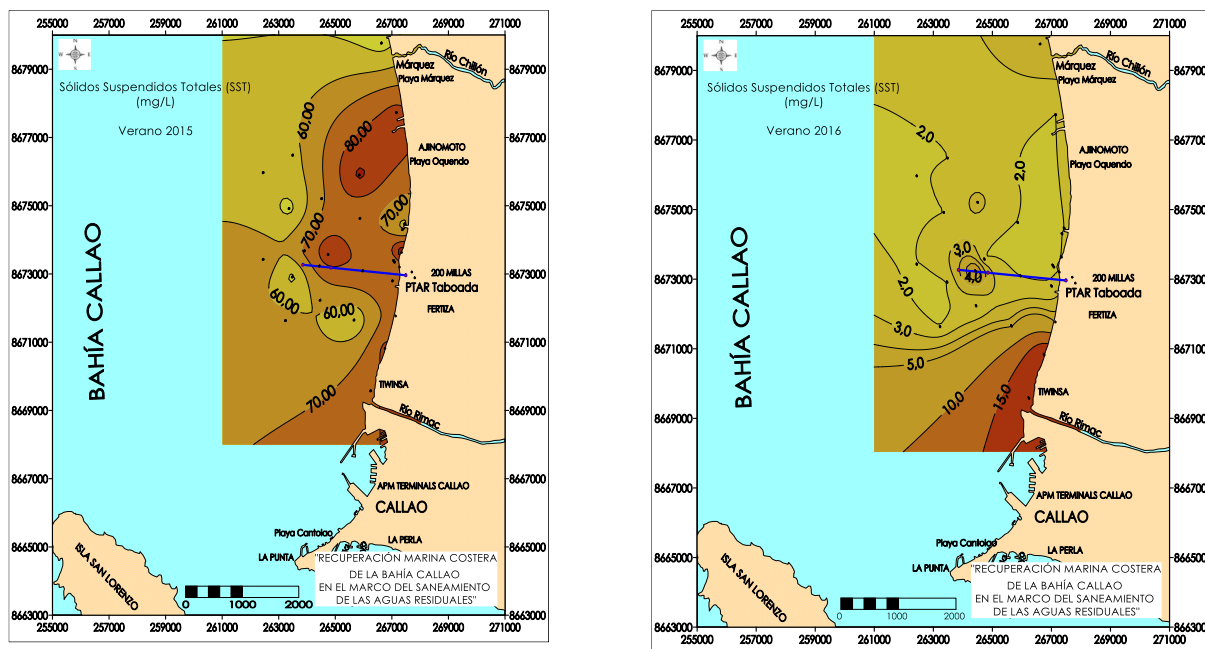


Figura 47. Distribución de SST superficial en bahía Callao, invierno 2015 y 2016.

Fuente: Elaboración propia en base a Informes de monitoreos trimestrales PTAR Taboada. 2014 - 2016

En el invierno 2014, los SST registraron un promedio de 27,8 mg/L con una concentración máxima de 55,24 mg/L en el punto M-05 en la línea de protección marina, entre el inicio del emisor Taboada y el colector Comas. La mínima concentración de 16,33 mg/L se ubicó en el punto E06-S (2 km al Noreste del difusor) en la zona de referencia. La Figura 49, en la línea de playa presenta tres focos a la altura de los colectores Bocanegra, Comas y la Cía. AJINOMOTO, También se observa un amplia franja de aproximadamente 3 km de ancho con valores < 24 mg/L. Esta notable turbidez del agua de mar que se observa en la franja costera. Entre los ríos Rímac y Chillón.

En el invierno 2015, registró un promedio de 5,33 mg/L con una concentración máxima de 12,08 mg/L en el punto M-08B, y una mínima de 16,33 mg/L en el punto E06-S; ambos en la zona de referencia.

En invierno 2016, los SST registró un promedio de 4,45 mg/L con una concentración máxima de 12,75 mg/L en el punto M-05 en la línea de protección costera y mínimas de 1,99 mg/L (punto E10-S y otros) en zona de referencia. La distribución de este parámetro en el área visualiza tres focos: la primera por el río Rímac, la segunda al Norte del emisor submarino y el tercero en proximidades del colector Comas (Figura 49).

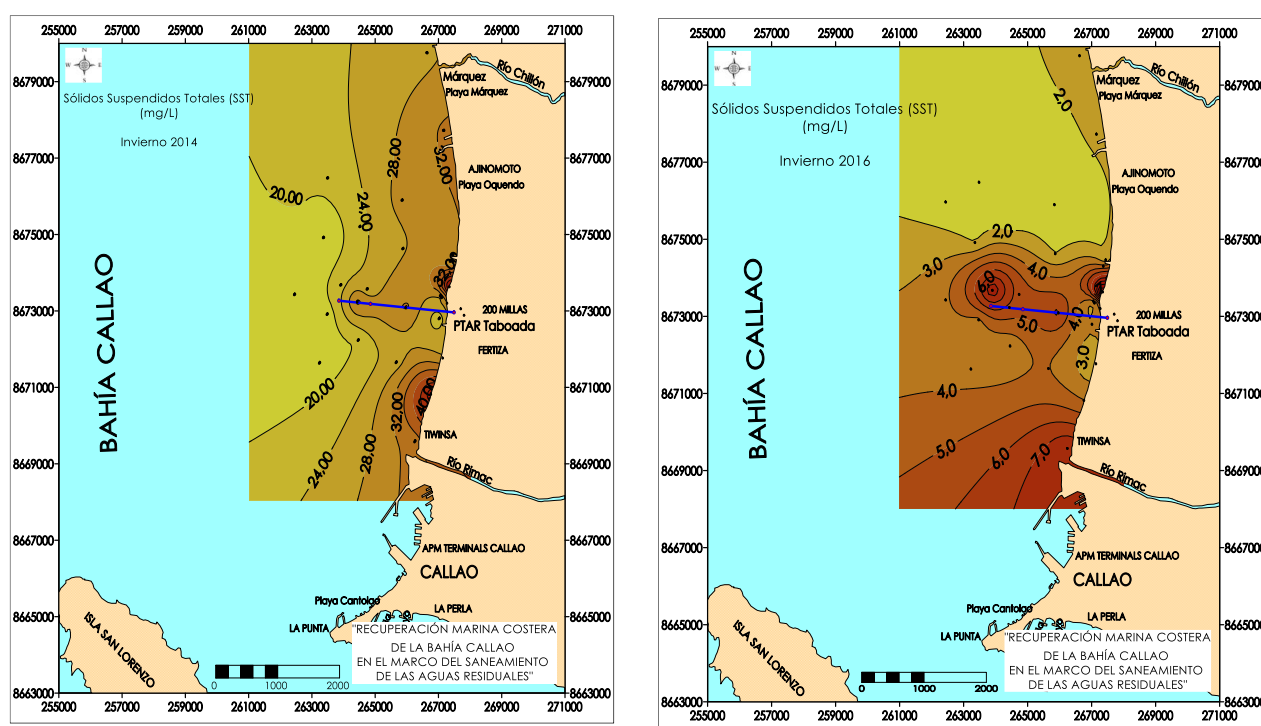


Figura 48. Distribución de SST superficial en bahía Callao-Invierno 2014 y 2016.

Fuente: Elaboración propia en base a Informes de monitoreos trimestrales PTAR Taboada. 2014 – 2016.

#### 5.4.1.5. Coliformes fecales

En el verano 2014, en la superficie del agua de mar frente a la playa Oquendo, los coliformes fecales o termotolerantes registraron un promedio de 304 281 NMP/100 ml,

con una concentración máxima de 1 070 000 NMP/100 ml en el punto M-08, en zona de protección marina; superando 76 veces el valor promedio, lo indicado para la Clase VI (4000 NMP/100 ml). En el punto M-08 superó 267 veces.

En el verano 2015, presentaron un promedio de 354 485 NMP/100 ml, con una concentración máxima de 7 530 000 NMP/100 ml (punto M-09) en la zona de protección marina; superando la Clase VI 88,6 veces el valor promedio y 1882 veces el valor máximo. En la Figura 50 se observa el foco de hasta 1 100 000 NMP/100 ml que se prolonga mar adentro a la altura del colector Bocanegra Callao, cerca del río Rímac.

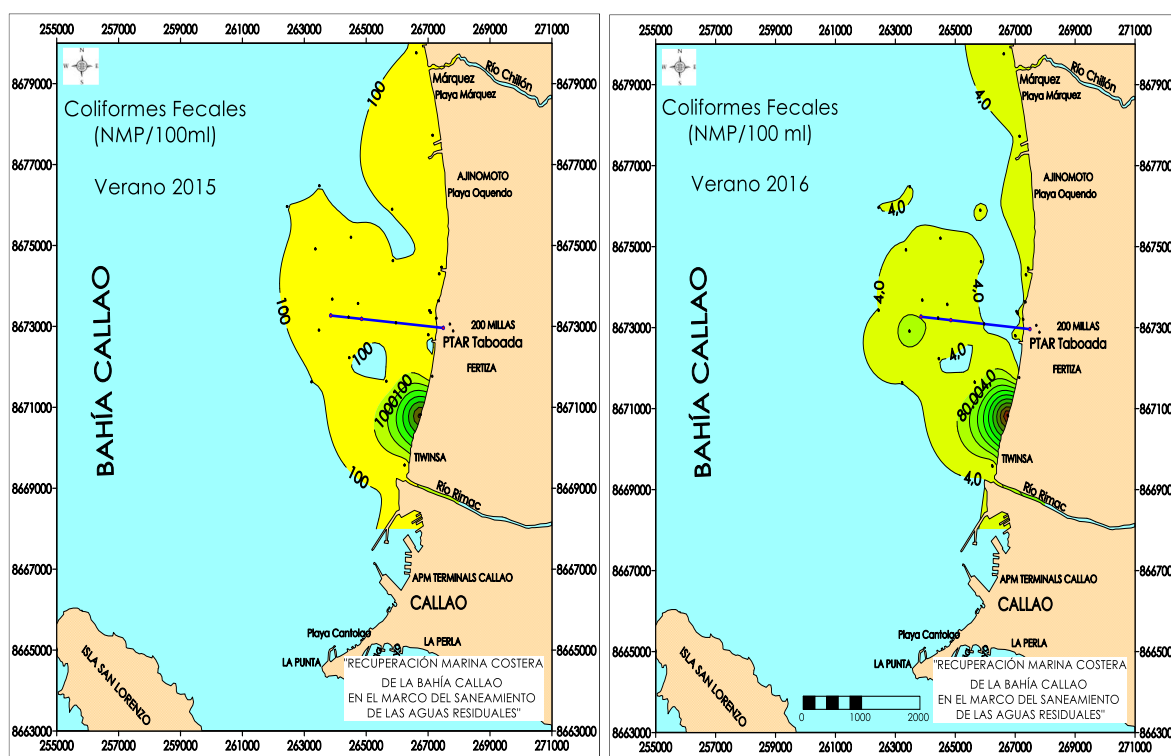
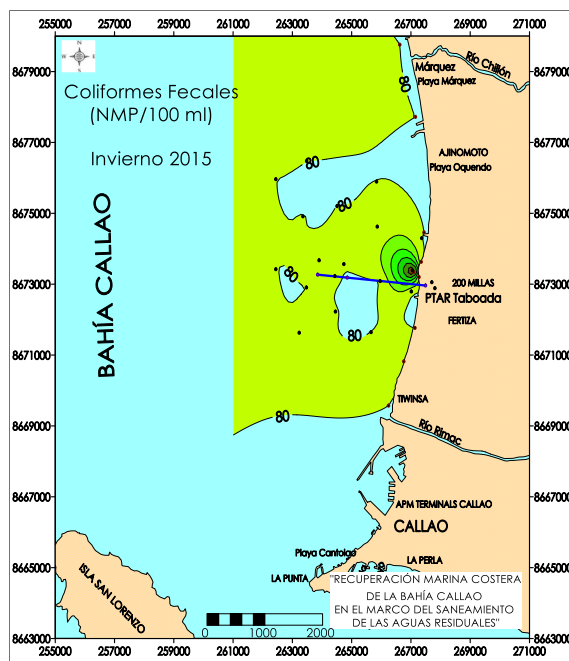
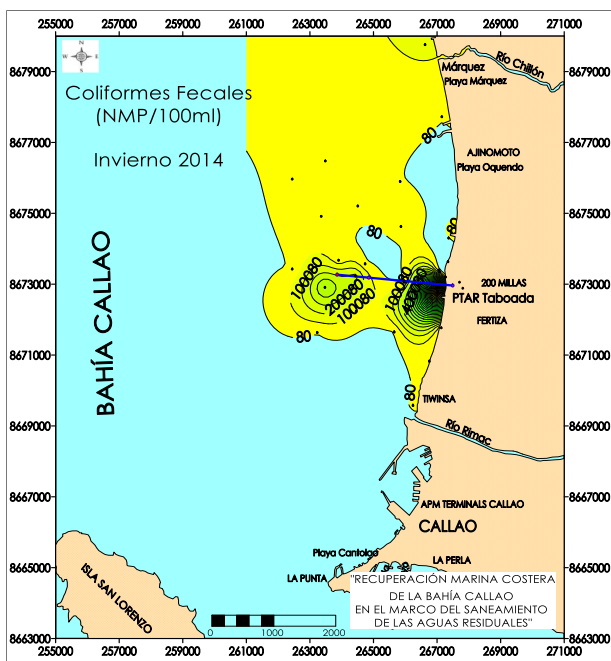


Figura 49. Coliformes fecales superficiales en bahía Callao- verano 2015 - 2016.

Fuente: Elaboración propia en base a Informes de monitoreos trimestrales PTAR Taboada. 2014 – 2016-

En el verano 2016, los coliformes fecales presentaron un promedio de 43 627 NMP/100 ml, con una máxima de 2 400 000 NMP/100 ml en el punto M-09 en la zona de protección marina; superando la Clase VI 0,9 veces el valor promedio y 600 veces el valor máximo (punto M-09). La Figura 50 muestra el foco de hasta 80 004 NMP/100 ml que se prolonga mar adentro a la altura del colector Bocanegra Callao, cerca del río Rímac. Sin embargo, llama la atención, que los coliformes en el entorno del difusor donde se descarga 14 000 m<sup>3</sup>/s sea muy baja, con respecto a lo registrado en playa.

En el invierno 2014, en el agua de mar superficial los coliformes fecales registraron una concentración promedio de 164 970 NMP/100 ml, con una máxima de 2 270 000 NMP/100 ml en el punto F (a 300 m de la orilla, en zona de exclusión marina); superando la norma 41,2 veces (el valor promedio) y el valor máximo 567 veces la Clase VI. Referencialmente el promedio superó 165 veces el ECA-agua 2008. La Figura 51 muestra dos núcleos de altas concentraciones orientados ligeramente hacia el sur del emisor submarino: uno al inicio del emisor y otro al final del mismo.



*Figura 50. Coliformes fecales superficiales en bahía Callao - invierno 2014 y 2015.*

Fuente: Elaboración propia en base a Informes de monitoreos trimestrales PTAR Taboada. 2014 - 2016

En el invierno 2015, en el agua de mar superficial los coliformes fecales registraron una concentración promedio de 2600493 NMP/100 ml, con una concentración máxima de 30672533 NMP/100 ml en los puntos M-07 y el punto E (a 800 m de la orilla, en la zona de protección y a 300 m de la orilla, m en la zona de exclusión marina respectivamente. La concentración mínima de 81,19 NMP/100 ml se registró en el punto E-08S (1000 m al SO de punto central del difusor). En la Figura 51 se observa un foco de máxima concentración núcleo de alta concentración al inicio del emisor submarino, que estaría relacionado a un nuevo vertimiento y que por la gran concentración podría tratarse del mismo efluente de PTAR Taboada.

