



INSTITUTO COSTARRICENSE DE
ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

Acompañamiento técnico a ASADA Malinches de Pinilla en desalinización: pre-inversión.

Fecha de entrega: 31 de julio de 2020

CONSECUTIVO DEL DOCUMENTO: **2020-106-30**

VERSIÓN 01.



Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Centro de Documentación e Información
UEN Investigación y Desarrollo



**AUTORIZACIÓN INSTITUCIONAL PARA PUBLICAR TESIS, ESTUDIOS,
ARTÍCULOS Y/O INFORMES PROPIEDAD INTELECTUAL DE AyA EN EL
REPOSITORIO DIGITAL DEL CEDI**

Yo, **Eric Alonso Bogantes Cabezas**

N° Cédula: 5-251-0327

Dependencia: **Gerencia General**

Autorizo como Gerente General y representante legal del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) cédula jurídica 4-000-042138 al Centro de Documentación e Información (CEDI) de la UEN Investigación y Desarrollo la inclusión, publicación y difusión en su Repositorio Digital y Catálogo en línea (OPAC).

Se trata de estudios y documentos cuyos derechos intelectuales y de uso son exclusivos de nuestra institución.

E-mail: gerenciageneral@aya.go.cr N° Teléfono: 2242-5090



Firmado digitalmente
por ERIC ALONSO
BOGANTES CABEZAS
(FIRMA)
Fecha: 2021.06.16
17:21:24 -06'00'

Firma: _____



Macroproceso: Gestión Técnica	Proceso: Investigación y Desarrollo	Subproceso: Investigación Aplicada	Fecha de entrega: 31 de julio de 2020	Nº de Versión: 01
Elaborado por: Laura Hernández	Revisado por: Andrés Lazo Páez	Aprobado por: German Mora Rodríguez	Fecha de aprobación: 0708/19	

TABLA DE APROBACIONES DEL REGISTRO

Elaborado y revisado por:

**ANDRES
LAZO PAEZ
(FIRMA)**

Firmado digitalmente por ANDRÉS LAZO
PAEZ (FIRMA)
Fecha: 2020.08.18
11:07:08 -06'00'

Andrés Lazo Páez

UEN Investigación y Desarrollo

**MARIA DE LOS
ANGELES ABARCA
ALVAREZ (FIRMA)**

Firmado digitalmente por MARIA
DE LOS ANGELES ABARCA
ALVAREZ (FIRMA)
Fecha: 2020.08.18 11:07:08
-06'00'

Marta de los Angeles Abarca Álvarez

Subgerencia Gestión Sistemas Delegados

**MARCOS DE LOS
ANGELES ANCHIA
CESPEDES (FIRMA)**

Firmado digitalmente
por MARCOS DE LOS
ANGELES ANCHIA
CESPEDES (FIRMA)
Fecha: 2020.08.18
11:48:06 -06'00'

Marcos Anchía Céspedes

Subgerencia Gestión Sistemas Delegados

Alejandro Rojas Rodríguez

ASADA Mallnches de Pinilla



Macroproceso: Gestión Técnica	Proceso: Investigación y Desarrollo	Subproceso: Investigación Aplicada	Fecha de entrega: 31 de julio de 2020	Nº de Versión: 01
Elaborado por: Laura Hernández	Revisado por: Andrés Lazo Pérez	Aprobado por: German Mora Rodríguez	Fecha de aprobación: 0708/19	

Aprobado por:

GERMAN
GUSTAVO
MORA
RODRIGUEZ
(FIRMA)

Firmado digitalmente
por GERMAN
GUSTAVO MORA
RODRIGUEZ (FIRMA)
Fecha: 2020.08.18
12:55:33 -06'00'

German Mora Rodríguez

UEN Investigación y Desarrollo

FERNANDO
VILCHEZ
ROJAS
(FIRMA)

Firmado
digitalmente por
FERNANDO VILCHEZ
ROJAS (FIRMA)
Fecha: 2020.08.18
18:50:06 -06'00'

Fernando Vilchez Rojas

Subgerencia Gestión Sistemas Delegados

	Informe Técnico		Página 4 de 48
	Fecha de entrega: 31 de julio de 2020	N° de Versión: 01	

RESUMEN EJECUTIVO

Como parte del acompañamiento acordado entre el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) y la Asociación Administradora de Acueducto y Alcantarillado Sanitario (ASADA) Malinches de Pinilla, en este informe el equipo técnico designado presenta el primer avance relacionado con la pre-inversión para la construcción de una planta desalinizadora. Posteriores informes abordan otros elementos relacionados con: permisos, estudio de mercado, financiamiento, tarifas, calidad de agua, diseño, contratación, ejecución y seguimiento en operación.

Se realizó un repaso de las principales actividades de pre-inversión realizadas por la ASADA Malinches de Pinilla. Como parte del proceso se revisaron los productos considerados para justificar la inversión y llevar a cabo, eventualmente, la propuesta de viabilidad técnica ante la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA). Se pudo constatar que los principales elementos considerados para la pre-inversión fueron: perfil de proyecto, propuesta inicial de estudio de impacto ambiental, toma de muestras de agua marina y análisis de laboratorio, levantamiento y catastro de la propiedad, estudio océano-meteorológico.

Si bien la estructura documental no se ajusta al esquema formal de administración de proyectos de infraestructura que posee el AyA, estos informes ofrecen un insumo invaluable para que el AyA aprenda anticipadamente cómo se puede llegar a gestionar un proyecto de desalinización de agua de mar. Un ejemplo claro de ello es el plazo para la ejecución de la pre-inversión, lo cual ha consumido más de dos años a la ASADA Malinches de Pinilla. Adicionalmente, el grado de detalle de los requerimientos técnicos que es necesario considerar para la ejecución de varios otros estudios muy especializados.

El presente informe también aborda los costos en que ha incurrido la ASADA y algunas lecciones aprendidas que desea transmitir a toda la institucionalidad pública a cargo de operar sistemas de agua potable y saneamiento en el país. No se debe dejar de lado

	Informe Técnico		Página 5 de 48
	Fecha de entrega: 31 de julio de 2020	N° de Versión: 01	

todo el compendio de medidas que implementó este administrador del servicio de agua, las cuales permitieron determinar realmente la magnitud de la necesidad de abastecimiento que cubre el proyecto de desalinización. Sin duda alguna, es posible que diversas áreas funcionales del AyA se nutran de estos avances.



TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.....	9
1.1. Antecedentes.....	9
1.2. Justificación	10
1.3. Objetivos.....	10
1.3.1. Objetivo General.....	10
1.3.2. Objetivos específicos	10
1.4. Alcance.....	10
1.5. Limitaciones.....	11
2. METODOLOGÍA	11
2.1. Marco metodológico.....	11
2.2. Conformación del equipo	11
2.3. Actividades realizadas	12
3. RESULTADOS.....	12
3.1. Datos básicos de la ASADA.....	12
3.2. Etapas desarrolladas por la ASADA	14
3.3. Entregables generados por la ASADA	17
3.3.1. Perfil de proyecto.....	18
3.3.2. Estudio geológico e hidrogeológico.....	22
3.3.3. Control de gastos ejecutados.....	24
3.3.4. Aspectos océano-meteorológicos	25
3.3.5. Tsunamis en la costa pacífica de Costa Rica, con especial interés en impactos sobre Playa Langosta, Guanacaste.	30
3.3.6. Uso de suelo.....	30
3.3.7. Oferta preliminar para equipamiento.....	31
3.3.8. Análisis de calidad de agua.	32
3.3.9. Resolución N° 2944-2019-SETENA.....	36
3.4. Lecciones aprendidas	36
3.4.1. Ámbito técnico	36
3.4.2. Ámbito administrativo.....	40
4. CONCLUSIONES	41



5.	RECOMENDACIONES	42
6.	REFERENCIAS BIBLIGRÁFICAS.....	44
7.	CONTROL DE CAMBIOS	46
8.	APÉNDICES	47
9.	ANEXOS.....	48
9.1.	Anexo 9.1: Listado de fuentes subterráneas de la ASADA Malinches de Pinilla	48
9.2.	Anexo 9.2: Perfil de proyecto.	48
9.3.	Anexo 9.3: Estudio geológico e hidrogeológico para viabilidad ambiental.	48
9.4.	Anexo 9.4: Aspectos océano-meteorológicos.	48
9.5.	Anexo 9.5: Tsunamis en la costa pacífica de Costa Rica, con especial interés en impactos sobre Playa Langosta, Guanacaste.....	48
9.6.	Anexo 9.6: Uso de suelo.	48
9.7.	Anexo 9.7: Oferta preliminar para equipamiento.	48
9.8.	Anexo 9.8: Análisis de calidad de agua.....	48
9.9.	Anexo 9.9: Resolución N° 2944-2019-SETENA.	48

TABLA DE CUADROS

Cuadro 1	Participantes de la iniciativa 2020-106-29	11
Cuadro 2	Componentes de estudios de pre-inversión.....	16
Cuadro 3	Documentación técnica de la ASADA Malinches de Pinilla.....	17
Cuadro 4	Oferta hídrica proyectada para la ASADA Malinches de Pinilla	19
Cuadro 5	Costos estimados del proyecto de ASADA Malinches de Pinilla.....	21
Cuadro 6	Costos por estudios de pre-inversión para el proyecto de ASADA Malinches de Pinilla 24	
Cuadro 7	Calidad de agua documentadas por la ASADA Malinches de Pinilla	33
Cuadro 8	Resultados de comprobación de los reportes de análisis	34

	Informe Técnico		Página 8 de 48
	Fecha de entrega: 31 de julio de 2020		N° de Versión: 01

TABLA DE FIGURAS

Figura 1 Ciclo de vida del proyecto para la ASADA Malinches de Pinilla	15
Figura 2 Ubicación preliminar de componentes principales del sistema de desalinización	20
Figura 3 Componentes del estudio de oceanografía	27
Figura 4 Ubicación propuesta para la toma de agua de mar y el emisario de descarga de salmuera	28

	Informe Técnico		Página 9 de 48
	Fecha de entrega: 31 de julio de 2020		N° de Versión: 01

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto bajo análisis corresponde al que pretende construir una planta desalinizadora en Hacienda Pinilla. La iniciativa está planteada como un acompañamiento técnico en el cual tanto AyA como la ASADA se vean fortalecidos, y para que se logren los objetivos planteados. Todo corresponde a un sistema delegado, operado por la ASADA Malinches de Pinilla, quien se encuentra bajo la supervisión de la Subgerencia de Gestión de Sistemas Delegados (SGSD).

