

Análisis Costo-Eficiencia Simplificado

“SUSTITUCIÓN DEL COLECTOR DE AGUAS RESIDUALES RAFAEL E. MELGAR CON TUBERÍA DE PVC SANITARIO DE 24 ENTRE EL CÁRCAMO 2 Y 1 DE LA CIUDAD DE COZUMEL, QUINTANA ROO”.

[ENERO 2020]



Tabla de Contenido

I	RESUMEN EJECUTIVO	6
II	SITUACIÓN ACTUAL DEL PPI	16
II.1	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	16
II.2	ANÁLISIS DE LA OFERTA ACTUAL O INFRAESTRUCTURA EXISTENTE	21
II.2.1	INFRAESTRUCTURA ACTUAL.....	21
II.3	ANÁLISIS DE LA DEMANDA ACTUAL.....	26
II.3.1	CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN OBJETIVO	26
II.4	DIAGNÓSTICO DE LA INTERACCIÓN DE LA OFERTA-DEMANDA ACTUAL.....	28
III	SITUACIÓN SIN EL PPI.....	31
III.1	OPTIMIZACIONES	31
III.2	ANÁLISIS DE LA OFERTA SIN EL PPI	31
III.3	ANÁLISIS DE LA DEMANDA SIN EL PPI.....	32
III.4	DIAGNÓSTICO DE LA INTERACCIÓN DE LA OFERTA-DEMANDA SIN EL PPI.....	34
III.5	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	34
III.5.1	DESCRIPCIÓN DEL PPI	35
III.5.2	DESCRIPCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE ADICIONAL DE SOLUCIÓN	38
III.5.3	SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA	41
IV	SITUACIÓN CON EL PPI	42
IV.1	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO DE INVERSIÓN.....	42
IV.2	ALINEACIÓN ESTRATÉGICA	45
IV.3	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.....	46
IV.4	CALENDARIO DE ACTIVIDADES	47
IV.5	MONTO TOTAL DE INVERSIÓN	48
IV.6	FUENTES DE FINANCIAMIENTO.....	49
IV.7	CAPACIDAD INSTALADA.....	49
IV.7.1	METAS DE INFRAESTRUCTURA.....	49
IV.7.2	METAS DE OPERACIÓN	50
IV.8	VIDA ÚTIL.....	50
IV.9	ASPECTOS MÁS RELEVANTES DE LA VIABILIDAD DEL PPI	50
IV.10	ANÁLISIS DE LA OFERTA CON PROYECTO	52
IV.11	ANÁLISIS DE LA DEMANDA CON PROYECTO	54
IV.12	INTERACCIÓN OFERTA-DEMANDA CON PROYECTO	54
V	EVALUACIÓN DEL PPI	55
V.1	IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE COSTOS DEL PPI	55
	COSTOS DIRECTOS	55
	COSTOS INDIRECTOS.....	56
	EXTERNALIDADES NEGATIVAS.....	56
V.2	IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE BENEFICIOS DEL PPI	58
V.3	CÁLCULO DE LOS INDICADORES DE RENTABILIDAD	59
V.4	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	60



Análisis Costo Eficiencia

V.5	ANÁLISIS DE RIESGOS.....	63
VI	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	66
VII	ANEXOS.....	67
VIII	BIBLIOGRAFÍA	68
IX	RESPONSABLES DE LA INFORMACIÓN	69



Índice de Cuadros

Cuadro I. 1 Principales Características por Componente, Colector principal.....	9
Cuadro I. 2 Principales Características por Componente, descargas domiciliarias.	9
Cuadro I. 3 Principales Características por Componente, Reposición de pavimentos.....	10
Cuadro I. 4 Monto de inversión por fuente de financiamiento (incluye IVA)	10
Cuadro I. 5 Costos, Consolidado.	11
Cuadro I. 6 Riesgos asociados al Proyecto, durante la ejecución.....	12
Cuadro I. 7 Riesgos asociados al Proyecto, durante la Operación.....	14
Cuadro II. 1 Cálculo de la tasa media de crecimiento poblacional de la ciudad de Cozumel.....	17
Cuadro II. 2 Proyección de la población para la ciudad de Cozumel (2020-2030).	17
Cuadro II. 3 Infraestructura de conducción del sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Cozumel.....	22
Cuadro II. 4 Infraestructura de distribución del sistema de agua potable de la ciudad de Cozumel.....	22
Cuadro II. 5 Clasificación por tipo de usuario y su consumo actual en la ciudad de Cozumel.	27
Cuadro II. 6 Distribución de los consumos de agua potable y aportaciones por tipo de usuario en la ciudad de Cozumel.	28
Cuadro III. 1 Costos por optimización.....	31
Cuadro III. 2 Proyección de la población, su consumo y aportaciones de agua residual en la ciudad de Cozumel, situación sin proyecto (2020-2050).	32
Cuadro III. 3 Principales Características por Componente, Colector principal (Alternativa PPI).	35
Cuadro III. 4 Principales Características por Componente, descargas domiciliarias (Alternativa PPI)...	36
Cuadro III. 5 Principales Características por Componente, Reposición de pavimentos (Alternativa PPI).	36
Cuadro III. 6 Costos de inversión, reinversión y de operación y mantenimiento del proyecto de la Alternativa de proyecto propuesto (sin IVA).	37
Cuadro III. 7 Principales características por componentes (Colector principal), Alternativa 1.....	38
Cuadro III. 8 Principales características por componentes (<i>descargas domiciliarias</i>), Alternativa 1.....	39
Cuadro III. 9 Costos de inversión y de operación y mantenimiento del proyecto de la Alternativa 1 (sin IVA).....	40
Cuadro IV. 1 Principales Características por Componente, Colector principal.....	42
Cuadro IV. 2 Principales Características por Componente, descargas domiciliarias.	43
Cuadro IV. 3 Principales Características por Componente, Reposición de pavimentos.....	43
Cuadro IV. 4 Principales componentes del Proyecto.....	44