El 15 de junio 2015 (AAA-ANA) en el punto M-06 (a 150 m de la línea de playa) con 23000 NMP/100 ml coliformes fecales excedió 5,75 veces el valor para la Clase VI (RJ N° 291-2009-ANA: 4000 NMP/100 ml). En el Punto E05-S (punto medio del difusor), con 49000 NMP/100 ml, excedió 12,25, en el punto E09-S (a 1000 m del punto E05-S, en zona de referencia) con 13000 NMP/100 ml, excedió 3,25 veces la Clase VI; en el punto E-08S (1000 m al suroeste del punto E-05S) con 49000 NMP/100 ml superó 12,75 veces. Referencialmente, excedió ampliamente el valor ECA-Agua Categoría 2: Actividades marino costeras. Subcategoría 3 (1000 NMP/100 ml).

En el invierno 2016, los coliformes fecales registraron una concentración promedio de 59535 NMP/100 ml, con una máxima de 870 000 NMP/100 ml en el punto E-08S (a 1000 m del punto central de difusor marino) en la zona de referencia, superando 14,8 veces (el valor promedio) y 217,5 veces el valor máximo, establecido para la Clase VI es 4000 NMP/100 ml. Referencialmente el promedio superó el ECA-



Agua 2008 unas 59 veces. En la Figura 52 se observa una pluma de agua se desplaza del final del difusor del emisor hacia el Suroeste. En la playa no se observa ningún vertimiento.

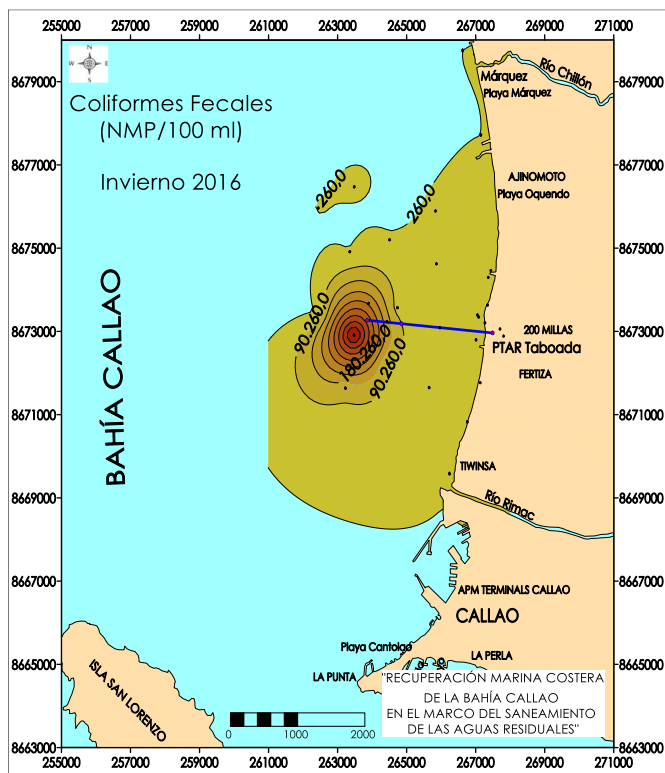


Figura 51. Coliformes fecales superficiales en bahía

Callao. Invierno 2014.

Fuente: Elaboración propia en base a Informes de monitoreos trimestrales PTAR Taboada. 2014 – 2016.

Las concentraciones de Coliformes fecales en los puntos denominados de exclusión y de referencia comprendidos entre los 3 y 4 km de la playa alcanzaron magnitudes de  $2 \times 10^8$ , muy altos, superando hasta 600 veces la Clase VI (RJ 0291-2009-ANA que indica 4000 NMP/100 ml), superando también en forma referencial los ECA agua 2008 que indica 1000 NMP/100 ml; siendo el parámetro de mayor preocupación dado el riesgo que representa para los organismos marinos, las playas o zona de recreación cercanas.

#### **5.4.1.6. Aceites y grasas**

En el verano 2014, en el agua superficial del mar los aceites y grasas registraron un promedio de 1,38 mg/L con una concentración máxima de 2,5 mg/l en el punto M-08 (a 2000 m de la descarga, donde referencialmente superó la Cate. 2 del ECA-Agua 2008.

En el verano 2015 en todos los puntos de control, excepto en M-06 (2,57 mg/l) registró concentraciones <1 mg/l y <3 mg/l (dos valores mínimos).

En el verano 2016, en todos los puntos de control también registró concentraciones < 1 mg/L. Solo en el punto M-09 ubicado la zona de protección marina registró una 7,21 mg/l que superó el valor referencial de 2 mg/L para la cat. 2. Subcat. 3 del ECA-Agua del 2008.

En el invierno 2014, en todos los puntos se registraron concentraciones < 1 mg/L, cumpliendo referencialmente lo establecido por los ECA-Agua del 2008.

En el invierno 2015, registró valores de aceites y grasas entre 3,84 y 0,36 mg/L con la concentración más elevada en el punto de control E correspondiente a la zona de exclusión y la concentración más baja de 0,36 mg/L, también en la zona de exclusión (punto A).

En el invierno 2016 registró en todos los puntos concentraciones < 1 mg/L. La RJ 0291-2009-ANA no hace referencia para la Clase VI.

#### **5.4.1.7. Metales**

En invierno 2014 en el agua de mar superficial se registraron concentraciones de arsénico, cadmio y plomo por debajo de lo indicado para la Clase VI (Resolución

Jefatural N° 0291-2009-ANA). Así mismo, se determinaron cobre, cromo, níquel y zinc con valores bajos sobre los cuales la norma no hace referencia.

El 15 de junio 2015 (AAA-ANA) en el punto E-08S se registró zinc (0.364 mg O<sub>2</sub>/l); en el punto de control E05-S (punto medio del difusor) 0.525 mg /l), y en el punto E09-S (a 1000 m del punto E05-S) 0,97 mg/l, que referencialmente superó la Cate. 2 del ECA agua que indica 0.081 mg/l.

En invierno 2016, en la zona de protección marina el arsénico, cadmio, mercurio, plomo y cobre registraron valores por debajo del límite de detección del método de ensayo y los valores establecido para la clase VI (RJ N° 0291-2009-ANA). Asimismo, el selenio y sulfuro presentaron valores por debajo del límite de detección de los método de ensayo respectivos, en todos los puntos de monitoreo.

Las sulfuros presentaron concentraciones <0,002 mg/L en todos los puntos de control, es decir en las zona de protección marina, de exclusión marina y de referencia o de mezcla de las aguas residuales. Estos valores no guardan la correlación inversa que debería mantener con los niveles de oxígeno disuelto, es decir a bajos niveles de oxígeno altos niveles de sulfuro.

El día 15 de junio 2015(ALA), en el punto M-06 (zona de impacto del emisor) la DBO<sub>5</sub>, coliformes fecales y totales excedieron la clase VI: Agua de zona de preservación de fauna y pesca recreativa comercial de la RD N° 291-2009-ANA; en cambio el oxígeno disuelto registró valores por debajo de la misma norma. En los puntos E-05S, E08-S y E09S, la DBO<sub>5</sub>, los coliformes fecales y zinc excedieron referencialmente los ECAS Categoría 2: Actividades marino costeras Subcategoría 3 del DS N° 002-2008-MINAM.

### **Parásitos**

Así también en las aguas residuales domésticas se encuentran presentes una amplia diversidad de parásitos, que representan un riesgo muy importante para los organismos marinos y los consumidores. Por tal, los estudios de factibilidad de factibilidad de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas según la OS090 en el ítem 4.3.2 establecen como uno de los parámetros de caracterización es “parásitos” (particularmente nemátodos intestinales); sin embargo, este parámetro, no ha sido considerado en la autorización de vertimiento ni en el protocolo de monitoreo de efluentes domésticos o municipales.

### **Otros Puntos de Vertimientos a la red de alcantarillado y al mar**

La ciudad Metropolitana creció en el entorno de la otrora “polos” industriales como los ubicados lo largo de las Avenidas Argentina, Colonial, Venezuela y en el Callao, de las cuales la mayoría han desaparecido. Las pocas que quedan dentro del caso urbano descargan sus aguas residuales a la red de alcantarillado en el marco de las facultades que le otorga la ley, el Decreto Supremo N° 021-2009-Vivienda sobre valores máximos admisibles (VMA) para la descarga a la red de alcantarillado público y su reglamento sus modificatorias, dirigido fundamentalmente a fin de evitar el deterioro de las instalaciones e infraestructura y equipos de la red de alcantarillado.

De otro lado, Asimismo, los referidos informes de monitoreo trimestrales también refieren de la existencia de 9 puntos de vertimiento directamente al mar, que ejercen influencia sobre la calidad del agua de mar (Tabla 26 y Figura 53).

Tabla 26. *Puntos de vertidos directo al mar- bahía Callao*

Punto	Descripción	Coordenadas WGS 84	
		Norte	Este
Vertido N°1	Vertido frente al punto M-09	266700	8670564
Vertido N°2	Vertido cercano al punto M-09	266915	8670911
Vertido N°3	Entre la salida N° 2 y el punto M-11	267057	8671394
Vertido N°4	A 50 m del punto M-11	267145	8671818
Vertido N°5	A 430 m al norte de punto M-11.	267209	8672187
Vertido N°6	A 670 m al norte del punto M-11.	267273	8672419
Vertido N°7	A 760m al norte del punto M-11.	267282	8672513
Vertido N°8	Cercano a punto M-05 y M-07.	267421	8673851
Vertido N°9	A 500 m al norte del punto M-10.	266528	8669898
Río Rímac	Desembocadura del río Rímac.	266317	8669192
Río Chillón	Desembocadura del río Chillón.	266957	8679868

Fuente: Informe Trimestral. 11vo Informe PTAR Taboada



Figura 52. Disposición de residuos sólidos en línea de costa – bahía Callao.

Fuente: 11vo Informe de Monitoreo trimestral PTAR Taboada.

## CAPITULO IV

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### **1.1 Características del agua marina antes y después del Saneamiento**

La temperatura, un parámetro conservativo registró valores entre 13 y 23 °C que respondió particularmente a los periodos estacionales, de la región costera desértica del Pacífico, donde se ubica el área de estudio. Sin embargo, también dio cuenta del ingreso al mar de las aguas de los ríos Rímac y Chillón en las épocas de verano con mayores temperaturas; así como de la presencia focos de agua residual con mayor temperatura a nivel de playa, y en el entorno del difusor, que podrían estar relacionados a vertimientos procedentes de actividades industriales, particularmente la actividad pesquera.

Respecto a la temperatura, el análisis que realizó Velaochaga (2015) a partir de imágenes de satélite (RGB del Landsat 8) registradas en los días 9 y 25 de marzo de 2015, muestra tonalidades distintas del agua de mar superficial frente a la playa Oquendo – Bahía Callao (Figura 54), donde se descarga el efluente de la PTAR Taboada. Ello es particularmente relevante, pues indica que el área marina receptora de las aguas residuales Taboada ha cambiado de aspecto debido a la presencia de residuos, partículas en suspensión que vienen a ser los denominados sólidos suspendidos totales, que al no ser asimilado o degradado, capta o absorbe el calor de modo que la temperatura se habría incrementado en el orden de 2° C.

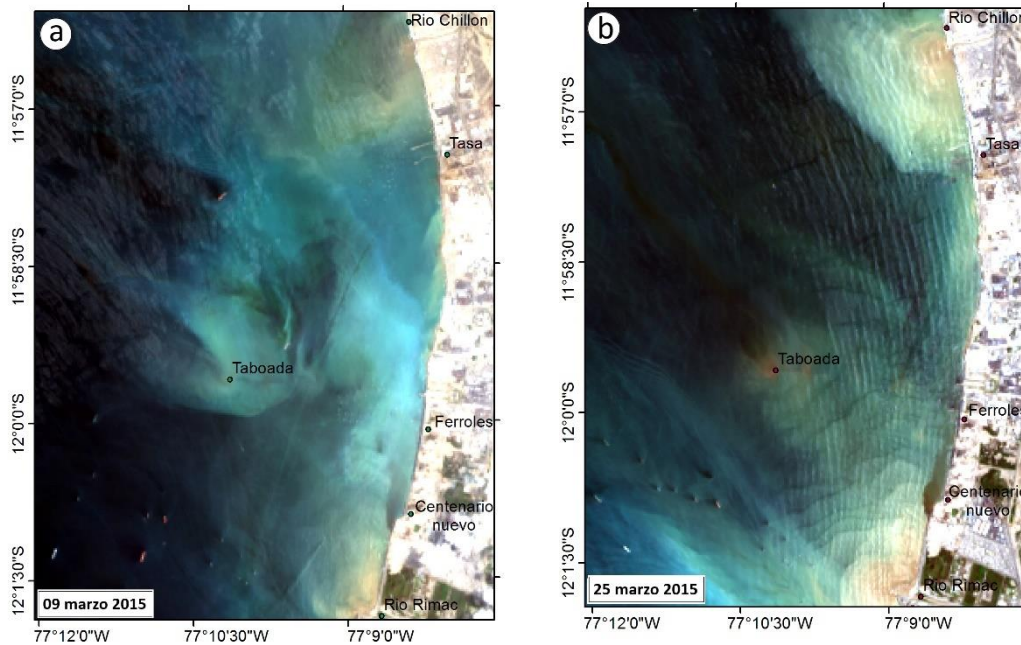


Figura 53. Tonalidad superficial bahía Callao según imágenes Landsat 8 marzo 2015.

Fuente: Velaochaga, G. et al (2016).

Cabe señalar, que las referidas imágenes satelitales también muestra el aporte de sedimentos a la bahía por los ríos Rímac y Chillón.

El potencial de hidrógeno (pH), en condiciones regulares varía entre 7,6 y 8,4; y estudios realizados por el IMARPE en la bahía del Callao registró valores entre 7,41 y 8,30, con los menores valores nivel de playa y los mayores valores mar adentro.

Después de la implementación del sistema de saneamiento, en el curso de 6 monitoreos trimestrales (3 de verano y 3 de invierno), comprendidos entre los años 2014 y 2015, los resultados registrados muestran valores promedio entre 7,51 y 7,81, con un ligero incremento (0,11) del límite inferior del rango, hacia la alcalinización; sin embargo, una significativa reducción del nivel alcalino (0, 5). Llama mucho la atención el valor del pH en invierno de 2016, en que se registró un promedio de pH de 8,26, con un rango de

variación entre 8,04 y 8,78 (Tabla 27), mostrando un notable incremento, característicos de ambientes muy eutrofizados, y ligados a altos niveles de oxígeno disuelto; lo cual no es el caso de la bahía Callao; pues las concentraciones de oxígeno registradas son de moderados a bajos niveles, debido a la grana carga orgánica que recibe.

Dichos registros podrían estar relacionados a una inadecuada calibración o un desajuste del equipo de medición del pH; pues aún cuando las descargas de aguas residuales se realizaban en forma dispersa los niveles de pH no se tiene registros de valores mayores de 8; sino de rangos entre 7,6 y 8,3.

Tabla 27. *Potencial de hidrógeno superficial en bahía Callao-monitoreos 2014-2016*

Año	Verano		Invierno	
	pH	Rango	pH	Rango
2014	7,51	7,59 - 7,28	7,77	7,86 - 7,59
2015	7,60	7,79 - 7,41	7,77	7,95 - 7,48
2016	7,81	8,00 - 7,53	8,26	8,78 - 8,04
RJ 291-2009-ANA	-		-	
ECA 2008: Cat.2: Otras actividades.	6,8 - 8,5		6,8 - 8,5	

Fuente: Elaboración propia en base a Informes de monitoreos trimestrales PTAR Taboada 2014 - 2015.