En fecha 23 de abril del 2020, el señor Mauricio Estrada (presidente de la ASADA) solicita apoyo al AyA para el proyecto en cuestión. La Presidencia Ejecutiva del AyA solicitó a la UEN Investigación y Desarrollo (UEN ID) y a la UEN Administración de Proyectos (AP) de la Subgerencia de Gestión de Sistemas Delegados realizar el seguimiento respectivo (PRE-2020-01051). La solicitud de asesoría técnica ([2020-106-29](#)) se incluye el día 13 de julio del 2020 en la documentación del Sistema de Gestión de Calidad del Proceso de la UEN ID.

1.1. Antecedentes

El sistema administrado por la ASADA Malinches de Pinilla presenta un déficit en la oferta del recurso hídrico que provoca serios impactos en la prestación del servicio. Hay una clara escasez del recurso e incluso se experimenta afectación propiamente a la calidad del agua subterránea. En consecuencia, se provoca afectación a diversos temas socioeconómicos, tales como: sector agropecuario, inversión extranjera, actividad constructiva, desarrollo del proyecto Pinilla e incluso desempleo en comunidades cercanas.

Ante la problemática que enfrentan las fuentes subterráneas, la ASADA valoró la posibilidad de explotar alguna fuente superficial. No obstante, la zona no ofrece alguna opción viable. Adicionalmente, se verificó el alcance del plan Programa Integral de Abastecimiento de Agua para Guanacaste (PIAAG); sin embargo, el alcance definido

	Informe Técnico		Página 10 de 48
	Fecha de entrega: 31 de julio de 2020		N° de Versión: 01

cuenta con avance muy lento y no ofrece un alcance que pudiera brindar beneficio a la demanda proyectada por la ASADA Malinches de Pinilla en el corto plazo (menos de cinco años).

Por todo lo anterior, la administración de este sistema delegado se avocó a desarrollar un proyecto de desalinización para producción de agua potable. Ya ha ejecutado parte de los estudios de pre-inversión y se encuentra cerca de obtener la viabilidad técnica ambiental del proyecto. De manera complementaria, con fundamento en el Convenio de Delegación vigente y según las potestades de AyA, la ASADA solicita el apoyo técnico de AyA para continuar con el adecuado desarrollo y ejecución de la iniciativa. Este acompañamiento le permite al AyA generar capacidades en esta materia, contemplando todo el ciclo de vida de un proyecto de esta índole.

1.2. Justificación

El presente informe responde a la solicitud de asesoría técnica denominada: [2020-106-29](#).

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Brindar acompañamiento técnico a la ASADA Malinches de Pinilla para el adecuado desarrollo de un proyecto de desalinización para producción de agua potable.

1.3.2. Objetivos específicos

- Presentar los avances de ASADA Malinches de Pinilla en el marco del proyecto.
- Identificar lecciones aprendidas en la etapa de pre-inversión.

1.4. Alcance

Este documento presenta una recopilación de las acciones realizadas por la ASADA Malinches de Pinilla como parte de la pre-inversión para un proyecto de desalinización.

	Informe Técnico		Página 11 de 48
	Fecha de entrega: 31 de julio de 2020	N° de Versión: 01	

A partir de esos hechos, se describen una serie de lecciones aprendidas que podría considerar el AyA o cualquier otro desarrollador de este tipo de proyectos para garantizar de mejor manera el éxito en el trámite e implementación correspondientes.

1.5. Limitaciones

El trabajo desarrollado parte de una base teórica. Además, todas las responsabilidades técnicas y legales del proyecto recaen en la figura de la ASADA Malinches de Pinilla. Adicionalmente, no se realiza un análisis técnico detallado de cada cifra que fundamenta el proyecto; más bien se abordan temas conceptuales y de gestión que se consideran clave para la consecución de objetivos.

2. METODOLOGÍA

2.1. Marco metodológico

El estudio se basa en un análisis de bibliografía especializada y documentación aportada por ASADA Malinches de Pinilla. Posteriormente, se utiliza conocimiento adquirido por la UEN ID, la UEN AP de la Subgerencia de Sistemas Delegados y la misma ASADA, para generar los insumos requeridos.

2.2. Conformación del equipo

Se cuenta con participación de la UEN Investigación y Desarrollo y la UEN Administración de Proyectos de la Subgerencia de Sistemas Delegados. Adicionalmente, el departamento de ingeniería de la ASADA Malinches de Pinilla lleva la coordinación del desarrollo del proyecto. Específicamente se cuenta con los participantes que se anotan en el cuadro 1.

Cuadro 1 Participantes de la iniciativa 2020-106-29

Nombre	Área funcional donde labora
German Mora Rodríguez	UEN Investigación y Desarrollo
Andrés Lazo Páez	UEN Investigación y Desarrollo
Fernando Vílchez Rojas	UEN Administración de Proyectos, SGSD
María de los Ángeles Abarca Álvarez	UEN Administración de Proyectos, SGSD



Nombre	Área funcional donde labora
Marcos Anchía Céspedes	UEN Administración de Proyectos, SGSD
Alejandro Rojas Rodríguez	ASADA Malinches de Pinilla

Referencia: Elaboración propia.

2.3. Actividades realizadas

Las actividades realizadas corresponden únicamente a trabajo de oficina descrito en la sección 2.1.

3. RESULTADOS

3.1. Datos básicos de la ASADA

Según Rojas (2020a), la asociación se constituyó en el año 2015 y actualmente abastece cerca de 423 previstas de agua. Se abastece a partir de agua subterránea (16 pozos, ver anexo 1), los cuales operan en una modalidad muy dinámica, según las condiciones que refleja el acuífero y de acuerdo con la demanda del momento. Según datos suministrados por la ASADA, al año 2020, se cuenta con una demanda aproximada de 25,5 L/s (estiaje) y una oferta cercana a los 10 L/s, lo cual se vuelve más crítico en época de verano. Esta condición constituye una limitante alta para el área de cobertura del sistema de acueducto, pues existe un déficit cercano al 60%.

Es importante anotar que los servicios abastecidos en el proyecto, el cual cuenta con 1800 ha), representan diferentes actividades productivas. Se cuenta con clientes que se pueden catalogar como grandes consumidores, debido a su actividad económica principal (Rojas, 2020a). Entre los principales tipos de actividades abastecidas en el acueducto están:

- 8 residenciales.
- 3 hoteles.
- 3 restaurantes.
- 1 supermercado.



- 2 centros de oficinas.
- 1 clínica.
- 1 campo de golf.
- 1 establo.
- 1 vivero.
- Varias fincas ganaderas.

De acuerdo con la información suministrada por la ASADA, uno de los principales aspectos que han venido afectando la disponibilidad de agua dulce son las variaciones del ecosistema; específicamente: expansión de actividades antropogénicas en la zona y cambios de uso de suelo. Por otra parte, la aridez de la zona en cuestión es muy marcada, y se ha visto maximizada por los fenómenos vinculados posiblemente a los efectos del cambio climático. Adicionalmente, se tiene un déficit de precipitaciones, lo cual provoca sequías severas y más prolongadas. De manera complementaria, las características geológicas de la zona (complejo Nicoya) no son las idóneas para explotación de agua subterránea.

Como parte de las medidas de mitigación que ha venido implementando la ASADA, previo a considerar una planta desalinizadora para producción de agua potable, es posible citar las siguientes:

- 1 Reforestación: más de un millón de árboles plantados.
- 2 Creación e implementación del programa AQUA, para fomentar en los usuarios del servicio el uso eficiente del agua.
- 3 Asesoramiento, guía y supervisión de construcción de jardines. Esto en relación con la reducción del consumo de agua.
- 4 Implementación de racionamientos de agua cuando sea necesario.



- 5 Priorización del recurso hídrico.
- 6 Reducción del agua no contabilizada (ANC): 6%.
- 7 Explotación eficiente de fuentes subterráneas.
- 8 Rehabilitación de pozos con bajo potencial hídrico.
- 9 Solicitud de perforación de nuevos pozos.
- 10 Evaluación de otras posibles fuentes de agua (superficiales y cosecha de lluvia).
- 11 Análisis de alternativas de riego a partir de otras fuentes.
- 12 Apoyo de estudios hidrogeológicos en la cuenca.
- 13 Campañas de concientización acerca del uso eficiente del agua.

Una vez superadas e implementadas todas esas acciones descritas, la ASADA puede afirmar que ha hecho un uso optimizado y eficiente de todo el recurso para abastecimiento que utiliza. Según lo anterior, el proyecto de desalinización pasó a ser una prioridad para la actual administración del ente operador. La iniciativa está planteada para desarrollar siete módulos de 15 L/s cada uno, hasta alcanzar una capacidad máxima instalada de producción de 105 L/s. Se presume una inversión inicial estimada de \$3.4 millones, la cual sería ejecutada por medio de una alianza público-privada y un préstamo bancario (Rojas, 2020a).