Cuadro IV. 5 Coordenadas de ubicación del tramo a sustituir del colector Rafael E. Melgar en Cozumel.	46
Cuadro IV. 6 Calendario de actividades del proyecto.....	47
Cuadro IV. 7 Calendario de ejecución físico financiero consolidado (Incluye IVA).	48
Cuadro IV. 8 Inversión total proyecto por principales componentes (no incluye IVA).	48
Cuadro IV. 9 Distribución de la inversión por fuente de financiamiento (incluye IVA).....	49
Cuadro V. 1 Costos directos (no incluye IVA).....	55
Cuadro V. 2 Flujo anual de costos del proyecto (no incluye IVA).	55
Cuadro V. 3 Costos indirectos (no incluye IVA).....	56
Cuadro V. 4 Externalidades negativas (no incluye IVA).	56
Cuadro V. 5 Indicadores de rentabilidad del Proyecto (no incluye IVA).....	59
Cuadro V. 6 Resumen del análisis de sensibilidad de las principales variables del Proyecto.	60
Cuadro V. 7 Análisis de sensibilidad de la variable INVERSIÓN (en MDP).....	60
Cuadro V. 8 Análisis de sensibilidad de la variable COSTOS (en MDP).....	61
Cuadro V. 9 Análisis de riesgos asociados al proyecto, durante la ejecución.	63
Cuadro V. 10 Análisis de riesgos asociados al proyecto, durante la operación.	65



Índice de Figuras

Figura I. 1 Micro localización de la sustitución del colector de aguas residuales “Rafael E. Melgar” (tramo entre del cárcamo 2 y 1 con tubería PVC de 24”) en la ciudad de Cozumel.	8
Figura II. 1 Ubicación geográfica del estado de Quintana Roo.....	16
Figura II. 2 Zonas de recolección del sistema de drenaje sanitario y saneamiento de la ciudad de Cozumel.....	19
Figura II. 3 Trabajos de localización, desazolve y retiro de material producto del colapso en el colector Rafael E. Melgar.	20
Figura II. 4 Sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Cozumel.....	21
Figura II. 5 Infraestructura de recolección y saneamiento de agua residual en la ciudad de Cozumel.	23
Figura II. 6 Zonas de recolección del sistema de drenaje y saneamiento en la ciudad de Cozumel.	24
Figura II. 7 Trabajos de reparación de la Fuga en la línea de conducción de Agua Potable.....	25
Figura II. 8 Trabajos de localización, desazolve y retiro de material producto del colapso en el colector Rafael E. Melgar.	26
Figura II. 9 Trabajos de reparación de la Fuga en la línea de conducción de Agua Potable.....	29
Figura II. 10 Trabajos de localización, desazolve y retiro de material producto del colapso en el colector Rafael E. Melgar.	30
Figura III. 1 Instalación de la manga de fibra de vidrio en la tubería a través de un pozo de visita existente.	38
Figura IV. 1 Ubicación del tramo a sustituir del colector Rafael E. Melgar en Cozumel.	46
Figura IV. 2 Sistema de drenaje sanitario para la recolección y saneamiento de las aguas residuales en la ciudad de Cozumel, situación con proyecto.	52
Figura IV. 3 Zonas de recolección del sistema de drenaje y saneamiento en la ciudad de Cozumel, situación con proyecto.....	53



I Resumen Ejecutivo

1.1. Nombre del PPI

“Sustitución del colector de aguas residuales Rafael E. Melgar con tubería de PVC sanitario de 24 entre el cárcamo 2 y 1 de la ciudad de Cozumel, Quintana Roo”.

1.2. Problemática identificada que se busca atender

El sistema de drenaje sanitario de la ciudad de Cozumel, opera con tanques que se encuentran interconectados entre sí que, envían sus caudales de un cárcamo a otro hasta hacerlos llegar a la Planta de tratamiento “San Miguelito” con una capacidad instalada de 220 litros por segundo (l/s).

Por su antigüedad y el ambiente en el que se alojan, actualmente algunos elementos del sistema de drenaje sanitario en la ciudad han presentado problemas en su operación que afectan la eficiencia del sistema para garantizar el correcto saneamiento de las aguas residuales generadas en la ciudad.

De entre dichos elementos se destaca el colector Rafael E. Melgar, el cual presenta una antigüedad superior a los 20 años y cuyo material consiste principalmente en tubería de asbesto cemento (susceptible a presentar fracturas).

Debido a su antigüedad, la constante circulación de agua residual y a las concentraciones salinas de la zona, actualmente dicho colector se encuentra gravemente deteriorado ya que presenta fracturas en la pared interna que han ocasionado problemas de tipo permanentes en su operación con desfondes constantes que, incrementa los tiempos de retención de las aguas residuales en los cárcamos, y en consecuencia rebosamientos por saturación en los pozos de visita de las zonas centro y poniente de la ciudad, y con ello molestias a la población.

Es de señalarse que, por dicho colector transita el 60% de las aguas residuales generadas en la ciudad¹, por lo que, para asegurar que el flujo de las aguas residuales no se vea interrumpido, el organismo operador ha incurrido en gastos para realizar acciones de desazolve y retiro de escombros, así como de monitoreos en colectores y pozos.

Es de señalarse que, a finales del año pasado (2019), en el tramo que interconecta a los cárcamos 2 y 1 del sistema de drenaje sanitario en la zona norte de la ciudad, como resultado del paso de vehículos pesados en la vialidad (Av. Rafael E. Melgar) y a la susceptibilidad de la infraestructura de agua potable y del colector principal, en la línea de conducción² que, abastece de agua potable a los usuarios en la zona, se presentó una fractura que en su momento fue atendida con oportunidad; no

¹ Ya que interconecta a los cárcamos 3, 2 y 1 que atienden a las zonas norte, centro y poniente de la ciudad.

² de asbesto cemento de 10” de diámetro, con una antigüedad superior a los 20 años.

1.2. Problemática identificada que se busca atender

obstante, derivado del proceso de reparación, el terreno natural donde se ubica dicha infraestructura se vio debilitado, lo que posteriormente ocasionó mayores daños a la misma y con ello el desfonde de aproximadamente 350 MI del colector de aguas residuales³.

Para garantizar la continuidad del flujo de los caudales, el organismo operador, realizó acciones de desazolve y retiro de escombros para que, en dicho tramo, el colector opere como un canal a cielo abierto y en lo que duraron dichos trabajos de desazolve, se realizó el desvío del flujo entre pozos de visita (Bypass⁴).