El oxígeno disuelto en la bahía en marzo 2002, registró entre 1,56 y 12,07 mg/l; en marzo del 2006 entre 0,49 y 11,61 mg/l; y entre 0,99 y 12,33 en set 2006, con los menores valores frente a la playa Oquendo y Taboada, donde se han localizado las descargas los Colectores Comas, Callao Centenario, y han tenido mayor alcance las aguas del río Rímac, en cuyo tramo final descargaba el Colector N° 6. Las aguas residuales por la gran carga de



materia orgánica (evidenciado o indicado por el alto valor de la DBO<sub>5</sub>) que trasladan son muy anóxicas es decir carentes de oxígeno.

Después del saneamiento los registros de las concentraciones de oxígeno en las estaciones de verano e invierno de 2014 al 2016, se presenta en la Tabla 28.

Tabla 28. Oxígeno disuelto *superficial en bahía Callao monitoreos 2014-2016*

Año	Verano		Invierno	
	Oxígeno disuelto (mg/L)	Rango	Oxígeno disuelto (mg/L)	Rango
2014	-	-	3,71	6,18 - 2,30
2015	5,48	7,14 - 3,76	4,44	5,85 - 2,86
2016	6,42	8,11 - 3,85	4,34	6,69 - 1,79
RJ 291-2009-ANA	≥ 4,0		≥ 4,0	
ECA 2008 Cat.2: Otras Actividades	≥ 2,5		≥ 2,5	

Fuente: Elaboración propia en base a Informes de monitoreos trimestrales PTAR Taboada 2014 - 2015.

Cabe destacar que, antes del saneamiento los puntos de descarga se ubicaban en diferentes puntos de la playa y con la dinámica de ésta (marea y oleaje) los bajos niveles de oxígeno abarcaba una franja estrecha de la playa; en cambio después del saneamiento los referidos colectores concentrados en un solo punto (PTAR Taboada) y descargada a 3,5 km de la costa, los resultados indican la presencia de una área mucho más extensa con niveles de oxígeno < 3,5 mg/l; es decir, con el saneamiento no hay mejora, al contrario se ha ampliado y se habría profundizado las zona con menores niveles de oxígeno.

Sobre los niveles de oxígeno es importante tener presente que cuando las concentraciones son altos (> 7 mg/l), la oxidación de la materia orgánica es completa es,

decir ésta se transforma en nitrato, fosfato, silicato componentes denominados nutrientes y benéficos para la masa de agua, pues la fertiliza y permite el crecimiento de fitoplancton, que alimenta al zooplancton, luego a los peces, dando sostenibilidad a la cadena trófica; siendo asimismo, fuente de oxígeno para la masa de agua. En cambio, cuando los niveles de oxígeno son menores o bajos ( $<4$  mg/l) la oxidación de la materia orgánica es incompleta; pues, dicha materia orgánica se convierte en ácido sulfhídrico, metano, monóxido de carbón y dióxido carbono, gases mercaptanos, entre otros asociados a un olor a huevo podrido, es decir componentes poco deseables para un ecosistema.

Los valores de  $DBO_5$  (salvo la registrada en el 2014, en que alcanzaron 20 mg/L) en casi en todas las mediciones realizadas en el curso de los monitoreos ambientales, son muy bajas y no guardan relación y/o consistencia con las concentraciones de oxígeno disuelto en el agua de mar ( $< 3,7$  mg/l), dado que ante valores bajos de OD, los valores de la  $DBO_5$  deben ser altos. Al respecto, probablemente en el análisis de la  $DBO_5$  no se ha utilizado el método adecuado. Al respecto, la ciencia y la experiencia indica que cuando las concentraciones de oxígeno son bajas entonces el análisis de la  $DBO_5$  debe realizarse mediante el método de la dilución.

En el verano 2015, llama la atención un núcleo de agua extendida del entorno del emisor hacia el norte y también hacia el sur, con concentraciones de  $DBO_5$  de 6 mg/L en el borde o periferie y concentraciones menores hacia el centro del núcleo, siendo inverso el valor esperado. Igualmente, es notorio los resultados de la ANA invierno 2015 (Laboratorio SAG) dentro de la zona de exclusión registró concentraciones  $>$  de 10 mg/L, sin embargo el reporte del administrador (con el Laboratorio AGQ) indica valores muy por debajo de 10 mg/L, obteniendo solo un máximo de 2,06 mg/L.

Tabla 29. Demanda bioquímica de oxígeno superficial en bahía Callao monitoreos 2014-2016

Año	Verano		Invierno	
	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	Rango	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	Rango
2014	15,40	20,20 - 3,9	7,77	7,86 - 7,59
2015	5,81	7,40 - 2,00	1,3	2,06 - 1,04
2016	1,65	4,40 - 1,07	2,67	5,03 - 1,07
RJ 291-2009-ANA	10		10	
ECA 2008 Cat.2: Actividades. Marinas Otras actividades	10		10	

Fuente: Elaboración propia en base a Informes de monitoreos trimestrales PTAR Taboada 2014 - 2015.

Sobre la presencia de la DBO<sub>5</sub> en el verano 2014 registró un promedio de 15,40 mg/L, con un rango de variación entre 3,9 y 20,20 mg/L; en el verano 2015 el promedio se redujo a la tercera parte y en el verano 2016 a la décima parte con respecto al verano 2014. Los rangos de variación también mostraron reducciones muy significativas; que no mantiene consistencia con la presencia de oxígeno en el área marina. Al parecer el análisis no se realizó por el método de dilución que se debe aplicar cuando las concentraciones de oxígeno son bajas (Tabla 29).

Los registros de DBO<sub>5</sub> en inviernos de 2014 a 2016 también mantuvieron la inconsistencia, por ello se podría decir que los resultados son dudosos. Al respecto, el laboratorio AGQ Perú SAC encargado de muestreo, tal vez, por ser un relativamente nuevo aplicó métodos no idóneos para agua de mar. Al respecto, la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) ha implementado metodología de análisis especiales para agua de mar.

### Sólidos suspendidos totales

El agua residual tratada que se descarga al mar con una concentración  $> 250$  mg/L sólidos suspendidos totales (SST) y con un caudal de 14000 l/s, donde las corrientes marinas son débiles; llama la atención, concentraciones bajas en el entorno de la zona del difusor del emisor submarino (Tabla 30). Ello estaría indicando que la pluma de agua residual solo al emerger a la superficie en forma vertical ya habría asimilado dichos sólidos hasta concentraciones  $< 3$  mg/L dentro de la zona de referencia o de mezcla, lo cual no es consistente.

Tabla 30. *Sólidos suspendidos totales en bahía Callao en verano e invierno 2014 – 2016*

Año	Verano		Invierno	
	SST (mg/L)	Rango	SST (mg/L)	Rango
2014	35,15	70,0- 7,80	25,88	55,27 -16,33
2015	69,78	99,94 - 45,57	5,33	12,08 - 2,08
2016	3,86	20,17 - < 1,99	4,45	12,75 - 1,99
RJ 291-2009-ANA	-		-	
ECA 2008 Cat.2: Otras actividades.	-		-	

Fuente: Elaboración propia en base a Informes de monitoreos trimestrales PTAR Taboada 2014 - 2016.

Las figuras vista anteriormente, permiten visualizar los aportes de sedimentos por os río Rímac y Chillón en la época de verano, cuando las aguas presentan por ello alta turbidez.

### Coliformes fecales

Los monitoreos de los parámetros de seguimiento de la calidad del cuerpo marino receptor del efluente de PTAR Taboada, muestra que los coliformes fecales estuvieron presentes en concentraciones altas en la bahía Callao. En las épocas de verano 2014 al 2016 se registraron concentraciones de coliformes fecales con promedios entre 41 604 y 354 485 NMP/100 ml y con rango de variación entre 825 333 y 7 530 000 NMP/100 ml: en las estaciones de invierno dichas concentraciones se elevaron significativamente (Tabla 31).

Los resultados más bajos en el verano indican la influencia de los importantes caudales de las aguas de los ríos Rímac y Chillón que contribuyen a la dilución.

Tabla 31. *Rango y promedio de coliformes fecales en verano e invierno 2014 – 2016*

Año	Verano		Invierno	
	Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	Rango	Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	Rango
2014	284 063	1 070 000-1000	164 970	2 970 000- 82,3
2015	354 485	7 530 000 - 151	2 600 493	30 700 000-81,2
2016	41 604	825 333 - 4,83	59 535	870 000 - 260
RJ 291-2009-ANA	4000		4000	
ECA 2008 Cat.2: Otras actividades.	1000		1000	

Fuente: Elaboración propia en base a Informes de monitoreos trimestrales PTAR Taboada 2014 - 2015.

## **1.2 Capacidad receptora marina del efluente de PTAR Taboada**

El saneamiento ambiental de un cuerpo receptor de residuos, en particular se basa en dos aspectos fundamentales: a) Condiciones o potencialidad del medio receptor y b) la calidad del efluente o agua residual tratada.

### **1.2.1 Condiciones de la bahía Callao para recepción de efluente**

Los criterios técnicos científicos (CPPS, 1988) para la descarga de vertimientos en el mar, indican que los mejores lugares se localizan en áreas costeras abiertas, donde las corrientes y las condiciones eólicas y mareales permiten su rápida dilución y dispersión impidiendo su retorno a las playas. Las situaciones más difíciles se presentan cuando el punto de descarga está localizado en una bahía semi-cerrada o en una caleta, o en cualquier área costera donde se impida el libre intercambio de agua. En tales situaciones se requiere que las aguas residuales reciban un tratamiento efectivo antes de su descarga.

También, en el marco de las guías o lineamientos para la protección del medio marino precisa que *“El emisor submarino debe estar localizado de tal forma que pueda beneficiarse de corrientes favorables para evitar el depósito de sólidos; y su localización y construcción deben ser efectuados de tal manera que la dilución inicial sea adecuada”* (CPPS, 1988: Implicaciones de Contaminación Marina por el Desarrollo del Área Costera p. 34).

Al respecto, la bahía Callao tiene un ancho aproximado de 7,5 km a partir de la playa Oquendo, según estudios realizados por la firma Parsons Engineering Science (1995) en el marco del Proyecto PROMAR y estudios del IMARPE en el centro de la bahía Callao, las corrientes marinas tienen velocidades de 5 cm/s, considerada débiles o

de baja intensidad; a partir del centro de la bahía hacia fuera éstas aumentan su velocidad hasta alcanzar 20 cm/s saliendo de la bahía.

De otro lado, la batimetría o topografía submarina de la bahía Callao se caracteriza por sus bajas o suaves pendiente relacionadas a pocas profundidades; de modo que a 3,5 km de la playa la Carta Batimétrica elaborada por DIHIDRONANV registra una profundidad de 15 m. Muy distinta de Punta La Chira al Sur de la bahía Miraflores donde la topografía es abrupta o alta, de forma que solo a 3 km presenta una profundidad de 8 km.

La Resolución Directoral 030-2010-ANA-DCPRH, indica que autoriza el vertimiento a la bahía Callao de 14 000 l/s de las aguas residuales tratadas en PTAR Taboada, a 3,5 km de la playa Taboada, mediante un emisor submarino, cuya longitud alcanza el centro de la bahía Callao, es decir, un lugar donde las corrientes son débiles (5 cm/s). A dicha longitud también la profundidad del agua de mar es de solo 15 m, lo que implica menor capacidad o menor volumen de agua para diluir la pluma de agua residual.

Al respecto, la guía científica también precisa que cuando las condiciones de dispersión son inadecuadas, puede presentarse un agotamiento excesivo del oxígeno y la deposición de materia orgánica en las cercanías de los vertederos, lo que podría tener un efecto muy pernicioso a nivel local para los recursos vivientes.

Por lo analizado líneas arriba, el lugar de disposición del efluente de PTAR Taboada aproximadamente en el centro de la Bahía Callao, donde las corrientes marinas con baja intensidades no permiten la adecuada dispersión de la carga contaminante y las bajas profundidades del punto de descarga ofrece poco volumen para la dilución; se concluye que el punto de descarga presenta limitadas capacidad para asimilar o remover la carga contaminante.

### 1.2.2 Calidad del efluente

El agua residual doméstico que ingresa a la planta de tratamiento Taboada con un caudal de 14000 l/s, presenta altas concentraciones de SST, DBO<sub>5</sub>, coliformes fecales y totales, metales, detergentes, aceites y grasas, hidrocarburos entre otros y en condiciones anóxicas, que la catalogan como de características fuertes, a través de la planta Taboada mediante tratamiento preliminar avanzado consistente en un sistema de rejillas, seguido de tamices retiene y elimina material sólidos y material particulado > 1 mm de diámetro. No aplica ningún químico para reducir la carga microbiana.

Como se puede observar de la Tabla 32, el agua residual que ingresa a PTAR Taboada con una concentración de aceite y grasa de 63,3 mg/L; sale de ésta con 62,3 mg/l, es decir, remueve o elimina solo el 1.58% y queda retenido y pasa al mar el 98,42%. De esta forma, se observa que la DBO<sub>5</sub> tiene una remoción o eliminación del 6,34 %, la DQO el 5,21 %, los SST el 13,65 % y en el caso de los coliformes fecales indica los informes trimestrales que remueve hasta el 41,3%. Esta remoción de coliformes implica que el agua residual ingresa a PTAR Taboada con 92 000 000 NMP/100 ml de coliformes fecales y luego del tratamiento sale de ella con 54 000 000 NMP/100 ml de coliformes fecales (equivalente a 5,4E+07 NMP/100 ml) , removiéndolo el 41,3%; y cumpliendo el compromiso establecido con la RD 036-2010-ANA-que indica 1,00E+08 NMP/100 ml. Sin embargo, esta concentración es muy elevada teniendo en cuenta el caudal de 14 000 l/S.

En el caso de los SST con el caudal de 14000 l/s estaría ingresando al mar un promedio de 421 tn/día, constituido fundamentalmente por materia orgánica, que demanda de altas concentraciones de oxígeno para su oxidación o degradación y la bahía por sus condiciones de poca dinámica marina presenta de moderadas a baja concentraciones de oxígeno; no puede degradar u oxidar la gran masa de sólidos suspendidos; por lo que parte de ella estaría pasando a incrementar el sedimento fangoso acumulado en la bahía, creando



un ambiente putrefacto y generador de ácido sulfhídrico, dióxido de carbono, gases mercaptanos, que incidirá en la reducción del nivel alcalino del potencial de hidrógeno del agua marina.

Tabla 32. Porcentaje de remoción de PTAR Taboada

Parámetros	Unidad	Afluente	Efluente	%	%	Valor Compromiso ambiental <sup>1</sup>	LMP <sup>2</sup> -2010	LMP <sup>3</sup> Chile	LMP <sup>4</sup> - Ecuador
				No Remoción	Remoción				
Temperatura	°C	19,9	21,2	-	-	-	< 35	30	-
pH	Unid pH	7,22	7,18	-	-	-	6,5 - 8,5	6,0 - 9,0	6,0 - 8,5
A&G	mg/l	63,3	62,3	98,42	1,58	70	20	20	
(DBO <sub>5</sub> )	mg/l	351	327	93,16	6,84	500	100	60	70
(DQO)	mg/l	863	818	94,79	5,21	1000	200		
SS	mg/l	6,3	5,4	85,71	14,29	-	-		
SST	mg/l	403	348	86,35	13,65	270	150	100	75
NH <sub>3</sub>	mg/l	56,2	53,1	94,48	5,52	-	-	30	
NK	mg/l	64,6	60,1	93,03	6,97	-	-	50	
Ptotal	mg/l	12,3	12,3	100	0	-	-	5	
CF	NMP/100 ml	9,20E+07	5,40E+07	58,7	41,3	1,00E+08	1,00E+04	1000 - 70	
CT	NMP/100 ml	1,60E+08	7,00E+07	43,75	56,25	1,00E+08	2,00E+04		1000
<p>pH: Potencial de hidrógeno A&amp;G: Aceites y grasas, DBO<sub>5</sub>: Demanda bioquímica de oxígeno; DQO: Demanda química de Oxígeno; SS: Sólidos sedimentables; SST: Sólidos suspendidos totales"; NH<sub>3</sub>: Nitrógeno amoniacal; NK: Nitrógeno Kjeldahl; Ptotal: Fósforo total; CF: Coliformes fecales; CT: Coliformes totales</p> <p>1 Compromiso ambiental aprobado mediante RD 036-2010-ANA-DCPRH sobre autorización de descarga del efluente PTAR Taboada.</p> <p>2 Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales aprobado por Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM (17.3.2010)</p> <p>3 Límites máximos para descarga de residuos líquidos a aguas marinas, dentro de zona de protección - Chile. Decreto Supremo 90/2001 publicado el 7 de marzo de 2001.</p> <p>4 Valore máximos permisibles para descarga de agua residual municipal –Ley General sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales, Capítulo AGUA - Art. 134. Ecuador</p>									

Fuente: Elaboración propia con datos de informes de monitoreos trimestrales PTAR Taboada.