3.2. Etapas desarrolladas por la ASADA

Según el intercambio de información realizado con la ASADA, todo el proceso de planificación de la iniciativa nació del estrés hídrico que se vive continuamente en el sistema de acueducto que administra. En el año 2017 se contrató una empresa que ejecutara todos los estudios de pre-inversión necesarios para posteriormente poder

fundamentar el proyecto y el trámite de viabilidad ambiental ante SETENA. La ASADA considera que su ciclo de proyecto está conformado por los componentes que se muestran en la figura 1.

Figura 1 Ciclo de vida del proyecto para la ASADA Malinches de Pinilla



Referencia: Rojas (2020c)

En el caso de este proyecto, la ASADA elaboró solamente algunos productos de los que típicamente forman parte de etapas como: perfil, prefactibilidad y factibilidad. La razón para ello es que, inicialmente, el fin principal que se plantearon como organización fue lograr la viabilidad ambiental del proyecto. Según el Ing. Rojas, el grado de detalle que solicita el trámite de viabilidad ambiental es muy profundo y permite prácticamente realizar la primera fase de planificación del proyecto. Los componentes típicos que se deben incluir en estudios de pre-inversión son los que se presentan en el cuadro 2. Únicamente con el fin de favorecer la presentación de información en el cuadro 2, no se indica el paso de factibilidad, pues MIDEPLAN (2012) indica que esta fase simplemente corresponde a un abordaje detallado en los temas presentados durante la pre-factibilidad.

	Informe Técnico		Página 16 de 48
	Fecha de entrega: 31 de julio de 2020		N° de Versión: 01

Cuadro 2 Componentes de estudios de pre-inversión

Perfil (P)	Pre-factibilidad (PF)
Información existente.	Levantamiento de información en campo.
Juicio especializado.	Levantamiento de información documental.
Experiencia.	Rangos de valoración para costos y beneficios.
Estimaciones monetarias preliminares.	Detalle de aspectos citados en perfil.
Conveniencia de implementación.	Consideraciones de mercado.
Decisión inicial de abordaje.	Consideraciones de tecnología.
-	Consideraciones de tamaño y localización.
-	Consideraciones de orden institucional y legal.
-	Oportunidades para ejecución de la inversión.
-	Decisión avanzada de abordaje.

Referencia: Elaboración propia con información de MIDEPLAN (2012).

Algunos elementos que quedaron fuera de la concepción típica de gestión de proyectos durante estas primeras etapas son los siguientes:

- Consideraciones de tecnología.
- Ciertos estudios básicos. Por ejemplo: análisis de calidad de agua distribuidos durante todo el año.
- Oportunidades para ejecución de la inversión.
- Decisión avanzada de abordaje.
- Estudio de factibilidad, con el grado de detalle que indica MIDEPLAN (2012).

Si bien no se cumplieron todos los hitos típicos de la formulación de proyectos de inversión, es importante destacar que el proyecto se encuentra a las puertas de presentar la subsanación respectiva para obtener la viabilidad ambiental. Por ello, se puede considerar la gestión como un buen ejemplo al cual se le pueden incorporar algunas mejoras, acorde con el entorno donde se pudiera desarrollar una iniciativa de este tipo. En las secciones subsiguientes se citan y se exploran los documentos elaborados por la ASADA y se señalan los principales aspectos que el AyA puede tomar como lecciones



aprendidas para mejora de sus actividades de formulación de proyectos de esta naturaleza.

3.3. Entregables generados por la ASADA

Como parte del proceso de acompañamiento fueron discutidos los documentos que se citan en el cuadro 3. De acuerdo con información suministrada por Rojas (2020b), el primer estudio que se realizaron fueron el #2 y el #5, antes de su inicio de labores como director del departamento de Ingeniería. Con este documento se inició el trámite de viabilidad ambiental ante las autoridades correspondientes. Sin embargo, con base en una resolución de SETENA, posteriormente fue necesario completar todos los datos técnicos para subsanar el faltante de información.

Cuadro 3 Documentación técnica de la ASADA Malinches de Pinilla

#	Estudio	Autor	Organización emisora
1	Perfil de proyecto (Anexo 9.2)	Alejandro Rojas Rodríguez, 2020c	ASADA Malinches de Pinilla
2	Estudio geológico e hidrogeológico para viabilidad ambiental (Anexo 9.3)	Roberto Protti Quesada, 2017	Geotest S.A.
3	Control de gastos ejecutados.	Alejandro Rojas Rodríguez, 2020b	ASADA Malinches de Pinilla
4	Aspectos océano-meteorológicos (Anexo 9.4)	Omar Lizano Rodríguez, 2019	Omar Lizano Rodríguez (consultor oceanografía física)
5	Tsunamis en la costa pacífica de Costa Rica, con especial interés en impactos sobre Playa Langosta, Guanacaste (Anexo 9.5)	Omar Lizano Rodríguez, 2015	Omar Lizano Rodríguez (consultor oceanografía física)
6	Uso de suelo (Anexo 9.6)	José Francisco Moreno Zapata, 2018	Municipalidad de Santa Cruz
7	Oferta preliminar para equipamiento (Anexo 9.7)	José Asan Li, 2019	DEINSA



#	Estudio	Autor	Organización emisora
8	Análisis de calidad de agua (Anexo 9.8)	Harry Hernández Mena, 2019	Bioanalítica Pacífico SRL
9	Resolución N° 2944-2019-SETENA (Anexo 9.9)	Cynthia Barzuna Gutiérrez, 2019	SETENA

Referencia: Elaboración propia con información de Rojas (2020b).

3.3.1. Perfil de proyecto

Según Rojas (2020c), el perfil de proyecto se fundamenta en el acuerdo de Junta Directiva de la ASADA de la sesión del 15 de febrero del 2018, relacionado con el proyecto denominado en su momento “Construcción de planta de desalinización ASADA Malinches de Pinilla de Pinilla”. El desarrollo de la iniciativa consta de doce secciones, siendo la primera de ellas la ubicación geográfica de la iniciativa. Progresivamente se empieza el análisis de la situación técnica y administrativa del acueducto, así como el estudio de los parámetros sociales, técnicos y financieros correspondientes.

El sistema en cuestión se abastece a partir de 16 pozos cuyos caudales se encuentran entre 0,2 y 8,0 L/s. Las profundidades de estos se encuentran entre los 21 y los 50 m, mientras que la profundidad de colocación de los equipos de bombeo está entre 18 y los 30 m. Todas estas fuentes de agua dulce presentan variaciones estacionales en términos de cantidad y calidad, lo cual provoca que en época seca se llegue a alcanzar un déficit hídrico de hasta 60% para abastecer las más de 400 previstas existentes. La infraestructura a la cual abastecen los pozos es la siguiente:

- Línea de impulsión: 2250 m.
- Sistema de tratamiento (hierro – manganeso): 10 L/s.
- Tanque de almacenamiento: 500 m³.
- Red de distribución: 46,4 km.

	Informe Técnico		Página 19 de 48
	Fecha de entrega: 31 de julio de 2020		N° de Versión: 01

Por medio de estimaciones de servicios “equivalentes” se presenta una proyección respecto al consumo futuro en el acueducto. No obstante, Rojas (2020c) aclara que debido a que los escenarios de crecimiento tienen un componente significativo de población flotante, se espera realizar el crecimiento en capacidad de producción de agua desalinizada en forma escalonada. Adicionalmente, debido a las particularidades de los clientes de la ASADA se toma en consideración reuso del agua residual (tipo ordinario y especial), el cual corresponde realmente a riego de áreas verdes y algunos usos similares. El detalle del consumo proyectado en la ASADA es el que se muestra en cuadro 4.

Cuadro 4 Oferta hídrica proyectada para la ASADA Malinches de Pinilla

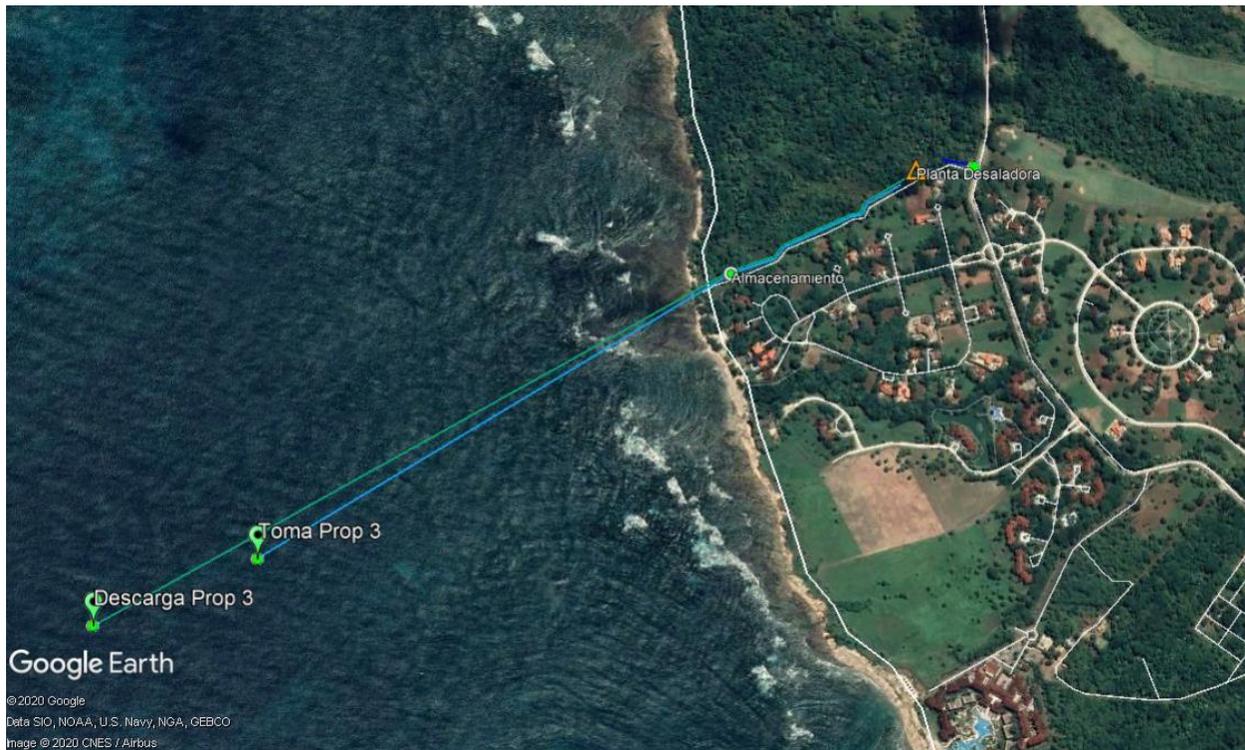
Fuentes	Caudal (L/s)
Pozos actuales	15
Planta desalinizadora	115
Reuso	62
TOTAL	192

Referencia: Rojas (2020c).