Sin embargo, dichas acciones limitaron la capacidad de conducción del colector, ocasionando rebosamientos en los pozos de visita de las zonas centro y poniente de la ciudad, y con ello molestias a la población por los malos olores, además de un riesgo de afectación a la salud pública en la zona y de contaminación al manto freático (que, al tratarse de una isla, es muy susceptible), así como de las costas frente a la localidad.

1.3. Objetivo del Proyecto

En materia de recolección y disposición de las aguas residuales, la zona de influencia del colector Rafael E. Melgar comprende las zonas centro y poniente de la ciudad, además de que recorre la vialidad principal que conecta a las zonas hotelera norte y sur de la ciudad.

El proyecto de “Sustitución del colector de aguas residuales Rafael E. Melgar” en el tramo comprendido entre el cárcamo 2 y 1 de la ciudad de Cozumel (con tubería PVC sanitario de 24”), tiene como objetivo principal mejorar las condiciones de recolección y disposición de las aguas residuales, promover la planeación ordenada y ampliar la cobertura en la zona de influencia de dicho colector.

³ desde el hotel Miramar hasta playa las rocas.

⁴ Desde el pozo anterior al tramo colapsado hasta el pozo posterior a dicho tramo, utilizando una bomba de 20 hp y una planta de emergencia que permita su operación.

1.4. Localización Geográfica

Las acciones de “Sustitución del colector de aguas residuales Rafael E. Melgar” con tubería PVC sanitario de 24”) en el tramo comprendido entre el cárcamo 2 y 1 del sistema de d la ciudad de Cozumel, se realizarán sobre la av. Rafael E. Melgar en la zona norte, con inicio en las coordenadas (20.5367,-86.9371) y fin en las coordenadas (20.5517,-86.9209).

Lo anterior en beneficio de 11,398 usuarios (aproximadamente 59,127 habitantes).

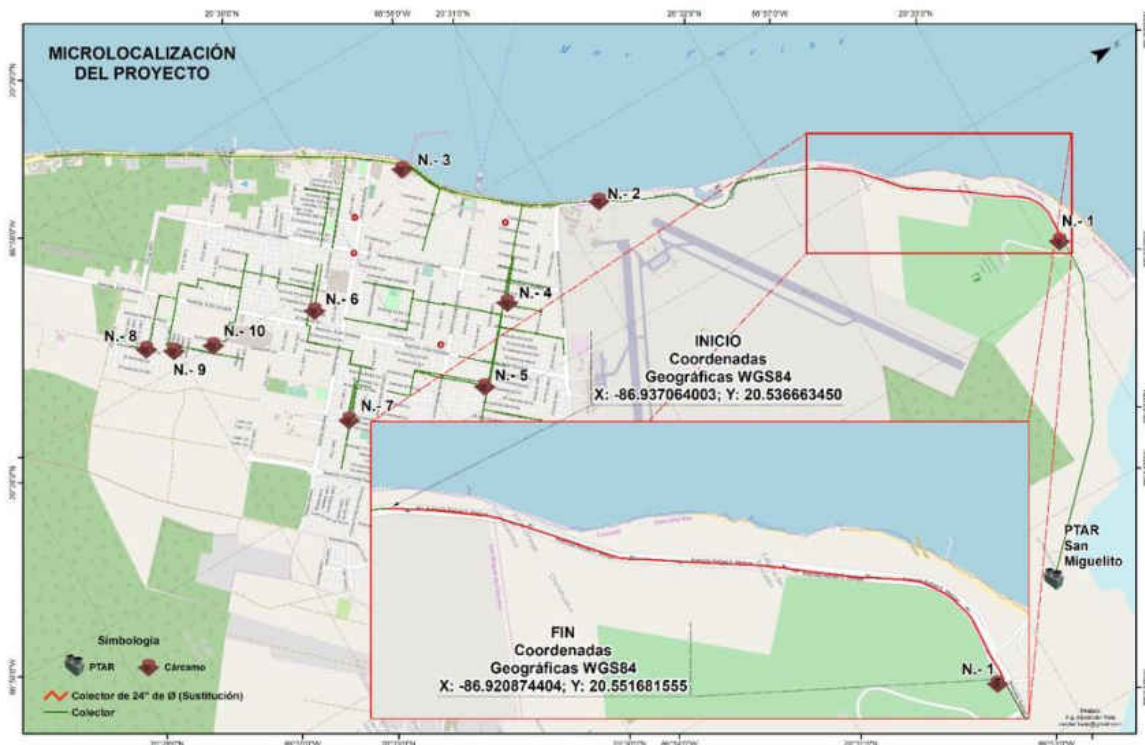


Figura I. 1 Micro localización de la sustitución del colector de aguas residuales “Rafael E. Melgar” (tramo entre del cárcamo 2 y 1 con tubería PVC de 24”) en la ciudad de Cozumel.

1.5. Descripción del Proyecto

Con el proyecto se pretende la sustitución de 2,550.26 MI de colector Rafael E. Melgar en el tramo comprendido entre los cárcamos 2 y 1 en la zona norte de la ciudad.

Lo anterior, mediante el suministro e instalación de tubería para alcantarillado de 24” de diámetro de Polietileno de Alta Densidad (PEAD, tipo S O B), así como de 27 pozos de visita con profundidades de entre 2.0 M y 4.75 M con sus respectivas mangas de empotramiento de 24” de diámetro y la sustitución de 120 descargas sanitarias de tipo simple (con tubería de PVC de 6” de diámetro y registro sencillo).



1.5. Descripción del Proyecto

Cuadro I. 1 Principales Características por Componente, Colector principal.

Componente	Cantidad	Unidad de Medida	Descripción
Colector	2,550.26	ML	Consistente en Tubería para alcantarillado corrugada de PEAD (tipo S O B) de 24" de diámetro. con empaque de material elastómerico; campana bicapa reforzada coextruida al cuerpo del tubo, junta hermética, unión espiga-campana, corrudadas reforzadas, de doble arco y pared interior de alto contraste color naranja (CNA, NMX-E-241-CNCP-VIGENTE).
Pozos de visita	27.00	PZA	Elaborado con concreto F'C= 250 kg/cm ² y armado con acero. incluye: brocal y tapa de polietileno tráfico pesado con chapa tipo retráctil y sello cónico perimetral; escalón marino de polipropileno reforzado con varilla de acero corrugada, forjado de medias cañas, con profundidades de: 2.0 M (2) 2.25 M (4) 2.5 M (1), 2.75 M (3), 3.0 M (7), 3.25 M (1), 3.5 M (3), 3.75 M (1), 4.0 M (1), 4.25 M (1), 4.5 M (2), 4.75 M (1). Así como mangas de empotramiento de 24" de diámetro.