Es decir la calidad del efluente o aguas residuales tratadas por la PTAR Taboada, debido a su alta carga contaminante se constituye en una gran presión para la bahía Callao, como cuerpo receptor marino.

### **1.3 Capacidad de recuperación del cuerpo receptor marino**

El objetivo del proyecto de construcción de la planta de aguas residuales Taboada y emisor submarino fue descontaminar la bahía Callao, captando las aguas descargadas por los colectores Comas, Callao –Bocanegra y colector N° 6 a nivel de playas para concentrarlas en la Planta de Tratamiento Taboada, ubicada en la playa Oquendo y luego de un tratamiento preliminar disponerlas mediante un emisor submarino mar adentro. En este marco tras tres años de operación se planteó como hipótesis que las condiciones del cuerpo marino receptor habían mejorado, siendo con ello positiva la recuperación del medio marino.

En el campo del saneamiento del medio marino, el objetivo fundamental de los emisarios submarinos es disponer las aguas residuales en el mar con el mínimo impacto; es decir, que la pluma del agua residual no altere de alguna forma el aspecto natural del agua de mar, y sea inocua para el ecosistema marino, para el litoral y para la salud de los seres humanos (López, 2009). Ello implica que ante la disposición del agua residual al mar proveniente de la planta Taboada, éste debe tener la capacidad de asimilar los residuos o carga orgánica y microbiana contaminante de naturaleza biodegradable, a partir de diversos aspectos físico, químicos y biológico, entre ellos la gradiente de temperatura a que se exponen las bacteriana al descargarlas en el fondo del mar y exponerlas a los rayos ultravioletas, así como a las sales del mar, las corrientes marinas, y entre otros procesos como la dilución, adsorción, absorción, dispersión y las condiciones de oxidación

degradación de la materia orgánicas y otros procesos químicos como la nitrificación, la fotosíntesis, etc.

De las características físicas químicas y microbiológicas del agua de mar en el área de estudio se tiene: los coliformes fecales o termotolerantes superan altamente (hasta 400 veces lo establecido para la Clase VI por la Resolución Jefatural J 0291-2009-MINAM, cubriendo una extensión más allá de la zona de protección marina.

Los sólidos en suspendidos totales para los cuales la Categoría VI de la Resolución Jefatural no hace referencia registran concertaciones superiores a las encontradas por el IMARPE antes de la operación de PTA Taboada y emisor. De otro lado, el oxígeno disuelto alcanza concentraciones  $<4$  mg/l en grandes extensiones del área, incumpliendo la norma. Estos valores de oxígeno tiene particular función en el proceso de la descomposición u oxidación de la materia orgánica, dado cuando los niveles en el agua de mar son bajos, el proceso de oxidación, es decir, la conversión a nitratos, fosfatos, silicatos, será pobre; generándose en su lugar CO, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S (olor a huevo podrido) , CO y gases mercaptanos: La presencia de H<sub>2</sub>S tenderá a bajar el pH del agua, siendo este parámetro de especial importancia para la vida marina, dado que no es suficiente que cumpla el rango de la norma (6,5 – 8,5) sino el rango de un medio marino natural que es de 7,6 a 8,4; de lo contrario puede causar desequilibrio del ecosistema marino, pues entre otros afectaría n la constitución calcárea y silíceo de los organismos marinos.

Así se puede deducir que los cambios de las características del agua marina no estarían vinculados a mejoras, en todo caso sería muy baja o ínfima; y ello están estrechamente relacionadas a la calidad del efluente o agua residual de la PTAR Taboada que ingresa a la bahía con una carga contaminante muy alta que las condiciones limitadas, no lo puede asimilar o remover por lo que estaría generándose la degradación de la bahía.

Al respecto, el Capítulo 17 de la Agenda 21 de la Conferencia de Río, entre sus 7 programas principales trata lo referido a la Protección del medio marino contra las fuentes terrestres de contaminación y precisa que “las naciones se comprometen a prevenir, reducir y controlar la degradación del medio marino así como mantener y mejorar sus capacidades”.

De esta forma, se puede afirmar que la recuperación ambiental del área marina costera de la bahía de Callao frente a la playa Oquendo, donde se descarga el efluente o agua tratada de la PTAR Taboada es incipiente o muy baja.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

##### **Características del agua de mar – bahía Callao antes del saneamiento**

Entre el río Rímac y Chillón, y a nivel de playas se han venido descargando al mar 9000 m<sup>3</sup>/s y sin ningún tratamiento, las aguas residuales de los colectores Comas, Callao, Centenario, sumándose colector en el año 2001 el Costanero y Colector N° 6 que alcanzó un promedio de 13 000 l/s. Como resultado de ello, la franja marina costera de la bahía Callao presentó concentraciones de coliformes fecales hasta 2 km mar adentro, que superaban la Clase III de la Ley General de Aguas, luego la Categoría 2 establecidos en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua. Inclusive en recursos hidrobiológicos como la sardina, caracoles, choros y cangrejos se encontraron presencia de coliformes.

- a) La bahía Callao es un cuerpo de agua cerrado y estudios del IMARPE indican presencia de corrientes marinas débiles o con bajas intensidades en el centro de ésta. La carta batimétrica de DIHIDRONAV de Marina muestra bajas profundidades entre los ríos Rímac y Chillón y con ello menor volumen de agua para la dilución del efluente.

##### **Calidad del efluente de PTAR Taboada**

- a) El agua residual doméstica (14 000 l/s) que ingresa a la PTAR Taboada, considerada de características fuertes (doméstico e industrial), es sometido a un

sistema de tratamiento preliminar avanzado que comprende mallas de 1 mm de diámetro.

- b)** El control de la calidad del efluente se realiza en el marco de la aplicación del Compromiso ambiental del administrados de la PTAR aprobado mediante Resolución Directoral N° 0036-2010-ANA-DCPRH que con fecha 31/3/2010 Autorizó el vertimiento del efluente Taboada). No aplica el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM (del 17/2/2018) que Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR), para el sector Vivienda. (MINAM-. 2010).
- c)** Los monitoreos trimestrales comprendidos entre el primer trimestre de 2014 y el 3er trimestre de 2016, registró concentraciones de SST y coliformes fecales, que superaron lo establecido por la referida Resolución Directoral Sin embargo, referencialmente distó mucho de lo indicado en el DS N° 003-2010-MINAM (LMP para efluentes domésticos) según el Art. 3 no es aplicable para plantas de aguas residuales con tratamiento preliminar avanzado.
- d)** El efluente evaluado diariamente entre agosto y setiembre de 2016, los sólidos suspendidos totales y los coliformes fecales, así como aceites y grasas, superaron lo establecido en el compromiso ambiental
- e)** El efluente o agua residual tratado en PTAR Taboada tiene una reducción del 6,84 % de la DBO<sub>5</sub>, el 5,21 % de DQO, el 13,65 % de SST, un 1,58 % de Ay G, y el 41,3 % de coliformes fecales (49 000 000 NMP/100 ml); lo que indica que un bajo porcentaje de remoción de la carga contaminante particularmente coliformes fecales, lo cual constituye un alto riesgo para el ecosistema marino, en particular contaminación de los recursos hidrobiológicos y riesgo de salud a los consumidores.

### **Características del agua – bahía Callao después del saneamiento**

- a) El área marina (zona de protección costera, zona de exclusión marina y zona de referencia) del entorno ésta, donde se descarga el efluente Taboada presenta concentraciones de DBO<sub>5</sub>, sulfuros y pH en magnitudes, poco consistentes. Los SST registraron valores de hasta 60 mg/L para lo cual la norma no hace referencia. Los coliformes fecales superaron hasta 600 veces lo establecido en la RJ N° 291-2009-ANA para la Clase VI que indica 4000 NMP/100ml.
- b) El pH del agua de mar, si bien registró valores dentro del rango (6,5 a 8,8), mostró tendencia al límite inferior, excepto verano e invierno 2016 en que registró valores de pH > 8 , lo cual es dudoso, dado que en los últimos 20 años el IMARPE e HIDHIDRONAV no tuvieron dicho registro. acidificación, posiblemente atribuida a la presencia de H<sub>2</sub>S.
- c) La oxidación de la materia orgánica, dando lugar a la formación de sulfuros, sustancia que tiende a bajar el pH del agua de mar, parámetro que regula los procesos biológicos del ecosistema marino.
- d) Ello implica que el sistema de saneamiento que comprende planta de tratamiento Taboada y el emisor submarino que requirió una inversión de S/. 416 620 130,05 (sin IGV) no muestra mejora de la calidad del agua de la bahía Callao.

### **Capacidad de recuperación ambiental de la bahía Callao**

- a) El efluente de PTAR Taboada pese al tratamiento ingresa a la bahía con una alta carga contaminante de coliformes fecales y solidos suspendidos totales. Si bien cumple el compromiso ambiental en DBO<sub>5</sub>, aceite y grasas con un valla técnico -legal muy alta no tiene la calidad para ser descargado en bahía.

- b)** El centro de la bahía del Callao, a 3,5 km de la playa Oquendo donde las corrientes marinas son débiles y las profundidades son bajas, representan condiciones muy limitadas para garantizar la adecuada remoción o asimilación de la carga contaminantes que se dispone en ella.
- c)** La inadecuada calidad del efluente y el lugar de descarga con limitadas condiciones para la remoción de la carga contaminante del efluente de la PTAR Taboada, que implica limitada capacidades para asimilar hacen que la bahía tenga una baja o pobre recuperación ambiental.



## 5.2 Recomendaciones

- a) Que se realice seguimiento estricto al monitoreo de la calidad del efluente Taboada, así como del cuerpo receptor (con más puntos hacia el norte y en la columna de agua) por la Autoridad Nacional del Agua, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Ministerio de Salud. Monitoreos ambientales.
- b) Que haya mayor participación de las universidades, especialmente en temas de investigaciones (a nivel de tesis), relacionadas a la evaluación de eficiencia del sistemas de tratamiento de aguas residuales como el de PTAR Taboada, los efectos biológicos y microbiológicos en la bahía. Identificación de parásitos y técnica de eliminarlos en el sistema actual, por el riesgo que representa para los recursos hidrobiológicos y consumo de éstos.
- c) Demarcación del perímetro de la zona de exclusión marina con boyas flotantes para evitar que los pescadores artesanales realicen actividades en esta zona de alta carga de coliformes fecales, según lo indicado por Resolución Directoral N° 036-2010-ANA-DCPRH que aprueba el vertimiento de las aguas tratadas de PTAR Taboada.
- d) El gran aporte de sedimentos a la bahía por los ríos Rímac y Chillón, así como la disposición de desmontes en playas, intensifica el proceso de sedimentación, y con ello la reducción de profundidad de las bahía, vinculándolo o un menor volumen de agua para la dilución marina, factor importante para lograr la depuración del agua de mar.
- e) Se implemente el reglamento de supervisión, fiscalización y sanción del incumplimiento de los LMP establecido por el Decreto Supremo 030-2010-MINAM, sobre Límites máximos permisibles para aguas residuales a cargo de la autoridad competente; MVCS (ente rector de saneamiento).

- f) Se recomienda un estudio para prolongar la longitud del emisor fuera de la bahía donde las corrientes son más intensas y la capacidad de dilución mayor, debido a la alta carga contaminante que traslada el efluente Taboada a la bahía Callao y las limitadas condiciones dinámicas y topográfica submarina del lugar de disposición actual estarían haciendo crítica la capacidad de recuperación de la bahía Callao. Caso contrario se requeriría mejorar el nivel de tratamiento de la PTAR Taboada hasta un nivel primario mejorado, es decir una planta de tratamiento que remueva por lo menos entre 30 y 40% de la carga.

### 5.3 REFERENCIA

- AAA (2015). *Resultados del monitoreo de agua de mar en las inmediaciones de la PTAR Taboada. Informe Técnico N° 060-2015-ANA-AAA-CF/ALA.CHRL-AT/CLLC*. Autoridad de la Administración del Agua (AAA) de la Autoridad Nacional del agua (ANA). Lima. Perú.
- ANA (2010). *Resolución Directoral N° 0036-2010-ANA-DGCPRH. Autorización de vertimiento de aguas residuales de planta de tratamiento Taboada*. Autoridad Nacional del agua. Perú, Lima.
- ANA (2010). *Resolución Directoral N° 0096-2010-ANA-DGCRH. Reconsideración sobre el caudal de 20000 l/s y pago por vertimiento* Autoridad Nacional del agua. Perú, Lima.
- ANA (2010). *Resolución Jefatural N° 0291-2009-ANA. Establece requisitos y procedimientos para el otorgamiento de autorizaciones de vertimientos y reusos de aguas residuales*. Autoridad Nacional del agua. Perú, Lima.
- ANA (2015). *Resolución Directoral N° 237-2015-ANA-DGCRH Modificación de ubicación del punto de control del efluente*. Autoridad Nacional del agua Perú, Lima.
- CENSOPAS (2008). *Decreto Supremo N° 042.2008.PCM Aprueba el límite máximo permisible (LMP) para el parámetro coliformes fecales con un valor de 10000 NMP/100 ml para el efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas residuales (PTAR) a ser proyectada en la zona denominada Taboada, ubicada en la provincia Constitucional del Callao*. Centro de Información y Documentación Científica- CENSOPAS.

COMEX (2013). Clasificación de una planta de agua residuales. Resolución de la DIAN de Colombia No. 000508 del 25 de enero de 2013. Bogotá. Colombia.

CPPS (1988). *Criterios Científicos para la Selección de Sitios Adecuados para la Evacuación de Desechos en el Mar*. Comisión Permanente del Pacífico Sur. Colombia, Bogotá.

CPPS (1988). *Implicaciones de Contaminación Marina por el Desarrollo del Área Costera. Plan de Acción para la Protección del Medio Marino y Áreas Costeras del Pacífico Sudeste: Colombia, Chile, Ecuador, Panamá y Perú*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Comisión Permanente del Pacífico Sur Bogotá, Colombia. (pp. 28-29, 34).

CPPS (1988). *La capacidad ambiental: una aproximación a la prevención de la contaminación marina*. Comisión Permanente del Pacífico Sur. Bogotá, Colombia. (pp. 76 págs.)

CPPS (2014). *Estado del Medio Ambiente Marino y Costero del Pacífico Sudeste*. Comisión Permanente del Pacífico Sur. Guayaquil. Ecuador. Serie de Estudios Regionales N°. 244 Pág. (p .5, 60).

Ecología Verde. (3 de marzo de 2017). Así contribuyen los ríos a la contaminación.