Un aspecto que no se detalla en el documento es el desglose de los consumos por tipo de abonado. El documento señala una dotación medida de 1543 L/hab*d, lo cual es un dato diferente de la realidad de muchos sistemas, incluso aquellos con perfiles diversos de usuarios. La dotación neta asignada corresponde a la cantidad de agua requerida para satisfacer las necesidades de la comunidad de Hacienda Pinilla, una comunidad de clase alta con extrema riqueza y lujo.

El dato global se obtuvo de los patrones de consumos y demandas de la localidad de Hacienda Pinilla, se utilizaron los datos reales de los usuarios (promedio mensual de los últimos cinco años del consumo por vivienda en época seca, 164,7 m³). No se emplearon índices reconocidos a nivel nacional (IMN, 2004), pero sí se realizaron las estimaciones respectivas utilizando el criterio de “servicios equivalentes” para el análisis de la información.

Figura 2 Ubicación preliminar de componentes principales del sistema de desalinización



Referencia: Rojas (2020b)

El perfil también incluye una descripción detallada de la posible solución de potabilización (ver figura 2), con algunos supuestos empleados en el proceso. El costo estimado de inversión inicial igualmente, se listan algunas obras propuestas para todo el sistema hidráulico:

- Toma directa de agua marina, (captación subsuperficial).
- Conducción, tuberías de succión hasta ZMT (1150 m).
- Almacenamiento y sistema de impulsión a planta de potabilización (ZMT).
- Conducción, tubería de impulsión de almacenamiento a planta de potabilización, sector terrestre (410 m).



- Planta de potabilización.
 - Pretratamiento
 - Osmosis Inversa
 - Postratamiento
- Tanque de almacenamiento (1135 m³).
- Interconexión al sistema de acueducto, tubería a red de distribución (65 m).
- Descarga, tubería de devolución de salmuera, sector terrestre (440 m).
- Descarga, tubería de devolución de salmuera con difusores, sector marino (1500 m).

En términos de costos, Rojas (2020c) indica que, considerando la totalidad de módulos de desalinización, la inversión preliminar para obras es cercana a los ocho millones de dólares; el componente de planta potabilizadora es el mayor rubro (considerando máxima capacidad). Éste corresponde a prácticamente un 70% de los costos totales del proyecto, sin incluir el componente de suministro eléctrico. Esta estimación será mejorada conforme se vaya ejecutando el estudio de mercado en fases posteriores.

Cuadro 5 Costos estimados del proyecto de ASADA Malinches de Pinilla

Ítem	Cantidad	Unidad	Costo unitario (US\$)	Costo total (US\$)
Estudios preliminares y permisos	1	Global	86 600	86 600
Toma directa de agua marina	1	Unidad	20 000	20 000
Tubería de succión	1150	m	500	575 000
Almacenamiento y sistema de impulsión a la planta de potabilización	1	Global	35 000	35 000
Tubería de impulsión de almacenamiento a planta de potabilización.	410	m	250	102 500
Planta de potabilización.	6	Global	920 000	5 520 000



Ítem	Cantidad	Unidad	Costo unitario (US\$)	Costo total (US\$)
Tanque de almacenamiento.	1	Global	350 000	350 000
Tubería red de distribución.	65	m	107,7	7 000
Tubería de devolución de salmuera, sector terrestre.	440	m	200	88 000
Tubería de devolución de salmuera con difusores, sector marino.	1500	m	425	637 500
Instalación de toma, buzos, pruebas de presión de tubería, etc.	1	Global	40 000	40 000
Suministro eléctrico.	1	Global	Por definir en diseño	-
Ingeniería y diseño final del sistema.	1	Global	Aprox. 8% de subtotal	596 928
TOTAL				8 058 528

Referencia: Rojas (2020c).

3.3.2. Estudio geológico e hidrogeológico

El estudio desarrollado por Protti (2017), menciona un caudal de producción de 60 L/s, lo cual no es coincidente con lo indicado en el perfil del proyecto. Según Rojas (2020b), esta diferencia se debe a que el concepto del proyecto original evolucionó con el paso del tiempo, hasta llegar a la proyección indicada en el cuadro 4. Debido a que el trámite de viabilidad ambiental se realizó para 60 L/s, dentro de los procesos de subsanación se decidió solamente adecuar la infraestructura complementaria (tuberías de succión y descarga) para que quedara prevista para 115 L/s. Más adelante, será necesario modificar la licencia para los 55 L/s adicionales.

Una situación similar ocurre con la construcción de un pozo primario colector de agua marina. Esta unidad no corresponde a un pozo para extracción de agua en la zona marítimo terrestre, sino que es un tanque o reservorio a partir del cual se impulsará agua al sistema de potabilización. Tal condición también fue debidamente aclarada a SETENA durante los procesos de revisión de documentación.

	Informe Técnico		Página 23 de 48
	Fecha de entrega: 31 de julio de 2020	N° de Versión: 01	

Algunas consideraciones de importancia que señala el mismo estudio son las siguientes:

- No existen unidades acuíferas en el área del proyecto ni en su zona de influencia inmediata.
- No existe alguna condición de vulnerabilidad a la contaminación salina del subsuelo debido a la construcción u operación del proyecto propuesto.
- No se observaron formaciones coralinas ni cuerpos de organismos sésiles que puedan ser afectados directamente por la descarga de salmuera en su zona de dilución.
- No existe localmente alguna unidad acuífera con capacidad para una explotación de la magnitud que se propone desarrollar.

Las conclusiones establecidas por el autor demuestran parte de la conveniencia técnica de realizar el proyecto. Se denota una baja vulnerabilidad a la contaminación salina o a otras formas de afectación asociadas. Sin embargo, es claro que durante el desarrollo del proyecto se deben ir revisando estas condiciones.

Protti (2017) también propone el uso de un sistema para dilución previo al vertido de la salmuera. Sin embargo, no existe certeza acerca de la viabilidad regulatoria de emplear este procedimiento por tratarse de un vertido de aguas residuales a un cuerpo de agua. Es recomendable que tanto SETENA como el Ministerio de Salud verifiquen esa posibilidad de antemano.

Finalmente, es importante considerar que la ubicación de las obras de toma, descarga y emplazamiento de la futura planta potabilizadora han variado al día de hoy, respecto a lo propuesto por Protti (2017). El fundamento respectivo se presenta en los documentos elaborados por Lizano (2019) y Lizano (2015).

3.3.3. Control de gastos ejecutados

De momento, los gastos en que ha incurrido la ASADA están enfocados a elementos de pre-inversión. El detalle en relación con tiempo y costo es el que se muestra en el cuadro 6. Por el momento, no se tiene una finalización para la etapa de impacto ambiental y de catastro del lote, debido a que al momento de ejecución del informe no se tenían estas etapas debidamente finalizadas. Específicamente para el estudio de impacto ambiental se presentaron algunas subsanaciones solicitadas por SETENA en la tercera semana de julio del 2020. El catastro del lote se finalizaría en el momento que se obtenga la viabilidad ambiental.

**Cuadro 6 Costos por estudios de pre-inversión para el proyecto de ASADA
Malinches de Pinilla**

Ítem	Plazo (sem.)	Inicio	Fin	Costo total (US\$)
Estudio de impacto ambiental.	127.5	10/01/2018	-	42 596
Tomas de muestra y análisis de agua marina (fase inicial).	63.5	17/07/2019	02/10/2020	3 575
Plano de lote (levantamiento y catastro).	33	25/09/2019	-	515
Estudio aspectos océano-meteorológicos.	15	14/11/2019	27/02/2020	17 586
TOTAL				64 272

Referencia: Rojas (2020b).

El costo proyectado para pre-inversión asciende a \$86 600, o bien cerca de cincuenta millones de colones. Esto corresponde a cerca de 1,1% del costo global, con la expansión total de los módulos de desalinización. Además, suponiendo una resolución definitiva por parte de SETENA en el mes de diciembre 2020, el plazo total para los estudios de pre-inversión sería de poco menos de tres años. Esta duración considera algunos contratiempos y cambios en la modalidad de ejecución de parte de los estudios.