Fuente: Elaboración propia con información de la Dirección de Planeación de Infraestructura de la CAPA.

Cuadro I. 2 Principales Características por Componente, descargas domiciliarias.

Componente	Cantidad	Unidad de Medida	Descripción
descargas domiciliarias	120.00	PZA	Sencilla de 6" de diámetro, consistente en codo de 45° x 6" de PAD corrugado espiga campana, tubería PEAD corrugada interior naranja de 6", bota de inserción de polipropileno de 45°x90° y un sello mecánico de hule. Incluye registro sanitario prefabricado de 0.60x0.60x0.60 Cm. interiores, tapa con marco y contra de ángulo de 1 1/2" x 1/8" con concreto FÉC.= 150 kg/cm ² y 5 cm. de espesor.

Fuente: Elaboración propia con información de la Dirección de Planeación de Infraestructura de la CAPA.



1.5. Descripción del Proyecto

Cuadro I. 3 Principales Características por Componente, Reposición de pavimentos.

Componente	Cantidad	Unidad de Medida	Descripción
Reposición carpeta asfáltica	16,576.69	M2	Reposición de carpeta asfáltica de hasta 5 cm de espesor elaborada con mezcla de emulsión asfáltica y agregado pétreo.

Fuente: Elaboración propia con información de la Dirección de Planeación de Infraestructura de la CAPA.

Con lo anterior, se podrá garantizar que las aguas residuales recolectadas en el sistema reciban un correcto saneamiento para con ello reducir los riesgos de contaminación del manto freático de la zona y de las costas frente a la ciudad.

1.6. Monto de Inversión

El proyecto contará con las siguientes fuentes de financiamiento:

Cuadro I. 4 Monto de inversión por fuente de financiamiento (incluye IVA)

Fuente	Procedencia	Monto	%
1 Federales		0	0
2 Estatales	Programa Estatal de Inversión (PEI)	57,804,202.20	100%
3 Municipales		0	0
4 Fideicomisos		0	0
5 Otros		0	0
Total		\$57,804,202.20	100%

Fuente: Elaboración propia.

1.7. Horizonte de Evaluación

Se consideran 31 años de evaluación, con un año de Inversión en el año 0, iniciando la operación a partir del año 1 hasta el año 30 (30 años de operación).

Asimismo, a partir del inicio de operación de la nueva infraestructura se estiman costos de mantenimiento para garantizar que el flujo de las aguas residuales no se vea interrumpido (desazolve y limpieza en colector y pozos de visita).



1.8. Identificación y descripción de los principales costos

Los principales costos identificados se clasifican en inversión inicial y acciones de mantenimiento, los cuales presentan diferente periodicidad.

Para el proyecto (tramo entre el cárcamo 2 y 1), los costos ascienden, en pesos a valor presente (sin IVA) se valoraron en **\$ 52,701,580.89** (son: cincuenta y dos millones, setecientos un mil, quinientos ochenta pesos 89/100 M.N.), por concepto de:

- Inversión inicial (año 0);
- Acciones de mantenimiento preventivos del sistema de recolección (año 0 al 30);

A continuación, se presentan los costos identificados, cuantificados y valorados para el proyecto en análisis.

Cuadro I. 5 Costos, Consolidado.

identificación	valoración a valor presente	periodicidad
Inversión inicial	49,831,209.00	Año 0
Mantenimiento preventivo y/o correctivo ^{A/}	2,870,371.89	0 al 30
	52,701,580.89	

Fuente: Elaboración propia con información de la Dirección de Planeación de Infraestructura de la CAPA.

Nota: B/ se cuenta con infraestructura que está en operación

1.9. Identificación y descripción de los principales beneficios

Se identificaron beneficios por los siguientes conceptos:

- Ahorro en costos de operación por parte del organismo operador por las acciones de reparación, desazolve y limpieza.
- Beneficios sociales por la disminución de los malos olores y mejoramiento de la imagen urbana en las zonas donde se dan los rebosamientos en los pozos de visita.
- Reducción del riesgo de que las aguas residuales generadas en la zona contaminen el manto freático, que al tratarse de una isla resulta más vulnerable y de las costas frente a la ciudad, principal atractivo turístico de la zona.
- Reducción del riesgo de afectación a la salud pública por la aparición de fauna nociva, enfermedades en la piel y gastrointestinales.
- Incremento en la vida útil de la infraestructura y postergación de la inversión, para una ampliación de la capacidad de tratamiento y/o para garantizar que las aportaciones recolectadas lleguen a su punto de tratamiento y disposición final.

1.10. Indicadores de rentabilidad

Costo Anual Equivalente

Costo Anual Equivalente (CAE)	5,590,544.08
--------------------------------------	---------------------

1.11. Principales riesgos asociados a la ejecución y operación

Las principales fuentes de riesgo pueden agruparse según la etapa en que se presentan, en inversión y en operación.

Durante la ejecución: por variaciones en los costos o en el tiempo de ejecución a causa de cambios en los precios unitarios y las cantidades contratadas, obras no consideradas, imprevistos, expropiaciones y consideraciones ambientales.

Durante la operación: por variaciones en los beneficios a causa de los consumos realmente presentados, cambios en el crecimiento de la población, cambios en la urbanización y la sobrevaloración de los costos; así como por variaciones en los costos de mantenimiento a causa de un cambio en precios de insumos y actividades no consideradas.

Cuadro I. 6 Riesgos asociados al Proyecto, durante la ejecución.