Libano: Green área. Recuperado de: <http://greenarea.me/es/204708/asi-contribuyen-los-rios-la-contaminacion-marina/>

Elivalaw (16 de setiembre de 2009). Definición de contaminación marina. Perú: La contaminación de los mares. Recuperado de:

<http://contaminaciondelmares.blogspot.pe/2009/09/definicion-de-contaminacion-marina.html>

Hernández, M B (2009). *La resiliencia de los ecosistemas, clave del desarrollo sostenible*. Éxito Empresarial. N° 99.

<http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/agenda21spchapter17.htm>

IMARPE (2006). *Informe de Monitoreo de la calidad ambiental de la Bahía del Callao y Evaluación del impacto de futuras descargas del interceptor Norte*.

Convenio IMARPE –SEDAPAL. Perú, Lima.

IMARPE (2010). *Informe: Evaluación de la calidad medio ambiental marino frente a la bahía del Callao. Convenio IMARPE – SEDAPAL, del 08 al 13 diciembre del 2010. Instituto del Mar del Perú*. Lima. Perú: Lima.

IMARPE (2010): *Línea Base – Estudio de Impacto Ambiental de Proyecto Construcción de Interceptor Norte- Convenio IMARPE –SEDAPAL*. Perú, Lima.

IMARPE (2011). *Informe de Evaluación de parámetros de calidad acuática en el área costera del Callao. IMARPE- SEDAPAL) entre el 11 y 14 de abril 2011*. Perú, Lima.

IMARPE (2012): *Distribución Vertical de las corrientes marinas (cm/s), Calidad Medio Ambiental Marino frente a la Bahía del Callao 1012. BIC IMARPE VII*. Perú, Lima.

IMARPE (2017). *Informe Técnico – Evaluación de la Zona Comprendida de la Bahía de Callao en los Años 2010-2014*. Lima: Autor: Instituto del Mar del Perú. Perú: Lima.

IMARPE-SEDAPAL (2006). *Monitoreo de la Calidad Ambiental de la Bahía del Callao - Evaluación del Impacto de futuras Descargas del Interceptor Norte*. Octubre 2006.

- INEI. (2009). *Estimaciones y Proyecciones de población 1950-2050. Boletín de análisis demográfico*. Instituto Nacional de Estadística e Informática Perú: Lima. Consultado en: <https://www.inei.gob.pe/>
- López, V. (7 de febrero de 2009). ¿Para qué sirven los emisarios submarinos? España: Varinia.es. Recuperado de: <http://varinia.es/blog/2009/02/07/%C2%BFpara-que-sirven-los-emisarios-submarinos/>
- Ludwig, R. (1991). *Evaluación del impacto ambiental; ubicación y diseño de emisarios submarinos*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria. Lima, Perú.
- Martínez, R. & Martínez, G. (2011). *Evaluación de parámetros de calidad acuática en el Area Costera del Callao: Informe Componente Química: Calidad Acuática IMARPE-SEDAPAL*. Lima: Instituto del Mar del Perú. Consultado en: <http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/>
- MEF (2017). *Agencia de Promoción de la Inversión privada Planta de Tratamiento de aguas residuales y emisario submarino La Chira*. Perú: Ministerio de Economía y Finanzas. Recuperado de: <https://www.mef.gob.pe/es/>
- MINAM (2008). *Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua- DS 002-2008-MINAM*. Sistema Nacional de Información Ambiental - Sinia. Ministerio del Ambiente Lima. Perú: Recuperado de: <http://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/37571>
- MINAM (2009). *Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM. Aprueba la Política Nacional del Ambiente*. Ministerio del Ambiente. Tomado de [www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-012-2009-minam/](http://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-012-2009-minam/)

- MINAM (2010). *Límites Máximos Permisibles DS 003-2010-MINAM*. Lima. Perú:  
Sistema Nacional de Información Ambiental - Sinia. Ministerio del Ambiente  
Recuperado de <http://sinia/minam.gob.pe/normas/limites-màximos-permisibles>
- MINAM (2014). *Resolución Ministerial N° 189 – MINAM (4 de agosto de 2015)*.  
*Aprobó los Lineamientos para el Manejo Integrado de la Zonas Marino  
Costeras*. Ministerio del Ambiente. Tomado de  
[www.minam.gob.pe/normativas/](http://www.minam.gob.pe/normativas/)
- MINAM (2015). *Resolución de Consejo Directivo N° 009-2015-SUNASS-CD*. Perú:  
*Sistema Nacional de Información Ambiental - Sinia*. Ministerio del Ambiente.  
Recuperado de <http://minam.gob.pe/políticas/normas/>
- Ministerio de Defensa (2012). *Decreto Legislativo 1147 – Decreto Legislativo que  
Regula el fortalecimiento de las Fuerzas Armada en competencias de la  
Autoridad Marítima Nacional – Dirección General de Capitanía y  
Guardacostas*. Recuperado de: <https://www.dicapi.mil.pe/leyRegl.html>
- Munaylla, U. (1996- 1997). *Informe sobre el desarrollo del Plan de Acción para la  
protección del medio marino y áreas costeras del Pacífico Sudeste*. Quito:  
Comisión Permanente del Pacífico Sur.
- MVCS (2008). *Resumen Ejecutivo del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto  
construcción, operación y mantenimiento de la Planta de Tratamiento de  
aguas residuales Taboada – Emisor submarino*. Ministerio de Vivienda  
Construcción y Saneamiento. Lima, Perú.
- MVCS (2009). *Decreto Supremo N° 022-2009-VIVIENDA. Modifica norma técnica  
peruana OS.090 “Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales” del*

Reglamento Nacional de Edificaciones. Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. Perú. Lima. Art. 3, ítem 3.61.

MVCS (2016). *Agua y Saneamiento*. Ministerio de Vivienda Construcción y

Saneamiento Perú, Lima. Recuperado de: <http://www.vivienda.gob.pe/>

Nipón Joseguido Sekkei Co, Ltd. (NJS) (1996). *Impactos Directos e Indirectos de PROMAR en Lima Metropolitana (primera parte) Informe de Progreso N° 2 Volumen I*. Ministerio de la presidencia PRONAP/PROMAR. Lima: *PRONAP/PROMAR*.

Noriega, R. (1999). *Manual de Tratamiento de Aguas Residuales (T1)* Perú Lima.

Obtenido de <http://clarancelariasolcomex.blogspot.com/p/dian-clasificacion-de-una-planta-de.html>

Orozco, C. (2003). *Contaminación Ambiental. Una visión desde la química*. Thomson Editores. Madrid.

Parsons (1996). *Informe Final de Tarea: Caracterización de aguas residuales. Proyecto Manejo de Aguas residuales de Lima Metropolitana PROMAR – BIRF*. Parsons Engineering Science. Perú: Lima.

Parsons (1996). *Informe de Tarea: Normas de Calidad Ambiental. Proyecto Manejo de las Aguas Residuales de Lima Metropolitana PROMAR – BIRF*. Banco Mundial y Gobierno de la República del Perú. Parsons Engineering Science Perú, Lima.

Planta de Tratamiento de Aguas Residuales - Taboada S.A. (2014). *Informe Trimestral de Monitoreo – Dirección General de Salud. Abril 2014. Planta de Aguas residuales Taboada – Bahía Callao. Primer Informe Trimestral presentado en julio 2014*. Perú, Lima.



- Planta de Tratamiento de Aguas Residuales - Taboada S.A. (2014). *Tercer Informe Trimestral de Monitoreo – Autoridad Nacional del Agua. Octubre 2014. Planta de Aguas residuales Taboada – Callao. Perú, Lima.*
- Planta de Tratamiento de Aguas Residuales - Taboada S.A. (2015). *Cuarto Informe Trimestral de Monitoreo – Autoridad Nacional del Agua. Enero 2015. Planta de Aguas residuales Taboada – Callao. Perú, Lima.*
- Planta de Tratamiento de Aguas Residuales - Taboada S.A. (2015). *Quinto Informe Trimestral de Monitoreo – Planta de Aguas residuales Taboada - Callao. Perú, Lima.*
- Planta de Tratamiento de Aguas Residuales - Taboada S.A. (2015). *Sexto Informe Trimestral de Monitoreo – Planta de Aguas residuales Taboada - Callao. Agosto 2015. Perú, Lima.*
- Planta de Tratamiento de Aguas Residuales - Taboada S.A. (2015). *Séptimo Informe Trimestral de Monitoreo – Planta de Aguas residuales Taboada - Callao. Setiembre 2015. Perú, Lima.*
- Planta de Tratamiento de Aguas Residuales - Taboada S.A. (2015). *Octavo Informe Trimestral de Monitoreo – Planta de Aguas Residuales Taboada - Callao. Diciembre 2015. Perú, Lima.*
- Planta de Tratamiento de Aguas Residuales - Taboada S.A. (2016). *Onceavo Informe Trimestral de Monitoreo – Planta de Aguas residuales Taboada - Callao. Setiembre 2016. Perú, Lima.*
- PNUMA (1988). *Criterios Científicos para la Selección de Sitios Adecuados para la Evacuación de Desechos en el Mar.* Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente- GESAMP Bogotá (Colombia), Comisión Permanente del Pacífico Sur. Colombia, Bogotá. Autor. GESAMP.

PNUMA (1988). *La capacidad ambiental: una aproximación a la prevención de la contaminación marina*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente- GESAMP Bogotá, Colombia: Autor. GESAMP.

PNUMA (2000). Programa 2: *Capítulo 17: Protección de los océanos y de los mares de todo tipo, incluidos los mares cerrados y semicerrados, y de las zonas costeras, y protección, utilización racional y desarrollo de sus recursos vivos*. División de Desarrollo sostenible. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Obtenido de:

Recuperado de: <https://censopascindoc.wordpress.com/2010/08/26/decreto-supremo-n%C2%BA-042-2008-pcm-aprueban-limite-maximo-permisible-para-el-parametro-de-Ccoliformes-fecales%E2%80%9D-para-efluente-de-la-planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales-a-ser-pro/>

Recuperado de: <http://varinia.es/blog/2009/02/07/%C2%BFpara-que-sirven-los-emisarios-submarinos/>

Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/327716952/Anexo-24-Valdez-Marco-nacional-y-normativa-de-aguas-2-CORREGIDA-Nancy-v-pdf>

Rolim, S. (2000). *Sistemas de Lagunas de Estabilización*. Editorial Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental Acodal. 1er edición. Santa Fe. Bogotá. Colombia.

Russell, G. Ludgwing. (1988). *Evaluación del impacto ambiental - Ubicación y diseño de emisarios submarinos*. 64 p. CEPIS/OMS/MARC/ PANU. EIA. Traducción Salas, H. Lima: Centro Panamericana de Ingeniería Sanitaria.

Salas, H. (1994). *Emisarios Submarinos; alternativa viable para la disposición de aguas negras de ciudades costeras en América Latina y el Caribe*. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria.

Salas, H. (2000). *Emisarios submarinos Enfoque general, conceptos básicos de diseño y requerimiento de datos para América Latina y el Caribe*. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria.

Sánchez, G. & Orozco, R. (1998). *Estado del ambiente marino costero peruano según fuentes de contaminación – Instituto del Mar*. Lima: Instituto del Mar del Perú.

Sánchez, G., Orozco, R. & Jacinto, M. (2000). *Estado del ambiente marino costero peruano según fuentes de contaminación 1988 a 1999*. Instituto del Mar del Perú IMARPE Dirección General de Investigaciones Oceanográficas. Lima: Instituto del Mar del Perú.

SEDAPAL (2014). *Nota de prensa N° 32-2014 y manifestada por el Ing. Francisco Quezada, Gerente de Gestión Aguas Residuales de Sedapal*. Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima. SEDAPAL. Consultado en: <http://www.sedapal.com.pe/inicio>

SEDAPAL (2015). *Procedimiento – Acceso a los Servicios de Saneamiento de SEDAPAL*. Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima. Obtenido de: [http://www.sedapal.com.pe/c/document\\_library/get\\_file](http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file)

SEDAPAL (2016). *Clientes- Usuarios No domésticos – Que son Valores Máximos Admisibles*. Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima. SEDAPAL. Consultado en: [http://www.sedapal.com.pe/orientación al cliente/-/asset\\_publishet/HFv5/content/que son valores máximos admisibles?](http://www.sedapal.com.pe/orientación al cliente/-/asset_publishet/HFv5/content/que son valores máximos admisibles?)

SEDAPAL (2017). *Valores Máximos Admisibles de las Descargas de aguas residuales No domésticas*. Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima.

SEDAPAL. Consultado en: <http://www.sedapal.com.pe/documents/10154/fedf8405-1bc2-428e-9d8d-a1c2ad009f53>

Spotmy (2016). Extraordinarios fenómenos oceánicos. Marea roja. Lanzamiento N° 2015 – diciembre 2015. París. Francia. Tomado de:  
<https://www.spotmydive.com/.../6-extraordinarios-increibles-fenomenos-oceanicos-ma...>

SUNASS (2015). *Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento*. Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS). Consultado en:  
<http://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/ptar.pdf>.

SUNASS. (26 de marzo de 2015). Resolución de Consejo Directivo N° 009-2015-SUNASS-CD. Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. Lima, Perú: Sinia. Recuperado de:  
<http://sinia.minam.gob.pe/normas/modifican-directiva-valores-maximos-admisibles-las-descargas-aguas>

Superintendencia de Servicios Sanitarios de Chile. (2012). Sector Sanitario. Chile: Gobierno de Chile.

Tait, V. (1971). *Elementos de ecología marina*. El Politécnico Londres. Traducido de Elements of Marine Ecology por Francisco García Ferrandiz de. Editorial Acribia. España, Zaragoza.

TEDAGUA (2005). *Artículo - Futur enviro- PTAR Taboada*. Lima. Perú. Tomado de

Obtenido de: [http://www.tedagua.com/uploads/1401171399\\_articulo-futurenviro-ptar-taboada.pdf](http://www.tedagua.com/uploads/1401171399_articulo-futurenviro-ptar-taboada.pdf)

TEDAGUA (2005). *TEDAGUA, a través de su matriz ACS Servicios, Comunicaciones y Energía, S.A., adjudicataria del contrato para la construcción y explotación la planta de tratamiento de aguas residuales de Taboada*. Lima. Perú.

Tomado de <http://www.tedagua.com/es/news/actualidad/tedagua-construir-la-planta-de-taboada>

TEDAGUA (4 abril 2014). Artículo sobre PTAR Taboada. La mayor planta de tratamiento de aguas residuales de Sudamérica. Lima. Perú. Obtenido de: [www.FuturEnviro.es](http://www.FuturEnviro.es)  
[.PTAR Taboada Lima Perú. Abril 2014.](#)

Terence, J. y McGHEE. (1999). *Ingeniería ambiental. Abastecimiento de Agua y Alcantarillado*. 6ta ed. 602 España.

Ucha F. (2 de enero de 2014). Gestión ambiental. Definición ABC. Recuperado de:

<https://www.definicionabc.com/medio-ambiente/gestion-ambiental.php>

Valdez, (2012). *Maraco nacional y normativa sobre vertimientos de aguas residuales a zona costera y superficiales*. Ecuador .

Vegas, A. (7 de junio de 2016). Usos y reparación de los emisarios submarinos. Perú:

Blogplastics. Recuperado de: <http://www.blogplastics.com/tag/emisarios-submarinos/>

Velaochaga, G., Paulino, C., Xu, H. y Albuquerque, E. (2016). *Monitoreo de las aguas residuales vertidas en la Bahía del Callao utilizando imágenes Landsat*

(1985-2015) – Instituto del Mar Perú - Callao. Lima: Instituto del Mar del Perú.

Zuta, S. & Guillén, O. (1970). *Oceanografía de las Aguas Costeras del Perú, Dpto. de Oceanografía - Inst. Mar Perú - Callao*. Lima: Instituto del Mar del Perú.