	Informe Técnico		Página 25 de 48
	Fecha de entrega: 31 de julio de 2020	N° de Versión: 01	

3.3.4. Aspectos océano-meteorológicos

Este componente fue desarrollado posterior al envío de documentos a SETENA para valoración de una posible viabilidad ambiental. Fue parte de los faltantes de información señalados en la resolución N° 2944-2019-SETENA. Explícitamente, la solicitud de subsanación (SETENA, 2019) indicaba lo siguiente:

“c) Estudios de Oceanografía Local: *No se presentan los estudios de oceanografía local, específica para el proyecto (AID y AII), espacial y vertical, que contenga estudios técnicos de: batimetría, mareas, nivel del mar, oleajes, vientos y corrientes. Deberán ser hechos por un profesional en Oceanografía, tanto durante la época seca, como durante la época lluviosa del país, o bien aportar la justificación por parte del profesional atinente, en el cual se indique a esta Secretaría si los datos generales aportados aplican para el sitio del proyecto de referencia.*

Lo anterior en razón de que justificación presentada no puede ser avalada por esta Secretaría, dado que los datos utilizados para justificar la no presentación de estos estudios se basan en un sistema que trabaja por algoritmos matemáticos (Módulo de Información Oceanográfica del CIMAR) para generar la información de oleaje, corrientes y vientos, lo que permite visualizar las condiciones oceanográficas del lugar de manera muy general y no local.

Los estudios solicitados en oceanografía local son los siguientes:

- 1. Batimetría: Referido al nivel medio de bajamares de sicigia.*
- 2. Estudio Corrientes Marinas:*
 - Corrientes superficiales costeras.*
 - Corrientes generadas por viento.*
 - Corrientes de mareas.*
 - Corrientes de litoral.*

	Informe Técnico		Página 26 de 48
	Fecha de entrega: 31 de julio de 2020	N° de Versión: 01	

- Corrientes producidas por la rotura del oleaje.

d) Análisis de dilución de salmuera: *Aportar un modelo que determine la dilución y dispersión de la salmuera y que este sirva de base respecto al impacto que puede generar el proyecto de referencia a especies vulnerables, el cual debe ser realizado por un profesional atinente.*

Lo anterior, en virtud de que en el folio 0102 del expediente administrativo consta el análisis de dilución de salmuera, realizado por el hidrogeólogo Roberto Protti Quesada, el cual esta Secretaría no considera pertinente avalarlo, debido a que el mismo basa sus resultados en información general proveniente del sistema que trabaja por algoritmos matemáticos (Modulo de Información Oceanográfica del CIMAR), dado que debe ser realizado con datos provenientes de muestreo de corrientes, mareas, oleajes y vientos recolectados en campo (a nivel local).

Además, el sitio de descarga del agua de rechazo y sus áreas de influencia directa e indirecta no fueron definidas en base a la aplicación de modelos numéricos de dispersión y dilución (con transporte adiabático y parabólico) de la pluma boyante de salinidad, y sus posibles impactos sobre el medio marino.”

Según lo anterior, la ASADA procedió a buscar en el mercado nacional alguna empresa especializada en el área de oceanografía. Durante el proceso se encontró que el perfil idóneo si bien corresponde al área de oceanografía, esta persona debe contar preferiblemente con una especialización en el área de física (Rojas, 2020b). Como especificación técnica para el estudio realizado por Lizano (2019) simplemente se utilizó la observación realizada por SETENA (2019). El informe propiamente se compone de las cinco secciones principales que se presentan en la figura 3.

Figura 3 Componentes del estudio de oceanografía



Referencia: Elaboración propia con información de Lizano (2019)

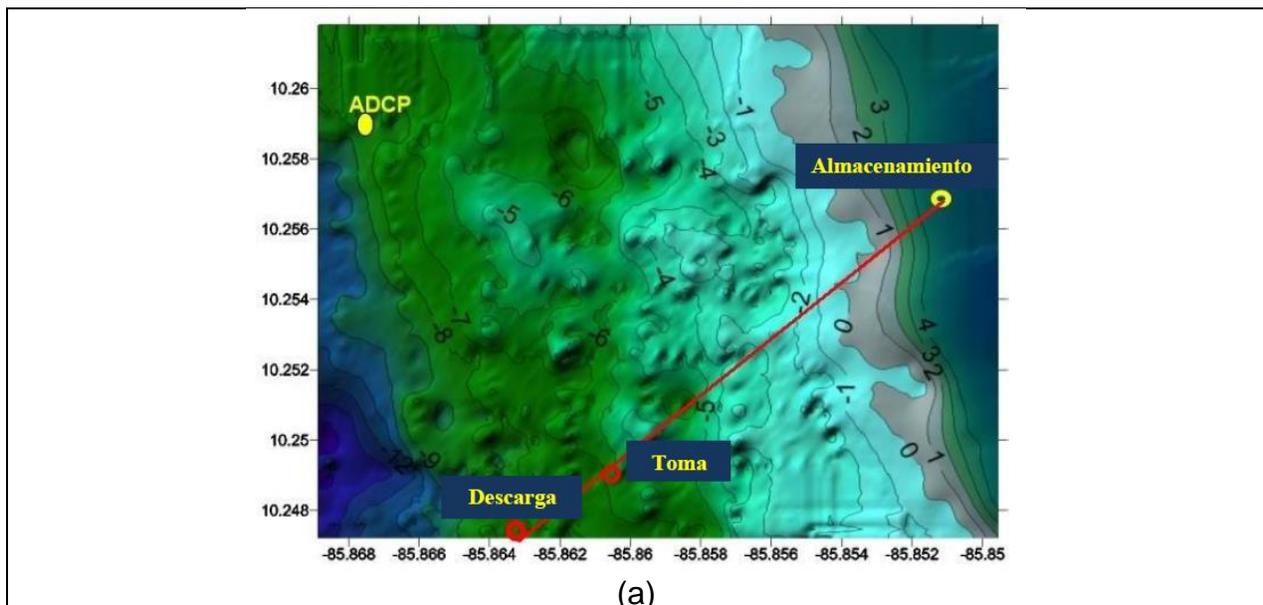
Con base en los insumos científicos que se generan a lo largo del estudio (Anexo 9.4), Lizano (2019) indica que las corrientes marinas de la zona tienen una característica cuasi-permanente, por lo que se espera una dispersión de la pluma (de salmuera) hacia el noroeste, alejándose de la costa. Asimismo, se recomienda realizar la descarga al menos a 10 m de profundidad, para que la pluma no alcance la superficie. El emisario estaría compuesto de dos difusores de 0,06 m, separados por al menos 30 m, para lograr una distancia límite de influencia no mayor a 100 m.

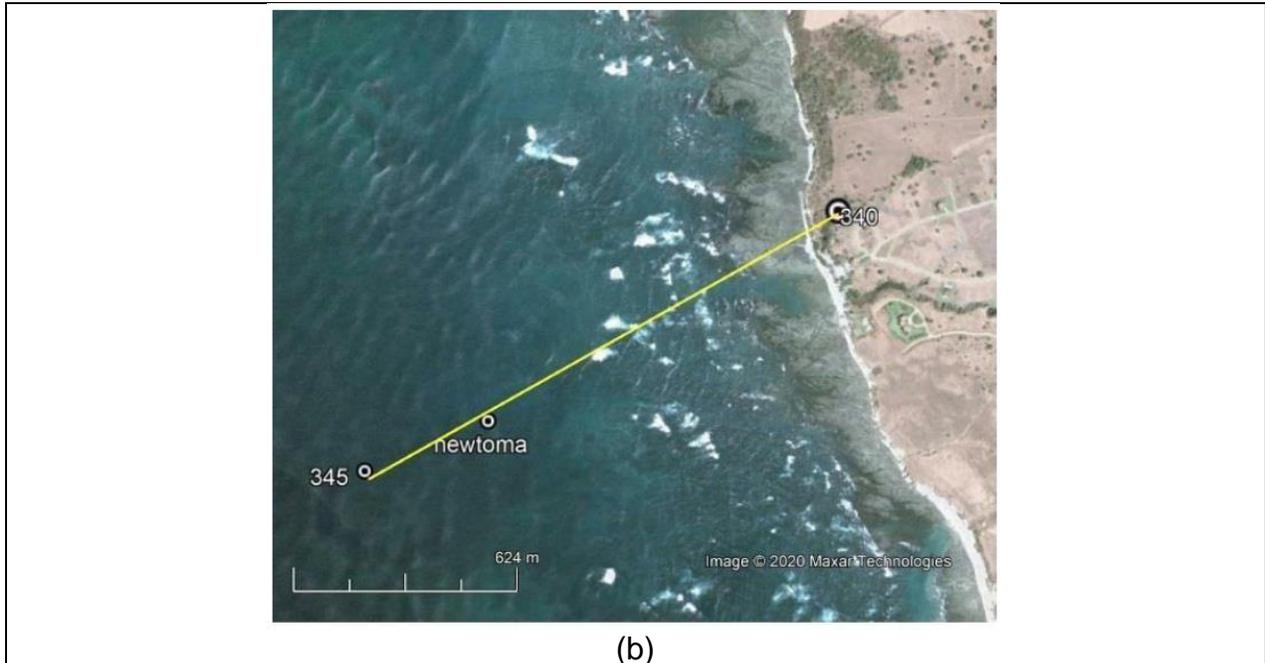


El autor señala también que no existen variaciones estacionales de temperatura y salinidad, por lo que no se esperan diferencias significativas en la dispersión de la salmuera; es decir, no harían falta mediciones estacionales. Adicionalmente, es necesario que la posición del emisario alcance al menos la pendiente de la plataforma costera para que los residuos de salmuera se decanten por gravedad a través del fondo. La definición final de las ubicaciones se muestra en la figura 3.