Descripción	Factibilidad de ocurrencia	Análisis de posible impacto	Acciones para su mitigación
Que la convocatoria de licitación se declare desierta	Baja	El inicio de la obra se postergaría un mes y no se cumpliría el calendario de obra inicialmente propuesto.	Revisión de la convocatoria, modificación del calendario de obra para asegurar su finalización este año.
Atrasos en el pago de anticipos	Baja	Se tendría que reprogramar el calendario de la obra de acuerdo a la fecha real de pago del anticipo y no se cumpliría con los plazos de ejecución estimados y en caso extremo, gastos no recuperables incrementando la inversión.	Indicar de manera puntual los requerimientos técnicos y legales del trámite, haciendo hincapié en la importancia de presentarlos en tiempo y forma para su pronta gestión.
Atrasos en el pago de estimaciones	Media	Atraso en la continuidad de los trabajos, ocasionando el incumplimiento de los plazos establecidos y en caso extremo, gastos no recuperables incrementando la inversión.	Gestionar los pagos ante las instancias correspondientes de manera oportuna y atender de forma inmediata las observaciones que se pudieran presentar en los documentos que integran el cuerpo de la estimación.

1.11. Principales riesgos asociados a la ejecución y operación

Atrasos por causas imputables al contratista	Media	Retraso en los plazos de ejecución, con impactos económicos a la empresa contratista por la aplicación de penas o retenciones.	Llevar un correcto control de los avances de obra, indicando de manera puntual a la empresa contratista mediante oficio y notas de bitácora los conceptos en los que se presenten atrasos, así como las recomendaciones pertinentes para la mitigación de dichos atrasos.
Cambio del precio internacional de los materiales	Baja	La inversión inicial se incrementaría.	De presentarse, se analizaría el cambio del diseño del proyecto, a fin de ajustarse al presupuesto.
Atraso de los trabajos por lluvias	Media	Se alargaría el periodo de obra, no terminando en la fecha establecida; se darían gastos no recuperables, incrementando la inversión.	Debido al clima de la región, las posibles afectaciones por lluvias ya están consideradas en los tiempos y costos.
Atraso de los trabajos emergencia meteorológica	Media	Se alargaría el periodo de obra, no terminando en la fecha establecida; se darían gastos no recuperables, incrementando la inversión.	Debido al clima de la región, las posibles afectaciones por lluvias ya están consideradas en los tiempos y costos, sin embargo, para el caso de huracanes y/o depresiones tropicales, se deberá prestar especial atención a la previsión y protección de la obra, con el fin de minimizar el impacto, así como de garantizar la seguridad de los ciudadanos que habitan en la zona de ejecución de los trabajos.
Atraso en el suministro de equipamientos que provienen del extranjero, derivado de suspensión de las actividades en las fábricas derivado de la emergencia sanitaria	Alta	Se alargaría el periodo de obra, por retrasos en las fechas programadas de entrega de los equipamientos; se darían gastos no recuperables, incrementando la inversión y con amplias posibilidades de suspensión de los trabajos por periodos prolongados o indefinidos.	Mantener contacto constante con las empresas que proveerán los equipamientos, a manera de evitar en la medida de lo posible los atrasos por falta de operación en fábrica, así como buscar que apenas sea asignado el contrato, se paguen los anticipos inmediatamente, para acelerar la compra de los equipamientos
Atrasos en el trámite de entrega Recepción	Media	Lo que implicaría gastos que impacten a la empresa contratista (pago de personal para vigilancia y mantenimiento tratándose de instalaciones), así	Gestionar de manera oportuna el proceso de entrega recepción indicando al contratista los requerimientos tanto técnicos como administrativos necesarios, a fin de

1.11. Principales riesgos asociados a la ejecución y operación

		como también un atraso con respecto a la fecha de terminación prevista en el contrato.	que el proceso se realice con la mayor celeridad posible, cuidando en todo momento la buena calidad de los trabajos tanto en la parte técnica, administrativa y de operación.
--	--	--	---

Fuente: Elaboración propia, con información de la Dirección de Planeación de Infraestructura de la CAPA.

Cuadro I. 7 Riesgos asociados al Proyecto, durante la Operación.

Descripción	Factibilidad de ocurrencia	Análisis de posible impacto	Acciones para su mitigación
Incremento en el precio de los materiales consumibles para las reparaciones.	Alta	Incremento en los montos estimados de mantenimiento de la infraestructura contemplada en el proyecto.	Mantener actualizadas las cotizaciones de materiales más prioritarios o de mayor consumo para el mantenimiento, prever en función de las demandas históricas de refacciones, un stock de kits de reparación que permita amortiguar cualquier incremento en los precios de manera inmediata.
Incremento en el precio de los combustibles.	Alta	Incremento en los montos estimados de mantenimiento de la infraestructura contemplada en el proyecto.	Realizar de manera coordinada las reparaciones por zonas buscando el atender con una misma brigada las diversas situaciones que se pudieran presentar en una misma zona.
Desabasto en las refacciones para los equipos de bombeo en los cárcamos	Media	Problemas en la operación de los cárcamos	mantener con un mantenimiento adecuado los equipos de bombeo, así como sus equipos de control, procurando mantener un equipo en reserva o de resguardo ante cualquier necesidad Apoyo mediante equipo de pipas-vector para realizar el traslado de las aguas residuales a la PTAR que, si bien no es la solución más viable, al menos permitirá realizar las reparaciones para reactivar la operación
Desabasto en las piezas de reparación para las redes de drenaje y colectores	Media	Problemas de rebosamientos y hasta derrame de aguas residuales	mantener con un mantenimiento adecuado los equipos de bombeo, así como sus equipos de control, procurando mantener un equipo en reserva o de resguardo ante cualquier necesidad

Fuente: Elaboración propia, con información de la Dirección de Planeación de Infraestructura de la CAPA.



1.12. Conclusión referente a la rentabilidad del PPI

Considerando los resultados obtenidos del análisis de alternativas, se recomienda la ejecución de las acciones propuestas, ya que presenta una rentabilidad social alta de los costos de inversión y de mantenimiento, calculados a precios sociales (CAE: 5,590,544.08), en comparación a otra alternativa que ofrece el mismo tipo de beneficios.

Con su ejecución, se podrán garantizar la correcta recolección y conducción del agua residual generada en las zonas centro y poniente de la ciudad de Cozumel para su posterior tratamiento y disposición final para así evitar la contaminación del acuífero por posibles infiltraciones de agua residual y que por escurrimientos pudieran llegar a las costas del mar Caribe frente a la ciudad y con esto mejorar el servicio para los 11,398 usuarios que dependen del sistema (aproximadamente 59,127 habitantes).