## **ANEXOS**

### **Anexo 1 - Normas Legales**

Resolución Directoral N° 0036-2010-ANA-DCPRH Autorización de Vertimiento de aguas residuales municipales tratadas a favor de empresa PTAR Taboada S.A. para el proyecto Construcción, Operación y Tratamiento y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas residuales de Taboada.

### **Anexo 2 - Cuadro de resultados de monitoreos trimestrales**

Anexo 2.1 Características físico químicas y microbiológicas del agua de área marina costera – bahía Callao verano 2015.

Anexo 2.2 Características físico químicas y microbiológicas del agua de área marina costera – bahía Callao invierno 2015.

Anexo 2.3 Características físico químicas y microbiológicas del agua de área marina costera – bahía Callao verano 2016.

Anexo 2.4 Características físico químicas y microbiológicas del agua de área marina costera – bahía Callao invierno 2016.

## ANEXO 3. Resolución Directoral ° 036-2010-ANA-DCPRH



STD: 01451

## RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 0036 -2010-ANA-DCPRH

Lima, 31 MAR. 2010

## VISTO:

El expediente administrativo ingresado con Hoja de Envío N° 05790, presentado por la empresa **PTAR TABOADA S.A.**, identificado con RUC N° 20521866927, con domicilio en Ca. Víctor Andrés Belaunde N° 887, Carmen de la Legua - Callao, sobre autorización de vertimiento de aguas residuales municipales tratadas; y,

## CONSIDERANDO:

Que, según establece el artículo 79° de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos, la Autoridad Nacional del Agua, autoriza el vertimiento de agua residual tratada a un cuerpo natural de agua continental o marina, previa opinión técnica favorable de las Autoridades Ambiental y de Salud, sobre el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA-Agua) y Límites Máximos Permisibles (LMP);

Que, de acuerdo a lo estipulado en el artículo 80° de la acotada Ley, todo vertimiento de agua residual en una fuente natural de agua requiere de autorización de vertimiento, para cuyo efecto se debe presentar el instrumento ambiental pertinente aprobado por la autoridad ambiental respectiva;

Que, por Resolución Jefatural N° 291-2009-ANA, se dictaron disposiciones para implementar el otorgamiento de autorización de vertimiento y de reusos de aguas residuales tratadas;

Que, en este contexto, la recurrente ha solicitado autorización de vertimiento de agua residual municipal tratada al mar del Callao para el Proyecto de Construcción, Operación y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Taboada, ubicado en el distrito y provincia Constitucional del Callao;

Que, la Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud, ha emitido opinión favorable, conforme es de verse del Informe N° 00912-2010/DEPA-APRHI/DIGESA;

Que, tratándose de efluentes de actividades de prestación de servicios de agua y saneamiento donde se generen aguas residuales de origen municipal, el sector ambiental competente es la Dirección Nacional de Saneamiento del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, sin embargo estando a lo dispuesto en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, que aprueba los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, la Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos de esta Autoridad mediante Informe Técnico N° 0118-2010-ANA-DCPRH-ERH-CAL/JPM, concluye que el requisito de opinión favorable de la Autoridad Ambiental Sectorial Ambiental no es aplicable al presente procedimiento, máxime si se tiene en cuenta que la Dirección Nacional de Saneamiento ha aprobado el Estudio de Impacto Ambiental del proyecto presentado por la recurrente;

Que, a efectos de lo dispuesto en el artículo 80° de la Ley N° 29338, la recurrente ha presentado la Resolución Directoral N° 010-2010-VIVIENDA/VMCS-DNS, expedido por la Dirección Nacional de Saneamiento del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento;

Que, con relación al requisito establecido en la Segunda Disposición Complementaria de la Resolución Jefatural N° 291-2009-ANA, la recurrente ha presentado la Resolución Directoral





N° 0068-2010/DGC, por la cual la Dirección General de Capitanías y Guardacostas, otorga el derecho de uso de área acuática para la instalación del emisario submarino que forma parte del Proyecto Taboada;

Que, el Informe Técnico N° 0118-2010-ANA-DCPRH-ERH-CAL/JPM, recomienda otorgar autorización de vertimiento de aguas residuales municipales tratadas a favor de la recurrente, para el Proyecto "Construcción, Operación y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Taboada", que comprende el vertimiento al mar de la Bahía del Callao de un caudal máximo de 14 m<sup>3</sup>/seg y un volumen anual equivalente a 441 470 402 m<sup>3</sup>, bajo el régimen de 24 horas/día y 365 días/año, a través de un emisario submarino cuyo difusor inicia en las coordenadas UTM 264 851,23 E - 8 673 184,61 N y termina en las coordenadas UTM 263 854,76 E - 8 673 268,54 N;



Que, el citado informe establece que la autorización otorgada obliga al recurrente a no afectar la calidad del cuerpo receptor y asegurar el cumplimiento de los valores de los parámetros establecidos en la Clase VI "Aguas de zona de preservación de fauna acuática y pesca recreativa o comercial", señalada en la Resolución Jefatural N° 291-2009-ANA en la Zona de Protección Costera y fuera de la Zona de Exclusión Marina, para lo cual se recomienda que el vertimiento municipal sea sometido a tratamiento preliminar avanzado de acuerdo a los procesos unitarios declarados en el expediente, luego de lo cual deberá ser vertido mediante un emisario submarino de 2 500 metros de longitud, 3 metros de diámetro, con un tramo difusor de 1 000 metros compuesto por elevadores de 250 milímetros, cada 4 metros y dos bocas en cada elevador con diámetros entre 90 milímetros y 120 milímetros;



Que, asimismo, el precitado Informe recomienda y establece lo siguiente:

- Las concentraciones de elementos del efluente tratado vertido a través del emisario submarino no deberá superar los siguientes valores declarados por el administrado, de acuerdo al tipo de tratamiento preliminar avanzado: DBO<sub>5</sub> ≤ 500 mg/l, DQO ≤ 1 000 mg/l, Sólidos Suspendedos Totales (SST) ≤ 270 mg/l, N-NTK ≤ 50 mg/l, P ≤ 12 mg/l, Aceites y Grasas ≤ 70 mg/l, Coliformes Termotolerantes ≤ 1,00E+08 NMP/100 ml y Coliformes Totales ≤ 1,00E+08 NMP/100 ml.
- Se determina como Zona de Protección Costera para el Proyecto "construcción, operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales de Taboada" a la franja costera de 300 m paralela al litoral, medidos desde la línea de baja marea hacia mar adentro, desde la desembocadura del río Rímac hasta la del río Chillón. Los valores límite de la Clase VI de la Resolución Jefatural N° 291-2009-ANA deberán cumplirse dentro de la Zona de Protección.
- Se determina como Zona de Exclusión Marina para el cumplimiento de los valores límite de la Resolución Jefatural N° 291-2009-ANA, al área delimitada por los vértices del polígono cuyas coordenadas UTM se presentan a continuación:

Vértice	Norte	Este
A	8 675 963	262 441
B	8 676 475	263 484
C	8 675 894	265 839
D	8 674 297	267 365
E	8 673 391	267 052
F	8 672 792	267 012
G	8 671 644	265 653
H	8 671 629	263 230
I	8 673 422	262 441



- \* Los valores límite de la Clase VI de la Resolución Jefatural N° 291-2009-ANA deberán cumplirse fuera de la Zona de Exclusión Marina.
- \* Cabe señalar que al interior de esta zona estará prohibida toda actividad de pesca recreativa y comercial, así como la extracción de moluscos bivalvos. Para tales efectos, PTAR TABOADA S.A. deberá demarcar la Zona de Exclusión con boyas flotantes ubicadas cada 500 m sobre el perímetro de la misma, las que deberán tener un aviso de prohibición cuyas especificaciones técnicas deberán contar con la opinión favorable de la Dirección General de Capitanías y Guardacostas (DICAPI) y la Autoridad Nacional del Agua.

- La empresa recurrente deberá controlar el caudal vertido (M-05) y la calidad en éste punto y cada punto de monitoreo del agua superficial, indicado en los cuadros siguientes para los parámetros de: coliformes termotolerantes, coliformes totales, pH, T°, sólidos suspendidos totales (SST), Oxígeno disuelto, Demanda bioquímica de oxígeno (DBO), Demanda Química de oxígeno (DQO), Aceites y Grasas (A y G), arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, níquel, plomo, sulfuros, zinc y nitrógeno amoniacal, de acuerdo a las frecuencias de muestreo indicadas:
  - Para coliformes totales y termotolerantes en Puntos de Zona de Protección Costera, Zona de Exclusión Marina y Control de Calidad del Efluente: Cada 6 días con un mínimo de 5 muestras al mes.
  - Para coliformes totales y termotolerantes en Puntos de Referencia: Mensual.
  - Para el resto de parámetros de control en todos los puntos de monitoreo: Mensual.



#### Puntos de monitoreo de la Zona de Protección Costera

Punto	Descripción	Coordenadas UTM*	
		X (Easting)	Y (Northing)
M-01	A 300 m línea de Playa - Zona de Impacto Directo del Río Chillón	266 623	8 679 758
M-02	A 250 m línea de Playa entre colector Comas y río Chillón	267 151	8 677 722
M-03	A 300 m línea de Playa - Zona de Impacto del colector Comas.	267 441	8 674 461
M-05	A 80 m de la orilla, punto medio entre el colector Taboada y Colector Comas.	267 345	8 673 631
M-06	A 150 m de orilla de línea de Playa - Zona de impacto del colector Taboada.	267 270	8 673 201
M-07	A 200 m de orilla de línea de playa, Zona de impacto del colector Taboada.	267 088	8 673 343
M-09	A 200 m de orilla de línea de playa, zona de Impacto del Colector Centenario.	266 759	8 670 819
M-10	A 300 m orilla línea de playa, altura desembocadura río Rimac.	266 243	8 669 572
M-11	A 50 m orilla línea de playa, zona de impacto directo Colector Bocanegra.	267 134	8 671 766

\* WGS 84/Huso 18

#### Puntos de monitoreo de la Zona de Exclusión Marina

Vértice	Descripción	Coordenadas UTM*	
		X (Easting)	Y (Northing)
A	Límite de la Zona de Exclusión, a 3,36 km del punto medio del difusor.	8 675 963	262 441
B	Límite de la Zona de Exclusión, a 3,35 km del punto medio del difusor.	8 676 475	263 484
C	Límite de la Zona de Exclusión, a 3,00 km del punto medio del difusor.	8 675 894	265 839
D	Límite de la Zona de Exclusión y Zona de Protección, 300 m de orilla.	8 674 297	267 365
E	Límite de la Zona de Exclusión y Zona de Protección, 300 m de orilla.	8 673 391	267 052
F	Límite de la Zona de Exclusión y Zona de Protección, 300 m de orilla.	8 672 792	267 012
G	Límite de la Zona de Exclusión, equivalente al punto E3-S	8 671 644	265 653
H	Límite de la Zona de Exclusión, equivalente al punto E4-S	8 671 629	263 230
I	Límite de la Zona de Exclusión, equivalente al punto E7-S	8 673 422	262 441

\* WGS 84/Huso 18

**Puntos de Referencia**

Punto	Descripción	Coordenadas UTM*	
		ESTE	NORTE
E01-S	A 1500 m al este del punto E05-S, sobre el emisario.	265 952	8 673 086
E02-S	A 2000 m al noreste del punto E05-S	265 864	8 674 623
E05-S	Punto medio del difusor, a 3000 m del comienzo del emisario.	264 431	8 673 228
E06-S	A 2000 m al noroeste del punto E05-S	263 355	8 674 913
E08-S	A 1000 m al suroeste del punto E05-S	263 472	8 672 906
E09-S	A 1000 m al sur del punto E05-S	264 453	8 672 226
E10-S	A 2000 m al norte del punto E05-S	264 507	8 675 202
M-08A	A 700 m al noroeste del punto E05-S	264 736	8 673 567
M-08B	A 400 m al noreste del punto E05-S	263 901	8 673 672

\* WGS 84/Huso 18

**Punto de control de calidad del Efluente**

Punto	Descripción	Coordenadas UTM*	
		ESTE	NORTE
M-05A	Agua residual municipal del colector Taboada	267 704	8 673 055

\* WGS 84/Huso 18

\* El muestreo de caudal y calidad en el Punto de Control de Calidad del Efluente (M-05A) deberá ser compuesto de 24 horas para todos los parámetros. El resto de parámetros podrá ser muestreo simple.

\* Los resultados deberán ser remitidos a la ANA trimestralmente debidamente sistematizados, a partir del inicio de las operaciones.

\* La empresa PTAR TABOADA S.A. deberá actualizar la línea de base de calidad de agua marino costera, en todos los puntos de monitoreo señalados y para cada uno de los parámetros de control indicados, con una antelación máxima de noventa (90) días calendario al inicio de las operaciones de la planta de tratamiento preliminar avanzado y emisario submarino. La misma que deberá ser sistematizada y remitida a la Autoridad Nacional del Agua.

- De acuerdo a lo establecido en el artículo 5° de la Resolución Jefatural N° 291-2009-ANA, se dará por cumplido el valor límite para coliformes totales y termotolerantes en la Zona de Protección Costera y fuera de la Zona de Exclusión Marina cuando en un mismo punto de muestreo el 80% de las muestras mensuales cumpla con el valor límite. Para el resto de parámetros será el 100% de las muestras. Para la evaluación se considerará la confluencia de vertimientos generados por otras actividades al mar de Callao.
- Finalmente el citado Informe recomienda que la vigencia de la autorización de vertimiento sea por seis (06) años, contados a partir del inicio de las operaciones de la planta de tratamiento preliminar avanzado y emisario submarino bajo administración de la empresa PTAR TABOADA S.A., en concordancia con lo establecido en la Primera Disposición Complementaria Final de la Resolución Jefatural N° 291-2009-ANA. Para





tales efectos, el administrado deberá comunicar a la Autoridad Nacional del Agua la fecha de inicio de operaciones, con una antelación de treinta (30) días hábiles, y coordinar una inspección previa a las instalaciones.

Que, en consecuencia, estando a lo señalado en el Informe Técnico N° 0118-2010-ANA-DCPRH-ERH-CAL/JPM, corresponde expedir el acto administrativo que otorgue a favor de la recurrente autorización de vertimiento de aguas residuales municipales tratadas; y,

Con el visto de la Oficina de Asesoría Jurídica y en uso de las facultades conferidas por el artículo 79° de la Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338, y en aplicación de lo dispuesto por el artículo 8° de la Resolución Jefatural N° 291-2009-ANA.

#### SE RESUELVE:

**ARTÍCULO 1°.-** Otorgar autorización de vertimiento de aguas residuales municipales tratadas a favor de la empresa **PTAR TABOADA S.A.**, para el Proyecto "Construcción, Operación y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Taboada", que comprende el vertimiento al mar de la Bahía del Callao de un caudal máximo de 14 m<sup>3</sup>/seg y un volumen anual equivalente a 441 470 402 m<sup>3</sup>, bajo el régimen de 24 horas/día y 365 días/año, a través de un emisario submarino, cuyo difusor inicia en las coordenadas UTM 264 851,23 E - 8 673 184,61 N y termina en las coordenadas UTM 263 854,76 E - 8 673 268,54 N, cuya Planta se ubicará en el sector Taboada, en el distrito y provincia Constitucional del Callao.



**ARTÍCULO 2°.-** Establecer un plazo de vigencia de seis (06) años, para la autorización otorgada en el artículo precedente, computado a partir del inicio de las operaciones de la Planta de Tratamiento preliminar avanzado y emisario submarino bajo administración de la recurrente, para tal efecto la recurrente deberá comunicar a esta Autoridad la fecha de inicio de operaciones con una antelación de treinta (30) días hábiles y coordinar una inspección previa a las instalaciones.