En la figura 4a, se puede apreciar la ubicación de la toma, la descarga y el almacenamiento en tierra firme. Además, es posible verificar la posición del dispositivo ADCP para medición de corrientes. En la figura 4b se observa claramente, bajo una condición de marea baja, que la posición de la toma se encuentra suficientemente alejada para que las olas no tengan influencia en el transporte de sedimentos a esa profundidad. La distancia total entre toma y descarga es de 350 m.

Figura 4 Ubicación propuesta para la toma de agua de mar y el emisario de descarga de salmuera





Referencia: Lizano (2019)

Lizano (2019) indica que, según los datos oceanográficos, las olas que se han diagnosticado al frente de Hacienda Pinilla pueden romper hasta una profundidad cercana a los 5 m. Este rompimiento podría generar una dinámica de sedimentos inconveniente para la toma de agua a esas profundidades (Lizano, 2020). Los programas de cómputo (y modelos matemáticos) utilizados para este insumo son:

- Matlab.
- Tides & Currents.
- Fortran.
- Wavewatch III (modelo).
- Datos de *National Centers for Environmental Prediction* y la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NCEP-NOAA) de los Estados Unidos.

	Informe Técnico		Página 30 de 48
	Fecha de entrega: 31 de julio de 2020		N° de Versión: 01

3.3.5. Tsunamis en la costa pacífica de Costa Rica, con especial interés en impactos sobre Playa Langosta, Guanacaste.

No se encontró referencia de SETENA donde se solicitara explícitamente un estudio relacionado con la posibilidad de ocurrencia de tsunamis en la costa pacífica. No obstante, según Rojas (2020b), este insumo había sido contratado hace varios años por Hacienda Pinilla. Para efectos del presente proyecto se consideró como un valor agregado para realizar una adecuada selección del sitio de proyecto.

Con base en información histórica y algún análisis realizado por medio del software conocido como *Tides & Currents*, Lizano (2015) indica que ante un evento extremo en el área de influencia del proyecto, el nivel del mar podría llegar a 10 m sobre el nivel máximo de pleamares. El mismo autor indica que esa condición no considera efectos locales de amplificación de bahías, esteros y formaciones cónicas de la costa hacia el océano Pacífico (Lizano, 2015).

Por otra parte, Lizano (2015) también sugiere que por el grado de incertidumbre que generan algunos fenómenos climáticos ocasionales e incluso el fenómeno de El Niño, es recomendable que la población de Hacienda Pinilla se desplace a sitios más seguros, por encima de la cota de 12 msnm. Esta condición se podría adoptar también para la ubicación de los componentes de mayor costo de la planta desalinizadora. Actualmente, el proyecto se encuentra formulado para un terreno que se ubica entre las cotas de 10 m y 12.5 m.

3.3.6. Uso de suelo.

Según nota del departamento de ingeniería de la Municipalidad de Santa Cruz (Moreno, 2018), el terreno no es afectado por algún Plan Regulador y cuenta con condiciones de uso conforme para una planta de desalinización. Es decir, de manera preliminar, no existe una limitación del terreno planteado para el proyecto. Adicionalmente, Rojas (2020b) indica que la estimación del área proyectada (14 872 m²) fue realizada con base en experiencias de otros países y recomendaciones que se

	Informe Técnico		Página 31 de 48
	Fecha de entrega: 31 de julio de 2020	N° de Versión: 01	

pueden encontrar en literatura especializada (Voutchkov, 2013). También se cuenta con la respectiva servidumbre prevista para las líneas de impulsión que forman parte del concepto técnico.

3.3.7. Oferta preliminar para equipamiento.

Con el fin de contar con un insumo comercial que permitiera plantear el proyecto para valoración de SETENA, la ASADA Malinches de Pinilla solicitó una cotización preliminar a la empresa costarricense Desarrollos Internacionales de Salud (DEINSA), la cual representa a la casa fabricante Veolia. El insumo fue elaborado para un caudal supuesto de 1500 m³/d, o bien 17 L/s. Es decir, el costo asociado y las características documentadas corresponderían a un módulo de potabilización, los cuales pretende ir adquiriendo la ASADA conforme se vaya incrementando la demanda del desarrollo Hacienda Pinilla.

Es importante anotar que la empresa Veolia ofrece manifiesta que cuenta con más de 20 años de experiencia en instalaciones para desalinización en América, principalmente en México, Perú, Brasil, Venezuela, Chile y algunas islas del Caribe. Las capacidades instaladas se encuentran entre los 50 y los 24 000 m³/d (0.6 a 278 L/s). Es decir, han manejado instalaciones que podría catalogarse como proyectos piloto y también proyectos de mediano tamaño en América y el Caribe.

Para cada módulo de 17 L/s, la propuesta contempla los siguientes elementos:

- Sistema de bombeo para pozo profundo.
- Sistema de pre-tratamiento (filtros de anillos y filtros presurizados de arena).
- Sistema desalinizador con 105 membranas.
- Sistema “clean in place” (CIP) para enjuague y limpieza.
- Postratamiento con remineralización por medio de: hidróxido de sodio, cloruro de calcio, y anti-corrosivo.

	Informe Técnico		Página 32 de 48
	Fecha de entrega: 31 de julio de 2020		N° de Versión: 01

Además, la propuesta considera la ingeniería básica, asesoría para instalación por medio de tres visitas, visita para puesta en marcha y para entrenamiento del personal a cargo de la operación. Cualquier otro elemento fuera de esa concepción, no está considerado en la oferta. La conversión estimada es del 41.7% con un consumo específico de energía de 2.7 kWh/m³. El costo asociado a este módulo de tratamiento es poco más de un millón de dólares.

Este insumo información de alta calidad y utilidad. No obstante, no considera algunos datos importantes para el desarrollo de etapas subsiguientes del proyecto. Según Rojas (2020b), eventualmente se realizará un estudio de mercado amplio y detallado para fortalecer la planificación del proyecto.

3.3.8. Análisis de calidad de agua.

La calidad de agua constituye un elemento fundamental para la buena concepción de un proyecto de desalinización. De momento, la ASADA cuenta con tres muestreos de calidad de agua realizados durante los años 2019 (julio y octubre) y 2020 (enero). Por lo tanto, es claro que se ha tratado de abarcar el comportamiento de datos en la estación seca y la estación lluviosa.

Según la información referida por Rojas (2020b), de momento se han contratado dos laboratorios comerciales con alcances diferentes. Tomando en consideración las recomendaciones emitidas por Voutchkov (2013), MSPS (2009) y AyA (2016), es posible indicar que se abarcaron la mayoría de los parámetros recomendados por la literatura especializada. De momento no se cuenta con una interpretación de la información, lo cual debe realizarse previo a establecer con posibles contactos con empresas proveedoras de soluciones de potabilización. Esto se analizará en informes posteriores de seguimiento.

**Cuadro 7 Calidad de agua documentadas por la ASADA Malinches de Pinilla**

Parámetro	Unidad	Bioanalítica 21/01/2020	Bioanalítica 29/10/2019	TecnoLab 17/07/2019	MSPS (2009)
Absorción UV	cm-1	0.056	0.118	-	-
Alcalinidad parcial	mg/L CaCO ₃	119	30	-	-
Alcalinidad total	mg/L CaCO ₃	139	145	-	-
Aluminio	mg/L	ND	ND	-	-
Amoniaco	mg/L	ND	ND	-	-
Arsénico	mg/L	ND	ND	-	-
Bario	mg/L	ND	ND	-	-
Bicarbonatos	mg/L CaCO ₃	119	115	-	120 - 170
Boro	mg/L	ND	ND	-	4 - 6
Bromuros	mg/L	ND	ND	-	59 - 120
Calcio	mg/L	456	477	114.72	375 - 525
Carbono orgánico disuelto	mg/L	3	1.3	-	-
Carbono orgánico total	mg/L	3.3	4.9	3	1.2 - 3.0
Cloruros	mg/L	18806	17980	18538.45	17500 - 21000
Cobre	mg/L	ND	ND	-	-
Color aparente	UPt-Co	ND	ND	-	-
Color verdadero	UPt-Co	ND	ND	-	-
Conductividad eléctrica	mS/cm	49	47.3	45.74	44 - 58
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L	2	3	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	2	6	-	-
Dióxido de carbono	mg/L	-	-	3.2	-
Dureza total	mg/L CaCO ₃	9448	8942	-	-
Estroncio	mg/L	6.56	6.95	-	12 - 14
Fluoruros	mg/L	2.06	1.77	-	1
Fosfatos	mg/L	1.9	ND	-	-
Grasas y aceites	mg/L	ND	< 5	-	-
Hierro disuelto	mg/L	ND	0.022	-	-
Hierro total	mg/L	ND	0.029	-	-
Índice de ensuciamiento (IDS 15)	-	3.1	3.5	-	-
Magnesio	mg/L	2018	1882	284.58	1025 - 1400
Manganeso disuelto	mg/L	0.001	ND	-	-
Manganeso total	mg/L	0.001	ND	-	-
Nitrógeno amoniacal	mg/L	ND	0.02	-	0.005 - 0.05
Nitrógeno de nitratos	mg/L	0.02	0.05	-	0.001 - 4.0
Nitrógeno de nitritos	mg/L	0.001	0.02	-	-
Nitrógeno orgánico	mg/L	-	-	-	0.005 - 0.03
Oxígeno disuelto	mg/L	7.02	8.12	8.4	-
pH	-	7.87	8.6	8.15	7.9 - 8.1
Potasio	mg/L	1201	828	610	350 - 500
Salinidad	ppt	31	30.9	30.9	30 - 45
Sílice	mg/L	4.4	ND	2.9	0.01 - 7.4
Sodio	mg/L	1097	1136	110	9600 - 11700
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	ND	5	<6	-
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	27002	26103	550	-
Sulfatos	mg/L	9	690	1040	2425 - 3000
Sulfuro de hidrógeno	mg/L	ND	ND	-	-
Temperatura	°C	27.8	28.3	27.5	15 - 35
Turbidez	UNT	0.2	1.38	1.19	-
Zinc	mg/L	ND	ND	-	-

Referencia: Elaboración propia con información de Rojas (2020b)



Si se comparan los valores típicos de calidad de agua (MSPS, 2009) y se verifican los resultados propiamente de los reportes, es posible resaltar algunos temas a los cuales podría prestar atención la ASADA:

- El valor de alcalinidad parcial para el análisis de octubre de 2020.
- El valor de calcio en el análisis de julio de 2019, muy diferente a los otros valores registrados.
- No se observó el dato de nitrógeno orgánico.
- Los valores de sodio que se han reportado a hoy parecen muy bajos, respecto a lo citado en literatura.
- El valor de sólidos disueltos totales del análisis de julio de 2019 parece incorrecto.
- Es recomendable revisar el valor de sulfatos para el análisis de enero 2020.