II Situación Actual del PPI

II.1 Diagnóstico de la Situación Actual

CONTEXTO

El estado de Quintana Roo se ubica al sureste de la República Mexicana, colindando al norte con el estado de Yucatán, al sur con Belice y parte de Guatemala, al este con el Mar Caribe y al oeste con el estado de Campeche. Quintana Roo se encuentra dividido políticamente en 11 municipios.

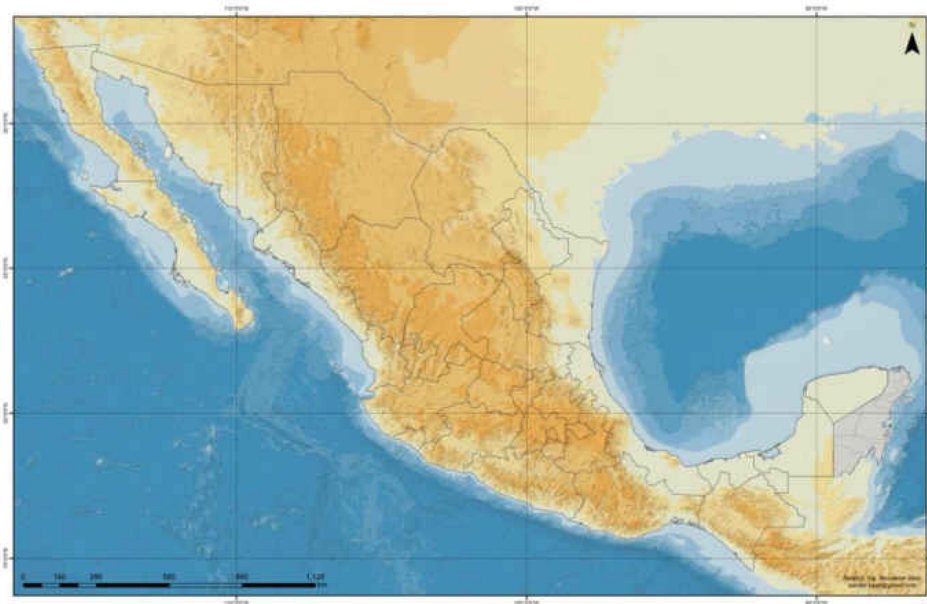


Figura II. 1 Ubicación geográfica del estado de Quintana Roo.

El Municipio de Cozumel se localiza en una isla, entre las coordenadas extremas, al norte $20^{\circ}36'$, al sur $20^{\circ}16'$ latitud norte; al este $86^{\circ}44'$ y oeste $87^{\circ}20'$ longitud oeste. Tiene como colindancias, al norte y al sur con el municipio de Solidaridad y el Mar Caribe; al este con el Mar Caribe y al oeste con el municipio de Solidaridad. Su distancia aproximada a la capital del Estado es de 314 km por tierra y 14 Km por mar.

La isla de Cozumel es la mayor de las islas mexicanas en el Mar Caribe y de toda la costa Atlántica del país, basa su economía en el turismo, se encuentra separada del continente por un canal de 17.5 kilómetros de longitud, frente a las costas de Playa del Carmen. Su extensión territorial es de 647.33 Km², ocupando el 1.27% de la superficie del territorio estatal, y una población de 86,415 habitantes⁵ lo que lo posiciona como el cuarto municipio más poblado del estado, siendo la ciudad de Cozumel, la cabecera del municipal.

⁵ De acuerdo con la Encuesta intercensal realizada por el INEGI en 2015.



II.1 Diagnóstico de la Situación Actual

Si se analiza la dinámica poblacional en ambas localidades, en el siguiente cuadro se retoman los últimos censos y conteos de población del INEGI, así como las proyecciones de población del CONAPO por localidad.

Para el año 2010, en la ciudad de Cozumel se contaba con 77,236 habitantes. Para el 2015 dicha población llegó a 86,415 habitantes, representando una tasa de crecimiento anual del 1.13%.

Cuadro II. 1 Cálculo de la tasa media de crecimiento poblacional de la ciudad de Cozumel.

Población							
Año	1990	1995	2000	2005	2010	2015 ^{a/}	2020 ^{b/}
Cozumel	33,884	47,841	59,225	71,401	77,236	86,415	88,966
t.m.c.a	-	7.14%	4.36%	3.81%	1.58%	2.27%	2.70%

Fuente: Elaboración propia con información de los Censos y Conteos de Población y Vivienda del INEGI; Proyecciones del CONAPO.

Notas:

^{a/} Encuesta Intercensal INEGI 2015

^{b/} Proyecciones de la población del CONAPO (2010-2030).

De acuerdo a proyecciones del Consejo Nacional de Población (CONAPO), se estima que para el año 2030, la población en la ciudad de Cozumel alcance los 119,651 habitantes, lo que significaría un incremento del 1.94% con respecto a lo proyectado para el año 2020.

Cuadro II. 2 Proyección de la población para la ciudad de Cozumel (2020-2030).

Año	Cozumel	Año	Cozumel	Año	Cozumel	Año	Cozumel
2020	98,706	2023	105,186	2026	111,543	2029	117,674
2021	100,869	2024	107,327	2027	113,616	2030	119,651
2022	103,031	2025	109,447	2028	115,661	t.m.c.a.	1.94%

Fuente: Proyecciones de la población de la CONAPO (2010-2030)

Al tratarse de una isla en el Mar Caribe, se cuenta con un gran atractivo turístico que ha influenciado a que en la ciudad se presente un acelerado crecimiento de la mancha urbana, lo que implica un incremento de la demanda de servicios básicos, entre los que se destacan el abastecimiento de agua potable, así como la recolección y saneamiento de las aguas residuales que se generen.

II.1 Diagnóstico de la Situación Actual

En materia de agua potable el abastecimiento de la ciudad depende de un acuífero de tipo libre con nivel estático entre 1 a 5 metros y su espesor saturado de agua dulce es de aproximadamente 20 m al centro de la isla y se adelgaza paulatinamente hacia los extremos.