**ARTÍCULO 3°.-** Disponer que el ejercicio de la autorización otorgada mediante la presente resolución obliga al recurrente al pago de la retribución económica por concepto de vertimiento a que se refiere el artículo 1°, por un volumen anual de 441 470 402 m<sup>3</sup>, así como al cumplimiento de las recomendaciones indicadas en el Informe Técnico N° 0118-2010-ANA-DCPRH-ERH-CAL/JPM, referidas en el décimo y decimo primer considerando de la presente resolución.

**ARTÍCULO 4°.-** Establecer que las inspecciones a las instalaciones de PTAR TABOADA S.A. se realizarán durante la fase de construcción y de operación desde la notificación de la presente resolución hasta la vigencia de la autorización de vertimiento. Asimismo, de efectuarse muestreos durante la inspección con participación del administrado, la recurrente asumirá el costo del servicio de análisis en un laboratorio acreditado por INDECOPI, si ello fuera requerido por la Autoridad.

**ARTÍCULO 5°.-** Precisar que la autorización otorgada mediante la presente resolución queda sujeta a la fiscalización por parte de esta Autoridad, de conformidad con lo establecido por el artículo 76° de la Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338, la que se realizará a través de visitas inopinadas, debiendo la recurrente brindar las facilidades del caso a los profesionales designados para el cumplimiento de sus funciones, en el momento que se solicite.

**ARTÍCULO 6°.-** Establecer que, toda acción u omisión tipificada como infracción a la Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338, que afecte la calidad del agua y la protección del ecosistema acuático, será sancionada de acuerdo a la normatividad vigente.

**ARTÍCULO 7°.-** Notificar la presente resolución a su titular, a la Dirección Nacional de Saneamiento del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, a la Dirección

General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud, a la Dirección General de Capitanías y Guardacostas y remitir copia de la presente a la Administración Local de Agua Chillón-Rímac-Lurín para conocimiento y fines.

**ARTÍCULO 8°**.- Publíquese la presente resolución en el Portal Institucional de la entidad, para su difusión y conocimiento.



Regístrese y comuníquese,

**Ing. JORGE EDWIN BENITES AGÜERO**  
Director (e)

Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos  
Autoridad Nacional del Agua

## ANEXOS 2. CARACTERISTICAS DEL AREA MARINA COSTERA BAHIA CALLAO TRIMESTRALES

Tabla 2.1. Características físico-químicas y microbiológicas del área marina costera - Bahía Callao - Promedio trimestral verano 2015

EST.	Temperatura (°C)	pH	Oxígeno Disuelto (mg/L)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	DQO	TSS (mg/L)	Aceite y Grasa (mg/L)	Colif. Fecales (mg/L)	Colif. Totales (mg/L)	Arsénico (mg/L)	Cromo (mg/L)	Cobre (mg/L)	Cadmio (mg/L)	Plomo (mg/L)	Mercurio (mg/L)	Zinc (mg/L)	Sulfuros
M-01	22,03	7,53	6,84	4,50	30,62	45,57	<1	8,97.E+03	5,36.E+05	<0,01	<0,0124	<0,0021	<0,0011	<0,004	<0,0001	0,053	<0,002
M-02	22,03	7,54	6,11	6,73	30,47	83,97	<1	1,83.E+05	3,37.E+06	<0,0055	<0,0122	<0,0027	<0,0011	<0,0040	<0,0001	0,054	<0,011
M-03	20,17	7,51	5,94	6,70	29,30	58,55	<1	1,13.E+04	1,69.E+04	<0,0055	0,0114	0,0015	<0,0011	<0,0040	<0,0001	0,053	<0,011
M-05	20,97	7,77	5,27	6,10	38,56	99,94	<2	1,77.E+03	2,24.E+03	0,006	<0,0117	0,0024	<0,0011	<0,004	0,0001	0,054	<0,011
M-06	21,10	7,48	5,66	5,93	37,98	74,53	2,67	1,09.E+03	1,87.E+03	<0,006	<0,0109	0,001	<0,0011	<0,004	<0,0001	0,053	<0,011
M-07	19,73	7,52	5,60	<b>7,40</b>	37,04	74,36	<1	1,17.E+05	1,18.E+05	<0,006	<0,0103	0,001	<0,0011	<0,004	<0,0001	0,051	<0,048
M-09	21,47	7,62	4,15	5,99	43,91	83,34	<3	7,53.E+06	3,18.E+08	<0,006	<0,0118	0,005	<0,0011	<0,004	<0,0001	0,060	<0,395
M-10	22,17	7,68	5,95	6,62	50,46	78,27	<1	2,34.E+05	7,87.E+06	<0,006	<0,0071	0,01	<0,0011	<0,004	<0,0001	0,072	<0,037
M-11	21,53	7,61	4,71	6,83	45,02	73,01	<3	1,13.E+05	5,67.E+05	<0,006	<0,0112	0,0054	<0,0011	<0,004	<0,0001	0,060	<0,258
A	19,97	7,68	5,30	6,00	39,00	57,25	<1	1,08.E+03	4,64.E+03	<0,006	<0,0102	<0,0042	<0,0011	<0,004	<0,0001	0,055	<0,011
B	22,20	7,68	7,14	7,00	41,90	57,12	<1	3,28.E+02	6,44.E+02	<0,006	<0,0111	<0,0018	<0,0011	<0,004	<0,0001	0,069	<0,011
C	20,73	7,56	5,67	5,00	38,67	92,33	<1	2,34.E+03	4,93.E+03	<0,006	<0,0117	<0,0021	<0,0011	<0,004	<0,0001	0,052	<0,011
D	20,17	7,49	5,84	7,00	31,87	58,55	<1	3,70.E+04	1,69.E+04	<0,006	<0,0114	0,0015	<0,0011	<0,004	<0,0001	0,053	<0,011
E	19,73	7,51	5,54	7,00	37,04	74,36	<1	1,17.E+05	1,18.E+05	<0,006	<0,0103	0,0015	<0,0011	<0,004	<0,0001	0,053	<0,011
F	20,20	7,41	5,68	6,00	43,79	80,24	<1	1,14.E+04	1,24.E+04	<0,006	<0,0098	<0,0031	<0,0011	<0,004	<0,0001	0,055	<0,011
G	21,07	7,46	6,25	6,00	37,68	51,37	<1	1,59.E+02	1,67.E+03	0,006	<0,0102	0,0039	<0,0011	<0,004	<0,0001	0,054	0,011
H	20,63	7,60	6,17	6,00	41,21	63,98	<1	1,51.E+02	1,17.E+04	<0,006	<0,0114	<0,0036	<0,0011	<0,004	<0,0001	0,052	<0,054
I	19,97	7,66	5,15	6,00	38,97	67,31	<1	1,80.E+04	2,33.E+04	<0,006	<0,0104	<0,0030	<0,0011	<0,004	<0,0001	0,057	<0,011
E01-S	19,87	7,64	4,97	6,00	40,47	78,79	<1	1,64.E+05	2,66.E+05	<0,006	<0,0091	0,0045	<0,0011	<0,004	<0,0001	0,055	<0,015
E02-S	20,57	7,66	5,71	6,00	36,59	71,47	<1	1,53.E+03	8,78.E+03	<0,006	<0,0115	<0,0021	<0,0011	<0,004	<0,0001	0,053	<0,011
E05-S	19,33	7,66	4,07	7,00	46,26	75,70	<1	2,12.E+05	1,16.E+06	0,006	<0,0121	0,0034	<0,0011	<0,004	<0,0001	0,060	<0,085
E06-S	20,47	7,55	4,38	7,00	38,40	46,83	<1	2,57.E+04	3,94.E+05	<0,006	<0,0101	0,0069	<0,0011	<0,004	<0,0001	0,051	<0,011
E08-S	19,73	7,48	3,76	6,00	37,95	47,39	<1	1,24.E+05	1,37.E+06	<0,006	<0,0090	<0,0037	<0,0011	<0,004	<0,0001	0,071	<0,011
E09-S	21,10	7,79	6,68	4,00	28,57	61,95	<1	1,80.E+04	5,34.E+04	0,006	<0,0134	0,0015	<0,0011	<0,004	<0,0001	0,193	<0,053
E10-S	20,77	7,62	5,50	<b>2,00</b>	19,64	68,52	<1	1,33.E+04	9,50.E+04	<0,006	<0,0115	0,0015	<0,0011	<0,004	<0,0001	0,068	<0,011
M-08A	19,60	7,75	4,85	3,00	30,47	87,24	<1	2,81.E+05	9,97.E+05	<0,006	<0,0140	<0,0015	<0,0011	<0,004	<0,0001	0,058	<0,054
M-08B	20,50	7,67	5,09	3,00	24,67	72,07	<1	3,44.E+05	9,13.E+05	<0,006	<0,0124	<0,0030	<0,0011	<0,004	<0,0001	0,057	<0,022
RJ 0291-2009-ANA	-	-	4,00	10,00	-	-	-	4,00.E+03	2,00.E+04	0,05	0,05	-	0,004	0,03	0,0002	-	0,0002
ECA Cat. 2: Sub. Cat 3	<b>Δt<sub>3</sub></b>	6,8-8,5	≥2,5	10,00	-	70,00	2,00	1,00.E+03	1,00.E+03	0,05		0,05	0,0053	-		0,081	0,0001

Tabla 2.2. Características físico-químicas y microbiológicas del área marina costera - Bahía Callao - Promedio trimestral invierno 2015

EST.	Temperatura (°C)	pH	Oxígeno Disuelto (mg/L)	TSS (mg/L)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	DQO (mg/L)	Aceites y Grasas (mg/L)	Colif. Fecales (NMP/100mL)	Colif. Totales (NMP/100mL)	Arsénico (mg/L)	Cromo (mg/L)	Cobre (mg/L)	Cadmio (mg/L)	Plomo (mg/L)	Mercurio (mg/L)	Zinc (mg/L)	Sulfuro (mg/L)
M-01	19,27	7,85	5,85	2,83	1,04	11,00	0,43	4,30E+03	3,45E+04	<0,006	0,057	0,014	<0,0024	0,006	0,0008	0,028	<0,03
M-02	19,30	7,69	4,41	2,33	1,04	10,96	0,38	3,12E+03	8,12E+03	<0,006	0,036	0,007	<0,0024	0,017	<0,0006	0,008	<0,03
M-03	18,90	7,79	4,00	2,75	1,06	8,99	0,38	9,70E+03	2,45E+04	<0,006	0,065	0,0048	<0,0024	0,020	0,0002	0,073	<0,03
M-05	19,27	7,85	4,86	3,75	1,04	10,93	0,41	8,06E+05	8,54E+05	0,007	0,044	0,006	<0,0024	<0,004	0,0008	0,016	<0,03
M-06	18,87	7,63	4,74	5,33	2,06	13,80	2,06	5,67E+06	5,68E+06	<0,006	0,039	0,009	<0,0024	0,0093	0,0002	0,086	<0,03
M-07	18,90	7,73	3,40	8,16	1,59	10,10	3,84	3,07E+07	3,07E+07	0,049	0,028	0,0049	<0,0024	0,023	0,0003	0,063	<0,03
M-09	19,17	7,70	5,78	6,50	1,04	13,16	0,56	3,65E+05	1,35E+06	<0,006	0,041	0,005	<0,0024	<0,004	0,0002	0,019	<0,03
M-10	19,07	7,77	5,29	4,17	1,17	8,99	0,40	3,64E+03	2,47E+04	<0,006	0,028	0,012	<0,0024	0,008	0,0002	0,021	<0,03
M-11	19,37	7,69	5,75	3,50	1,13	11,93	0,60	2,57E+04	1,05E+05	<0,006	0,035	0,0051	<0,0024	<0,004	0,0003	0,039	<0,03
A	19,37	7,71	4,54	3,33	1,38	11,20	0,36	6,14E+02	1,28E+03	<0,006	0,023	<0,0036	<0,0024	0,0069	0,0003	0,012	<0,03
B	19,03	7,81	4,35	5,33	1,09	9,28	0,41	6,51E+02	1,11E+03	<0,006	0,016	<0,0036	<0,0024	0,011	0,0003	0,006	<0,03
C	18,70	7,71	2,86	7,66	1,04	13,37	0,40	9,27E+03	1,07E+09	<0,006	0,011	<0,0036	<0,0024	<0,004	0,0003	0,013	<0,03
D	18,93	7,71	3,30	5,08	1,06	8,99	0,38	9,87E+03	2,41E+04	<0,006	0,042	0,0048	0,0040	0,019	0,0003	0,108	<0,03
E	18,53	7,64	2,90	6,16	1,59	11,10	3,84	3,07E+07	3,07E+07	<0,006	0,0054	0,0049	0,0150	0,011	0,0005	0,064	<0,03
F	18,60	7,48	4,22	7,50	1,71	9,97	0,39	8,12E+05	8,55E+05	<0,006	0,0077	0,0032	<0,0024	<0,004	0,0003	0,014	<0,03
G	18,33	7,81	3,87	7,16	1,79	10,54	0,39	1,54E+04	3,15E+03	0,007	0,015	0,0038	<0,0024	<0,004	0,0003	0,023	<0,03
H	18,40	7,86	5,11	6,79	1,72	12,37	0,39	5,35E+02	5,68E+02	0,007	0,013	<0,0036	<0,0024	<0,004	0,0003	0,011	<0,03
I	19,10	7,88	4,73	5,99	1,46	9,98	0,37	8,01E+02	1,17E+03	<0,006	0,015	<0,0036	<0,0024	0,0076	0,0003	0,006	<0,03
E01-S	18,70	7,84	4,23	3,25	1,69	14,20	0,40	3,13E+03	8,23E+03	0,007	0,029	<0,0036	<0,0024	<0,004	0,0002	0,011	<0,03
E02-S	18,77	7,76	3,45	4,00	1,11	11,01	0,63	8,00E+05	3,07E+06	<0,006	0,0052	<0,0036	<0,0024	<0,004	0,0001	0,012	<0,03
E05-S	18,70	7,79	4,35	7,13	1,61	12,74	0,53	1,81E+05	3,20E+05	0,070	0,011	<0,0036	<0,0024	<0,004	0,0006	0,024	<0,03
E06-S	19,27	7,87	4,47	2,08	1,21	13,07	0,42	3,54E+03	6,27E+03	<0,006	0,021	<0,0036	<0,0024	<0,004	0,0001	0,009	<0,03
E08-S	18,93	7,95	5,78	4,00	1,07	8,89	0,38	8,12E+01	8,12E+01	<0,006	0,014	<0,0036	0,0028	0,005	0,0001	0,006	<0,03
E09-S	18,90	7,92	5,56	4,50	1,08	11,10	0,37	6,17E+04	3,87E+02	<0,006	0,015	<0,0036	0,0026	<0,004	0,0006	0,0040	<0,03
E10-S	19,10	7,73	3,80	3,66	1,07	14,00	0,38	2,95E+03	1,45E+04	<0,006	0,027	<0,0036	<0,0024	0,0015	0,0002	0,048	<0,03
M-08A	19,10	7,67	4,00	9,00	1,29	14,20	0,53	1,10E+04	5,05E+04	<0,006	0,012	<0,0036	<0,0024	0,0045	0,0004	0,012	<0,03
M-08B	19,10	7,84	4,25	12,08	1,08	12,17	0,50	6,79E+04	2,61E+05	<0,006	0,017	<0,0036	<0,0024	0,007	0,0004	0,008	<0,03
RJ 0291-2009-ANA	-	-	4,00	10,00	-	-	-	4,00E+03	2,00E+04	0,05	0,05	-	0,004	0,03	0,0002	-	0,0002
ECA Cat. 2: Sub. Cat 3	$\Delta \pm 3$	6,8-8,5	$\geq 2,5$	10,00	-	70,00	2,00	1,00E+03	1,00E+03	0,05		0,05	0,0053	-		0,081	0,0001

Fuentes: Fuente: Elaboración propia - Con datos de 7mo Informe Monitoreo trimestral - Verano 2015 (Mediciones de campo y análisis de muestra con Laboratorio AGQ SAC.)