Por otra parte, se realizó una comprobación de los datos de laboratorio según establecen las metodologías para revisión de reportes de laboratorio (APHA, 1999). Los resultados son los que se muestran en el cuadro 8. Debido a que no todos los criterios cumplen con el criterio de aceptación, sería recomendable que la ASADA converse al respecto con los emisores de la información técnica. El principal elemento por considerar es el valor de la sumatoria de cationes que es posible estimar a partir de los reportes, pues es un resultado muy bajo.

Cuadro 8 Resultados de comprobación de los reportes de análisis

Criterio	Unidad	Enero 2020	Octubre 2019	Julio 2019	Criterio aceptación
Sólidos disueltos totales (SDT) estimados	mg/L	23 676	22 399	19 658	-
SDT medido / SDT estimado	-	1.1	1.2	0.0	1.0 - 1.2
Sumatoria de cationes	meq/L	269.6	251.5	49.9	-
Sumatoria de aniones	meq/L	529.9	506.6	522.2	-
Balance de iones	-	-33%	-34%	-83%	± 5% max



Criterio	Unidad	Enero 2020	Octubre 2019	Julio 2019	Criterio aceptación
Suma de cationes / conductividad	-	0.55	0.53	0.11	0.9 - 1.1
Suma de aniones / conductividad	-	1.08	1.07	1.14	0.9 - 1.1
SDT estimado / conductividad	-	0.48	0.47	0.43	0.55 - 0.7
SDT medido / conductividad	-	0.55	0.55	0.01	0.55 - 0.7

Referencia: Elaboración propia con información de Rojas (2020b).

Por otra parte, es importante indicar que si bien se han abarcado gran parte de los grupos de posibles contaminantes (particulados, coloidales, minerales y orgánicos), Voutchkov (2013) propone adicionar a lo ya monitoreado lo siguiente:

- Particulados: clorofila a y conteo de algas.
- Coloidales: hidrocarburos totales.
- Minerales: ninguno adicional.
- Orgánicos: ninguno adicional.
- Microbianos: coliformes totales.
- Otros: potencial REDOX.

Finalmente, sería importante para futuros procesos de muestreo que se revise en el medio nacional si existe algún laboratorio donde todas las pruebas (o al menos la mayoría) estén acreditadas para agua de mar. También se le debe consultar a los laboratorios oferentes cuál es el método analítico que utilizan para determinar los diversos analitos; algunos límites de cuantificación son muy bajos, como para ser considerados para metodologías aplicables a agua de mar. También, algunas incertidumbres reportadas son bajas, como para corresponder a agua de mar. Esto tiene

	Informe Técnico		Página 36 de 48
	Fecha de entrega: 31 de julio de 2020		N° de Versión: 01

como fin buscar los mejores métodos de análisis de laboratorio posibles para el proyecto en cuestión.

3.3.9. Resolución N° 2944-2019-SETENA.

El día 13 de setiembre del 2019 SETENA emitió una resolución para el trámite de viabilidad del proyecto de desalinización que había sido iniciado por la ASADA en fecha del 10 de agosto del 2018. La resolución básicamente analiza el cumplimiento de lo establecido en los términos de referencia del decreto ejecutivo 32966-MINAE, publicado en La Gaceta No. 85 del 4 de mayo del 2006. Se solicita subsanación de 12 aspectos técnicos y legales, dentro de un plazo de seis meses. Ya el detalle técnico necesario fue presentado ante SETENA.

3.4. Lecciones aprendidas

Todos los documentos base que se emplean para la elaboración del presente informe se pueden encontrar en la sección de anexos. Asimismo, se realizó una descripción inicial de cada componente en la sección anterior. Consecuentemente, considerando la información aportada hasta este momento, en esta sección se muestran las lecciones aprendidas aplicables en cualquier empresa pública operadora de servicios de agua potable y saneamiento que quiera implementar un proyecto de desalinización para producción de agua potable. Los elementos identificados se clasifican en dos grupos: técnicos y administrativos.

3.4.1. Ámbito técnico

- A. La planificación de un proyecto de desalinización en Costa Rica debe hacerse en apego a lo indicado por el decreto ejecutivo [32966-MINAE](#) (*Manual de Instrumentos Técnicos para el Proceso de Evaluación del Impacto Ambiental*), publicado en La Gaceta No. 85 del 4 de mayo del 2006. Además, la pre-inversión se debe realizar considerando el contenido de la Resolución [RES-2211-2016](#):



Términos de Referencia para Proyectos que Contemplan Instalación y Operación de Plantas Desalinizadoras con Ósmosis Inversa.

- B. Es altamente conveniente la planificación de proyectos de desalinización con visión de largo plazo, considerando etapas de expansión conforme la demanda de agua vaya creciendo. Esto debe considerar también que la infraestructura complementaria se construya con la capacidad necesaria desde el inicio.
- C. Un estudio de aspectos océano-meteorológicos debe ser realizado por un profesional en oceanografía con especialidad en física, por requerir conocimiento y experiencia en ese campo para la formulación e interpretación de modelos matemáticos. Además, un estudio de este tipo debe contemplar además de lo que establece SETENA, la siguiente temática:
- i. Batimetría en sitio del proyecto propuesto.
 - ii. Análisis de datos del Perfilador Doppler de Corrientes (ADCP).
 - iii. Predicciones de marea astronómica.
 - iv. Características de las mareas en el Pacífico Norte de Costa Rica.
 - v. Escenarios del nivel del mar en el Pacífico Norte de Costa Rica.
 - vi. Características climatológicas del oleaje en el sitio del proyecto.
 - vii. Serie de datos de reanálisis del NCEP-NOAA.
 - viii. Características del oleaje de NCEP-NOAA y medición de olas frente.
 - ix. Características climatológicas de las series del viento en el sitio del proyecto.
 - x. Características de las corrientes marinas en el Pacífico Tropical Este.



- xi. Características de las corrientes marinas en el sitio del proyecto.
 - xii. Descripción de la desalinización del agua de mar.
 - xiii. Modelación de la descarga de agua al mar.
 - xiv. Criterios de la zona de mezcla y el límite máximo de salinidad.
 - xv. Características iniciales del emisario en estudio.
 - xvi. Modelación numérica de la concentración de la salmuera.
 - xvii. Condiciones ambientales medidas en el campo frente al sitio de proyecto.
 - xviii. Modelación numérica de la concentración de salmuera con dos difusores (comparación de configuraciones).
 - xix. Modelación numérica de la concentración de la salmuera para las dos estaciones del año.
- D. Para la evaluación de calidad de agua, es necesario considerar los parámetros que establece el cuadro 7, además de los parámetros establecidos por Voutchkov (2013): clorofila a, conteo de algas, hidrocarburos totales, coliformes totales y potencial REDOX.
- E. Es necesario poner especial énfasis en la gestión del agua no contabilizada y las dotaciones de agua para el proyecto, según cada tipo de abonado. Esto debe considerar las actividades comerciales y los valores recomendados por la literatura para los mismos.
- F. Es recomendable ejecutar todos los estudios geológicos, hidrogeológicos, biológicos, oceanográficos y meteorológicos (entre otros), a un solo consorcio proveedor de servicios. Esto es debido a la necesidad de que empaten todos los



criterios de los consultores especializados. Particularmente, en lo relacionado a la ubicación de toma, descarga de salmuera, rutas de tuberías y sitio de planta. Además, el producto final de consultoría debería ser la obtención de la viabilidad ambiental, de tal forma que se garantice una consistencia y un sustento técnico suficiente para continuar con las demás fases del proyecto.

- G. Es necesario aclararle a los consultores a cargo de los estudios básicos que todas las conclusiones que se emitan deben ser basadas en datos provenientes de muestreos y observaciones locales. SETENA no permite generar aseveraciones con base en experiencia o únicamente por medio del uso de datos de programas de cómputo.
- H. Se considera importante contar con un análisis de riesgo ante desastres para el proyecto, que valide todos los supuestos técnicos empleados en la planificación y proponga medidas de mitigación para la implantación y operación de la iniciativa.
- I. Es necesario que la posición del emisario alcance al menos la pendiente de la plataforma costera para que los residuos de salmuera se decanten por gravedad a través del fondo.
- J. Debe existir necesariamente una separación definida científicamente entre el punto de toma y el de vertido de salmuera.
- K. Se debe verificar el comportamiento del sistema propuesto (toma y descarga) bajo condiciones de marea baja, de tal manera que la toma se encuentre suficientemente alejada como para que las olas no tengan influencia en el transporte de sedimentos a esa profundidad.
- L. Se deben considerar las recomendaciones emitidas para la selección de buenas metodologías para caracterización de agua de mar. La mayoría de los laboratorios



oferentes en Costa Rica no cuentan con ese tipo de técnicas analíticas acreditadas.