El cual se aprovecha mediante una zona de captación ubicada a una distancia aproximada de 5 Km de la ciudad, compuesta de 274 pozos someros distribuidos en 5 ejes, interconectados mediante líneas de conducción principales y secundaria de 2 ½", 3", 4", 6" y 8" de diámetro.

Para abastecer a la ciudad y a la zona hotelera, de la "Base 4" en la zona de captación parte una línea de conducción de 20" de diámetro, que entrega caudales a una estación de bombeo "Base 1" (con una capacidad de regulación conjunta de 1,850 M3), desde la cual se abastece (por bombeos) a una red de distribución consistente en tuberías de 2.5", 3", 4", 6", 8", 10", 12" y 14" de diámetro.

En la ciudad se atiende a un padrón de 19,238 usuarios, en su mayoría domésticos (86.72%), cuyo consumo para el año 2019, de acuerdo con el organismo operador, fue de aproximadamente 91.75 litros por segundo (l/s), del cual se estima, las aportaciones de agua residual (correspondiente al 80% del consumo) fueron de 73.40 l/s.

Para la recolección y tratamiento de las aguas residuales generadas en la ciudad, se cuenta con un sistema colectores, 12 cárcamos elevadores de presión interconectados entre sí y una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) "San Miguelito" con una capacidad instalada para 220 litros por segundo (l/s).

El sistema opera de tal forma que las aportaciones de los usuarios son captadas en una red de atarjeas y colectores que las conducen hacia los cárcamos interconectados para que dichas aportaciones se conduzcan de un cárcamo a otro hasta hacerlas llegar a su destino final, la PTAR "San Miguelito" con capacidad actual para 220 l/s, que utiliza el proceso de tratamiento de Lodos Activados⁶ para posteriormente ser utilizadas para la recarga del acuífero.

La interconexión de los cárcamos ha permitido que, actualmente el sistema se encuentre dividido en 2 zonas de recolección, identificadas por su "Ruta" y definidas por el área de influencia de dichos cárcamos: el colector "Rafael E. Melgar"⁷ y el colector "Aeropuerto" (Figura II. 2).

Es de señalarse que, por su recorrido que interconecta a los cárcamos 3, 2 y 1, el colector "Rafael E. Melgar" recolecta aproximadamente el 60% de las aguas residuales generadas en la ciudad (atiende a las zonas norte, centro y poniente de la ciudad). Mientras que el colector "Aeropuerto" que, conecta al resto de los cárcamos, recoge el 40% restante.

⁶ este proceso es uno de los más confiables y eficientes para las aguas residuales de origen Municipal.

⁷ Ubicado en el recorrido de la Av. Rafael E. Melgar, principal vía de acceso a la zona hotelera sur y norte de la ciudad.



II.1 Diagnóstico de la Situación Actual

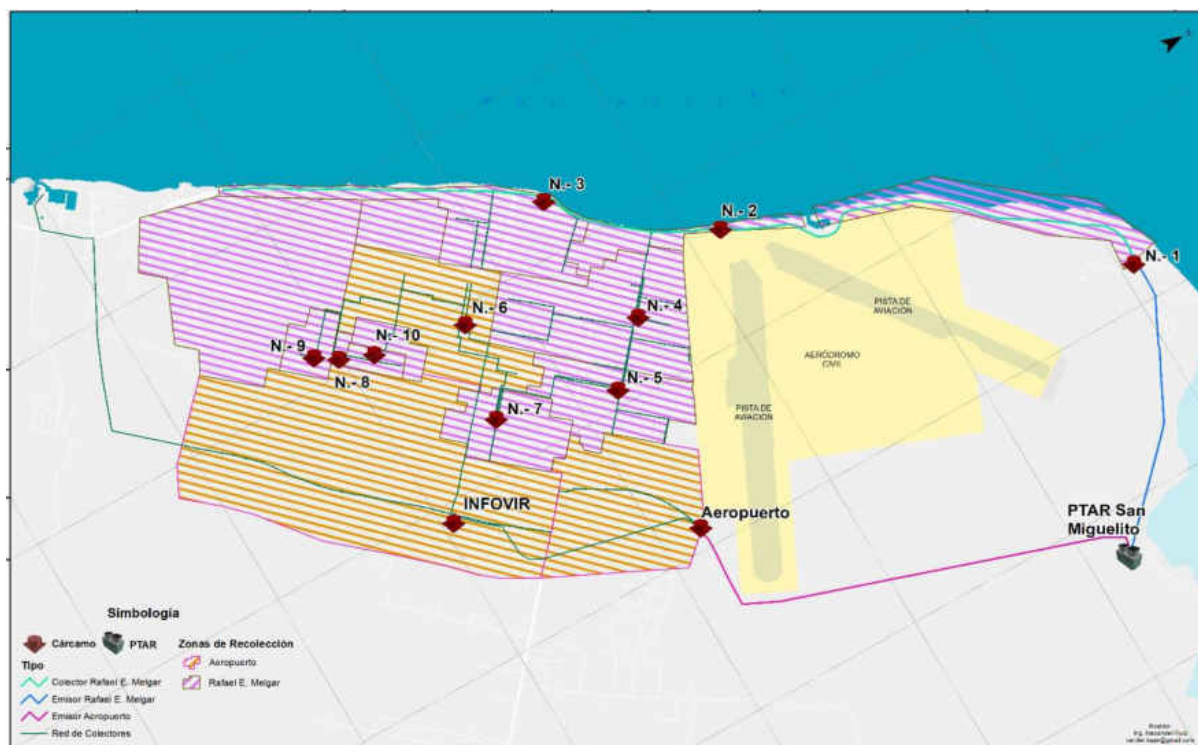


Figura II. 2 Zonas de recolección del sistema de drenaje sanitario y saneamiento de la ciudad de Cozumel.

PROBLEMÁTICA, OPORTUNIDAD O CONDICIÓN NEGATIVA

Por su antigüedad y el ambiente en el que se alojan, actualmente algunos elementos del sistema de drenaje sanitario en la ciudad han presentado problemas en su operación que afectan la eficiencia del sistema para garantizar el correcto saneamiento de las aguas residuales generadas en la ciudad.

De entre dichos elementos se destaca el colector Rafael E. Melgar, el cual presenta una antigüedad superior a los 20 años y cuyo material consiste principalmente en tubería de asbesto cemento (susceptible a presentar fracturas).