Tabla 2.3. Características físico-químicas y microbiológicas del área marina costera - Bahía Callao - Promedio trimestral verano 2016

EST.	Temp- (°C)	pH	Oxígeno Disuelto (mg/L)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	DQO (mg/L)	TSS (mg/L)	Aceites y Grasas (mg/L)	Coliformes Fecales (mg/L)	Coliformes Totales (mg/L)	Arsénico (mg/L)	Cromo (mg/L)	Cobre (mg/L)	Cadmio (mg/L)	Plomo (mg/L)	Mercurio (mg/L)	Zinc (mg/L)	Sulfuro (mg/L)
M-01	21,77	7,82	8,11	1,65	9,23	3,99	<1,00	5,67E+03	3,07E+04	0,008	0,0043	<0,0036	<0,0024	<0,004	<0,0008	<0,003	<0,03
M-02	22,40	7,73	6,88	1,35	8,71	1,99	<1,00	4,50E+02	1,41E+03	0,0012	0,0043	<0,0036	<0,0024	<0,004	<0,0008	<0,003	<0,03
M-03	21,40	7,85	6,48	1,08	8,76	1,99	<1,00	1,64E+03	2,50E+03	<0,0006	0,0045	<0,0036	<0,0024	<0,004	<0,0008	<0,003	<0,03
M-05	21,60	7,86	6,40	1,55	10,96	1,99	<1,00	3,01E+02	3,27E+03	0,0015	0,0045	<0,0036	<0,0024	<0,004	<0,0008	<0,003	<0,03
M-06	21,77	7,89	5,85	1,66	10,70	1,99	<1,00	2,71E+02	6,03E+02	<0,0006	0,0045	<0,0036	<0,0024	<0,004	<0,0008	<0,003	<0,03
M-07	21,73	7,82	5,86	1,56	9,45	1,99	<1,00	2,86E+02	1,48E+03	<0,0006	0,0045	<0,0036	<0,0024	<0,004	<0,0008	<0,003	<0,03
M-09	23,07	7,79	5,96	4,40	10,73	20,17	<1,00	8,25E+05	9,53E+05	<0,0006	0,0043	<0,0036	<0,0024	<0,004	<0,0008	<0,003	<0,03
M-10	22,27	7,89	7,02	1,15	9,36	19,00	<1,00	1,22E+04	1,91E+04	0,0010	0,0043	<0,0036	<0,0024	<0,004	<0,0008	<0,003	<0,03
M-11	22,00	7,53	6,95	2,09	9,26	4,83	<1,00	1,54E+03	6,54E+03	0,008	0,0043	<0,0036	<0,0024	<0,004	<0,0008	<0,003	<0,03
A	21,90	7,91	7,50	1,41	9,21	1,99	<1,00	2,40E+02	1,25E+03	0,0012	0,0045	<0,0036	<0,0024	<0,004	<0,00008	<0,003	<0,03
B	21,40	7,89	6,07	1,18	9,71	1,99	<1,00	1,29E+02	4,32E+02	0,0013	0,0047	<0,0036	<0,0024	<0,004	0,00009	<0,003	<0,03
C	22,60	7,81	6,95	2,01	8,36	1,99	<1,00	3,76E+02	1,83E+04	0,0015	0,0045	<0,0036	<0,0024	<0,004	0,00008	<0,003	<0,03
D	21,47	7,90	6,57	1,08	9,07	1,99	<1,00	1,64E+03	2,23E+03	<0,0006	0,0045	<0,0036	<0,0024	<0,004	<0,00008	<0,003	<0,03
E	21,83	7,83	6,01	1,56	9,75	1,99	<1,00	2,86E+02	1,48E+03	<0,0006	0,0044	<0,0036	<0,0024	<0,004	0,00009	<0,003	<0,03
F	22,43	7,82	6,11	2,59	9,33	2,16	<1,00	1,91E+03	3,72E+03	<0,0006	0,0045	<0,0036	<0,0024	<0,004	0,00008	<0,003	<0,03
G	22,84	8,00	7,34	1,38	8,62	4,66	<1,00	1,80E+04	3,07E+04	<0,0006	0,019	<0,0036	<0,0024	<0,004	0,00008	0,007	<0,03
H	21,57	7,92	7,51	1,32	11,86	1,99	<1,00	1,19E+02	3,10E+02	<0,0006	0,0047	<0,0036	<0,0024	<0,004	0,00008	<0,003	<0,03
I	22,23	7,81	6,50	1,35	11,96	1,99	<1,00	2,81E+02	8,53E+02	0,0001	0,0041	<0,0036	<0,0024	<0,004	0,00008	<0,003	<0,03
E01-S	21,97	7,96	7,28	1,11	8,95	1,99	<1,00	3,13E+02	6,03E+02	<0,0006	0,0017	<0,0036	<0,0024	<0,004	0,00008	0,0015	<0,03
E02-S	22,30	7,85	6,64	1,08	11,30	1,99	<1,00	6,58E+02	5,76E+03	0,0041	0,0040	<0,0036	<0,0024	<0,004	0,00008	<0,003	<0,03
E05-S	21,67	7,68	3,85	2,51	9,52	6,66	<1,00	7,27E+04	1,24E+05	0,0010	0,0017	<0,0036	<0,0024	<0,004	0,00008	<0,003	<0,03
E06-S	22,60	7,77	6,37	1,09	11,75	1,99	<1,00	7,67E+02	1,65E+03	0,0012	0,0044	<0,0036	<0,0024	<0,004	0,00008	<0,003	<0,03
E08-S	22,03	7,62	4,32	2,50	10,46	2,00	<1,00	1,29E+05	1,29E+05	0,0048	0,0040	<0,0036	<0,0024	<0,004	0,00008	<0,003	<0,03
E09-S	22,60	7,90	7,82	1,07	12,03	1,99	<1,00	4,86E+00	5,16E+01	0,0060	0,0044	<0,0036	<0,0024	0,006	0,00008	<0,003	<0,03
E10-S	21,53	7,83	7,06	1,07	11,16	3,33	<1,00	6,83E+02	1,36E+03	0,0015	0,0041	<0,0036	<0,0024	<0,004	0,00008	<0,003	<0,03
M-08A	21,90	7,54	5,56	1,60	11,78	1,99	<1,00	1,97E+04	3,40E+04	<0,0006	0,0040	<0,0036	0,0006	<0,004	0,00009	<0,003	<0,03
M-08B	21,80	7,68	4,47	1,09	10,93	3,67	<1,00	2,93E+04	8,93E+04	0,0012	0,0045	<0,0036	0,0012	<0,004	0,00008	<0,003	<0,03
291-2009-A	-	-	4,00	10,00	-	-	-	4,00,E+03	2,00,E+04	0,05	0,05	-	0,004	0,03	0,0002	-	0,0002
ECA Cat. 2: Sub. Cat 3	$\Delta \pm 3$	6,8-8,5	$\geq 2,5$	10,00	-	70,00	2,00	1,00,E+03	1,00,E+03	0,05		0,05	0,0053	-		0,081	0,0001

Fuente: Elaboración propia - Con datos de 9no Informe Monitoreo trimestral - Verano 2015 (Mediciones de campo y análisis de muestra con Laboratorio AGQ SAC.)



Tabla 2.4. Características físico-químicas y microbiológicas del área marina costera - Bahía Callao - Promedio trimestral invierno 2016

Punto de Monitoreo	Temperatura (°C)	PH	Oxígeno Disuelto (mg/L)	DQO (mg/L)	DB05 (mg/L)	SST (mg/L)	Aceites y Grasas (mg/L)	Colif. fecales (NMP/100 mL)	Coliformes Totales (NMP/100 mL)	Arsénico (mg/L)	Cromo (mg/L)	Cobre (mg/L)	Cadmio (mg/L)	Plomo (mg/L)	Mercurio (mg/L)	Zinc (mg/L)	Sulfuro (mg/L)
M-01	17,50	8,23	5,63	11,95	1,58	2,50	<1,00	3,25E+02	1,07E+03	<0,0006	0,0059	<0,0036	<0,0024	<0,004	<0,00008	<0,003	<0,03
M-02	17,30	8,19	4,40	11,98	2,15	2,25	<1,00	2,60E+02	1,98E+03	<0,0006	0,0058	<0,0036	<0,0024	<0,004	<0,00008	<0,003	<0,03
M-03	17,20	8,15	3,79	7,99	2,13	2,25	<1,00	5,40E+03	6,35E+03	<0,0006	0,0062	<0,0036	<0,0024	<0,004	<0,00008	<0,003	<0,03
M-05	17,15	8,30	4,91	19,00	1,68	12,75	<1,00	8,11E+03	1,32E+04	<0,0006	0,0061	<0,0036	<0,0024	<0,004	<0,00008	<0,003	<0,03
M-06	17,30	8,43	5,28	13,95	4,90	4,25	<1,00	1,26E+04	2,05E+04	<0,0006	0,0062	<0,0036	<0,0024	<0,004	<0,00008	<0,003	<0,03
M-07	17,20	8,23	5,69	8,56	2,03	2,75	<1,00	8,62E+03	2,88E+04	<0,0006	0,0061	<0,0036	<0,0024	<0,004	0,00011	<0,003	<0,03
M-09	18,10	8,20	5,29	19,10	4,48	4,00	<1,00	9,20E+03	8,10E+04	<0,0006	0,0058	<0,0036	<0,0024	<0,004	<0,00008	<0,003	<0,03
M-10	17,65	8,21	4,79	9,05	3,03	8,00	<1,00	7,80E+04	2,78E+05	<0,0006	0,0059	<0,0036	<0,0024	<0,004	<0,00008	<0,003	<0,03
M-11	18,65	8,04	5,76	7,99	2,33	2,00	<1,00	1,20E+03	8,20E+03	<0,0006	0,0061	<0,0036	<0,0024	<0,004	<0,00008	<0,003	<0,03
A	17,40	8,30	4,53	<8,0	1,25	<2,0	<1,00	2,92E+03	7,79E+03	<0,0006	0,0062	<0,0036	<0,0024	<0,004	<0,00008	<0,003	<0,03
B	17,28	8,27	4,54	8,95	1,08	<2,0	<1,00	5,72E+03	9,10E+03	<0,0006	0,0066	<0,0036	<0,0024	<0,004	<0,00008	<0,003	<0,03
C	17,18	8,28	3,17	9,00	2,78	<2,0	<1,00	3,87E+03	1,02E+04	<0,0006	0,0062	<0,0036	<0,0024	<0,004	<0,00008	<0,003	<0,03
D	17,30	8,22	4,55	9,50	2,02	2,20	<1,00	7,64E+03	3,10E+04	<0,0006	0,0062	<0,0036	<0,0024	<0,004	<0,00008	<0,003	<0,03
E	17,18	8,23	5,69	8,80	1,97	3,00	<1,00	8,59E+03	2,51E+04	<0,0006	0,0061	<0,0036	<0,0024	<0,004	<0,00008	<0,003	<0,03
F	17,52	8,36	4,30	11,65	1,72	<2,0	<1,00	1,26E+04	2,02E+04	<0,0006	0,0062	<0,0036	<0,0024	<0,004	<0,00008	<0,003	<0,03
G	17,55	8,24	3,99	13,50	2,83	<2,0	<1,00	4,32E+03	1,55E+04	<0,0006	0,036	<0,0036	<0,0024	<0,004	<0,00008	0,011	<0,03
H	17,50	8,18	3,41	15,00	2,70	<2 y 3	<1,00	1,29E+05	2,58E+05	<0,0006	0,0066	<0,0036	<0,0024	<0,004	<0,00008	<0,003	<0,03
I	17,42	8,21	4,17	8,30	2,98	<2 y 4	<1,00	1,09E+04	4,35E+04	<0,0006	0,0055	<0,0036	<0,0024	<0,004	<0,00008	<0,003	<0,03
E01-S	17,25	8,05	2,68	9,24	5,03	6,25	<1,00	1,85E+04	9,30E+04	<0,0006	0,006	<0,0036	<0,0024	<0,004	<0,00008	<0,003	<0,03
E02-S	16,90	8,19	2,98	11,00	3,70	1,99	<1,00	1,38E+04	1,66E+04	<0,0006	0,0052	<0,0036	<0,0024	<0,004	<0,00008	<0,003	<0,03
E05-S	16,95	8,18	1,79	11,90	4,53	5,75	<1,00	2,20E+05	3,55E+05	<0,0006	0,006	<0,0036	<0,0024	<0,004	<0,00008	<0,003	<0,03
E06-S	17,25	8,15	2,50	13,23	2,93	1,99	<1,00	4,05E+03	3,05E+04	<0,0006	0,0051	<0,0036	<0,0024	<0,004	<0,00008	<0,003	<0,03
E08-S	17,05	8,19	2,34	7,99	2,68	3,75	<1,00	8,70E+05	1,26E+06	<0,0006	0,0063	<0,0036	<0,0024	<0,004	<0,00008	<0,003	<0,03
E09-S	17,45	8,20	3,18	12,80	3,90	3,25	<1,00	9,20E+04	9,20E+04	<0,0006	0,0059	<0,0036	<0,0024	<0,004	<0,00008	<0,003	<0,03
E010-S	17,35	8,14	4,01	10,95	1,85	1,99	<1,00	4,78E+03	6,35E+03	<0,0006	0,0055	<0,0036	<0,0024	<0,004	<0,00008	<0,003	<0,03
M-08A	17,20	8,10	2,23	13,00	3,70	5,50	<1,00	5,40E+04	1,07E+05	<0,0006	0,0052	<0,0036	<0,0024	<0,004	<0,00008	<0,003	<0,03
M-08B	17,30	8,07	2,80	10,80	3,90	9,00	<1,00	3,50E+05	3,90E+05	<0,0006	0,0072	<0,0036	<0,0024	<0,004	<0,00008	<0,003	<0,03
E-10	16,65	8,19	4,89	-	2,43	-	<1,00	1,84E+03	1,75E+03	0,004	<0,008	-	<0,0024	<0,004	<0,00008	-	-
E-11	17,20	8,78	5,63	-	2,13	-	<1,00	8,97E+03	5,80E+04	0,001	<0,008	-	<0,0024	<0,004	<0,00008	-	-
E-09	18,05	8,76	6,69	-	1,07	-	<1,00	2,02E+03	5,80E+03	<0,0006	<0,008	-	<0,0024	<0,004	<0,00008	-	-
E-16	17,20	8,41	4,98	-	2,80	-	<1,00	1,28E+04	1,84E+04	0,0048	<0,008	-	<0,0024	<0,004	0,0001	-	-
E-13	17,25	8,58	6,10	-	2,58	-	<1,00	1,77E+03	2,82E+03	0,006	<0,008	-	<0,0024	<0,004	<0,00008	-	-
E-14	17,35	8,35	6,39	-	1,07	-	<1,00	8,25E+02	1,31E+03	0,0015	<0,008	-	<0,0024	<0,004	<0,00008	-	-
0291-2009-A	-	-	4,00	10,00	-	-	-	4,00,E+03	2,00,E+04	0,05	0,05	-	0,004	0,03	0,0002	-	0,0002
ECA Cat. 2: Sub. Cat 3	$\Delta \pm 3$	6,8-8,5	$\geq 2,5$	10,00	-	70,00	2,00	1,00,E+03	1,00,E+03	0,05	-	0,05	0,0053	-	-	0,081	0,0001

Fuente: Elaboración propia - Con datos de 11vo Informe Monitoreo trimestral - Invierno 2015 (Mediciones de campo y análisis de muestra con Laboratorio AGQ SAC.)