M. El análisis del posible sitio y las condiciones para descarga de salmuera se puede basar en el criterio de “unidades prácticas de salinidad” (ups). No necesariamente se deben tener consideraciones únicamente de biología marina. De hecho, Lizano (2019) cita el uso del software Visual Plumes vr. 1 de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos para este propósito.

3.4.2. Ámbito administrativo

A. Antes de incrementar la oferta hídrica es necesario optimizar la operación de los sistemas de acueducto, tal y como lo ha hecho la ASADA Malinches de Pinilla (ver sección 3.1).

B. Algunos plazos (mínimos) importantes a considerar para la planificación de este tipo de proyectos son:

- i. Estudio geológico e hidrogeológico: 3 meses.
- ii. Estudio de aspectos océano-meteorológicos: 3 meses.
- iii. Emisión de oferta técnica de equipamiento: 2 meses.
- iv. Análisis de calidad de agua: 12 meses.
- v. Revisión de expediente en SETENA: 13 meses.

Estos plazos no consideran los procedimientos establecidos para contratación administrativa ni posibles modificaciones por condiciones que podrían surgir como imprevistos.

C. El costo estimado por la ASADA para el desarrollo de toda la pre-inversión asciende a poco menos de \$90 000.



- D. El costo aproximado por cada muestreo realizado por la empresa Bioanalítica se encuentra cercano a los \$1000.
- E. Debido al alto grado de complejidad, es necesario fundamentar un proyecto de desalinización con base en un análisis de oferta y demanda del recurso hídrico.
- F. Un módulo de desalinización básico, como el cotizado por DEINSA tiene un valor cercano a un millón de dólares. Este dato se debe verificar en un futuro estudio de mercado, mejorando los supuestos base que se le brindan a los proveedores.
- G. Según datos de la ASADA, el costo del equipamiento para desalinización y acondicionamiento del agua puede llegar a constituir hasta un 70% del costo global del proyecto. Por otra parte, Voutchkov (2013) señala que el costo del equipamiento típicamente representa hasta un 46% (pre-tratamiento, ósmosis y postratamiento). Es claro que la escala de costos sugerida por Voutchkov (2013) es mucho mayor a la que presenta el proyecto de Malinches de Pinilla. Adicionalmente, la ASADA debe mejorar las estimaciones para algunos componentes que de momento no se han desarrollado, como el de obras electromecánicas.

4. CONCLUSIONES

- Se identificaron 13 lecciones aprendidas en el ámbito técnico como producto del trabajo colaborativo entre ASADA Malinches de Pinilla y AyA.
- Se identificaron 7 lecciones aprendidas en el ámbito administrativo como producto del trabajo colaborativo entre ASADA Malinches de Pinilla y AyA.
- El proyecto de ASADA Malinches de Pinilla está conceptualizado para atender una demanda inicial de 60 L/s, la cual podría ampliarse eventualmente hasta 115 L/s.



- El costo de los estudios de pre-inversión para un proyecto como el de Malinches de Pinilla asciende a poco menos de \$90 000.
- El costo preliminar estimado del proyecto asciende a poco más de \$8 000 000.
- Para garantizar el éxito del proyecto, es necesario seguir todo el detalle de la Resolución [RES-2211-2016](#): Términos de Referencia para Proyectos que Contemplan Instalación y Operación de Plantas Desalinizadoras con Ósmosis Inversa.
- No es necesario que una institución como AyA cuente con todos los perfiles profesionales necesarios para realizar los estudios básicos de un proyecto como el de ASADA Malinches de Pinilla. Solamente es necesario contar con un equipo multidisciplinario que proponga y dé seguimiento a una planificación detallada.
- El componente de calidad de agua de mar debe evaluarse considerando laboratorios dentro y fuera de Costa Rica, debido al alto grado de especialización requerido.
- El Laboratorio Nacional de Aguas no cuenta con las técnicas analíticas y el equipo de laboratorio requeridos para determinar la calidad de agua de mar.
- La inclusión de más estudios de pre-inversión, tales como los solicitados por SETENA a la ASADA Malinches de Pinilla, implica un plazo mayor de ejecución para la planificación del proyecto. Es decir, plazos mayores a los indicados en la sección de lecciones aprendidas.

5. RECOMENDACIONES

- Valorar las consideraciones para análisis de calidad de agua que se indican en la sección 3.3.8.
- Incluir el análisis de posibles costos de operación desde las etapas iniciales de planificación del proyecto.



- Atender las subsanaciones solicitadas por SETENA, donde se solicita completar los estudios de pre-inversión.
- Elaborar un estudio de mercado detallado para dar mayor soporte técnico a un futuro cartel de contratación, que no sólo considere aspectos de equipamiento sino también de todas las obras complementarias.
- Consultar al Ministerio de Salud y a SETENA, si es posible aplicar la propuesta indicada por Protti (2017), la cual propone el uso de un sistema para dilución previo al vertido de la salmuera.
- Divulgar el contenido del presente informe en la institución, para fortalecer las capacidades del personal en este tema nuevo para el AyA.
- Valorar la posibilidad de divulgar los resultados del proyecto de ASADA Malinches de Pinilla en algún foro conjunto con organizaciones relacionadas con el tema de la desalinización, tales como: Asociación Latinoamericana de Desalinización y Reuso (ALADYR) o la Asociación Española de Desalación y Reuso (AEDYR).



6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Public Health Association (APHA). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20a edición. Estados Unidos: Water Environment Federation. (1999)
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA). *Especificación técnica para desalinización y potabilización de agua marina. Parte 1 – Requisitos mínimos generales*. San José: Acuerdo de Junta Directiva del AyA. (2016)
- Instituto Meteorológico Nacional (IMN). (2004) *Manual Técnico del Departamento de Aguas del Instituto Meteorológico Nacional*. [En línea]. Disponible en: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=52888&nValor3=57503&strTipM=TC [Accesado 21 Julio 2020]
- Lizano, O. *Aspectos océano-meteorológicos*. San José: Consultor Omar Lizano Rojas. (2019)
- Lizano, O. *Tsunamis en la costa pacífica de Costa Rica, con especial interés en impactos sobre Playa Langosta, Guanacaste*. San José: Consultor Omar Lizano Rojas. (2015)
- Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN). *Guía metodológica de identificación, formulación y evaluación de proyectos de acueducto y alcantarillado sanitario en Costa Rica*. San José: MIDEPLAN, Proyecto PRODEV-BID-CR. (2012)
- Ministerio de Salud (MINSAL). *Reglamento para la calidad del agua potable*. San José: Gobierno de Costa Rica. (2015)
- Ministerio de Sanidad y Política Social (MSPS). *Guía de Desalación: aspectos técnicos y sanitarios en la producción de agua de consumo humano*. Madrid: Secretaría General Técnica del Ministerio de Sanidad y Política Social. (2009).



- Moreno, J. *Oficio US-TAMARINDO-122-2018*. Santa Cruz: Departamento de Ingeniería y Construcciones, Municipalidad e Santa Cruz. (2018)
- Peters et al. *Plant design and economics for chemical engineers*. 5ª edición. New York: McGraw-Hill Higher Education. (2003)
- Protti, R. *Estudio geológico e hidrogeológico de viabilidad – Formulario D1*. Santa Cruz: Proyecto planta desalinizadora de agua marina. (2017).
- Rojas, A. *Apoyo: Proyecto de construcción de planta de desalinización ASADA Malinches de Pinilla de Pinilla*. Guanacaste: Presentación para la Presidencia Ejecutiva de AyA. (2020a)
- Rojas, A. *Desarrollo del proyecto de desalinización de ASADA Malinches de Pinilla*. [Reunión] (Comunicación personal, 22/06/20). (2020b)
- Rojas, A. *Fortalecimiento hídrico e hidráulico a través de la construcción de una planta de desalinización, del sistema de acueducto de la ASADA Malinches de Pinilla de Pinilla, para abastecer de agua potable a la comunidad de Hacienda Pinilla*. Santa Cruz: ASADA Malinches de Pinilla de Pinilla (2020c).
- Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA). *Resolución N° 2944-2019-SETENA: Proyecto montaje y operación de equipos de desalinización, expediente administrativo D1-23169-2018-SETENA*. San José: Ministerio de Ambiente y Energía. (2019)
- Voutchkov, N. *Desalination engineering: planning and design*. Estados Unidos: McGraw-Hill Companies Inc. (2013)
- World Health Organization (WHO). *Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum*. Geneva: World Health Organization. (2017).



7. CONTROL DE CAMBIOS

N° Versión	Justificación de los cambios	Descripción de los cambios

	Informe Técnico		Página 47 de 48
	Fecha de entrega: 31 de julio de 2020	N° de Versión: 01	

8. APÉNDICES



9. ANEXOS

9.1. [Anexo 9.1: Listado de fuentes subterráneas de la ASADA Malinches de Pinilla](#)

9.2. [Anexo 9.2: Perfil de proyecto.](#)

9.3. [Anexo 9.3: Estudio geológico e hidrogeológico para viabilidad ambiental.](#)

9.4. [Anexo 9.4: Aspectos océano-meteorológicos.](#)

9.5. [Anexo 9.5: Tsunamis en la costa pacífica de Costa Rica, con especial interés en impactos sobre Playa Langosta, Guanacaste.](#)

9.6. [Anexo 9.6: Uso de suelo.](#)

9.7. [Anexo 9.7: Oferta preliminar para equipamiento.](#)

9.8. [Anexo 9.8: Análisis de calidad de agua.](#)

9.9. [Anexo 9.9: Resolución N° 2944-2019-SETENA.](#)