Debido a su antigüedad, la constante circulación de agua residual y a las concentraciones salinas de la zona, actualmente dicho colector se encuentra gravemente deteriorado ya que presenta fracturas en la pared interna que han ocasionado problemas de tipo permanentes en su operación con desfondes constantes que, incrementa los tiempos de retención de las aguas residuales en los cárcamos, y en consecuencia rebosamientos por saturación en los pozos de visita de las zonas centro y poniente de la ciudad, y con ello molestias a la población.

II.1 Diagnóstico de la Situación Actual

Es de señalarse que, por dicho colector transita el 60% de las aguas residuales generadas en la ciudad⁸, por lo que, para asegurar que el flujo de las aguas residuales no se vea interrumpido, el organismo operador ha incurrido en gastos para realizar acciones de desazolve y retiro de escombros, así como de monitoreos en colectores y pozos.

Es de señalarse que, a finales del año pasado (2019), en el tramo que interconecta a los cárcamos 2 y 1 del sistema de drenaje sanitario en la zona norte de la ciudad, como resultado del paso de vehículos pesados en la vialidad (Av. Rafael E. Melgar) y a la susceptibilidad de la infraestructura de agua potable y del colector principal, en la línea de conducción⁹ que, abastece de agua potable a los usuarios en la zona, se presentó una fractura que en su momento fue atendida con oportunidad; no obstante, derivado del proceso de reparación, el terreno natural donde se ubica dicha infraestructura se vio debilitado, lo que posteriormente ocasionó mayores daños a la misma y con ello el desfonde de aproximadamente 350 MI del colector de aguas residuales¹⁰.

Para garantizar la continuidad del flujo de los caudales, el organismo operador, realizó acciones de desazolve y retiro de escombros para que, en dicho tramo, el colector opere como un canal a cielo abierto y en lo que duraron dichos trabajos de desazolve, se realizó el desvío del flujo entre pozos de visita (Bypass¹¹).



Figura II. 3 Trabajos de localización, desazolve y retiro de material producto del colapso en el colector Rafael E. Melgar.

⁸ Ya que interconecta a los cárcamos 3, 2 y 1 que atienden a las zonas norte, centro y poniente de la ciudad.

⁹ de asbesto cemento de 10" de diámetro, con una antigüedad superior a los 20 años.

¹⁰ desde el hotel Miramar hasta playa las rocas.

¹¹ Desde el pozo anterior al tramo colapsado hasta el pozo posterior a dicho tramo, utilizando una bomba de 20 hp y una planta de emergencia que permita su operación.

II.1 Diagnóstico de la Situación Actual

Sin embargo, dichas acciones limitaron la capacidad de conducción del colector, ocasionando rebosamientos en los pozos de visita de las zonas centro y poniente de la ciudad, y con ello molestias a la población por los malos olores, además de un riesgo de afectación a la salud pública en la zona y de contaminación al manto freático (que, al tratarse de una isla, es muy susceptible), así como de las costas frente a la localidad.

Adicionalmente la CAPA ha considerado en los diversos programas de Inversión la Sustitución Paulatina de los tramos de este emisor y colectores de este Sistema, de conformidad a la disponibilidad presupuestal.

II.2 Análisis de la Oferta Actual o Infraestructura Existente

II.2.1 Infraestructura actual

SISTEMA DE AGUA POTABLE

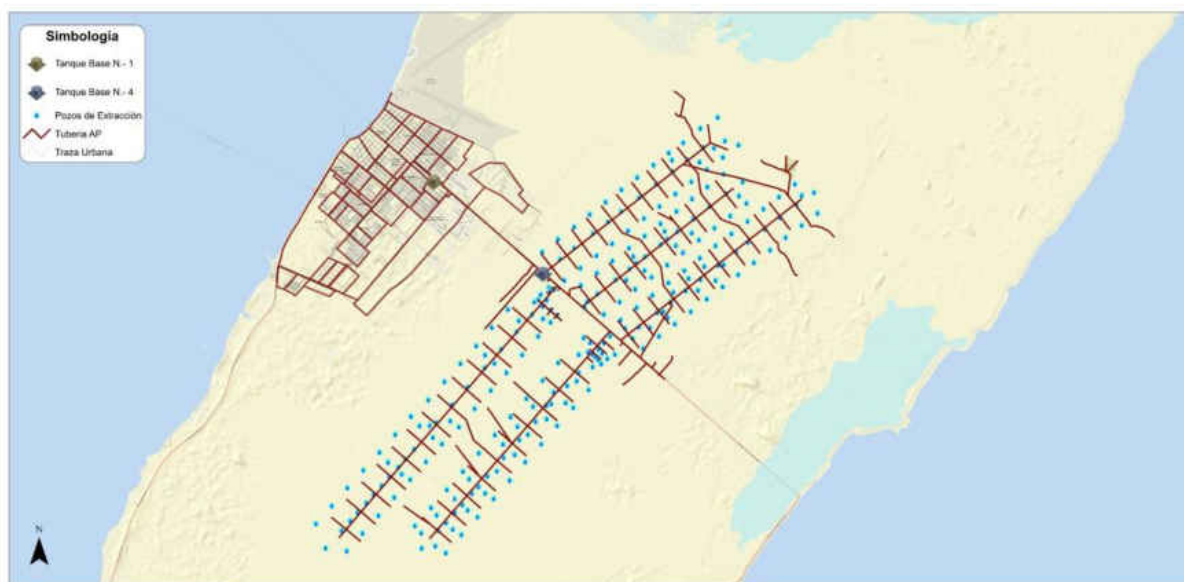


Figura II. 4 Sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Cozumel.

Para el abastecimiento de agua potable de la ciudad, se realiza la extracción del recurso hídrico de un acuífero de tipo libre con nivel estático entre 1 a 5 metros y su espesor saturado de agua dulce es de aproximadamente 20 m al centro de la isla y se adelgaza paulatinamente hacia los extremos.

II.2.1 Infraestructura actual

Lo anterior, mediante 235 pozos construidos y distribuidos en 5 baterías de pozos interconectados con tuberías de 2 ½", 3", 4", 6" y 8" de diámetro que conectan al pozo más lejano a las tuberías de conducción principales, consistentes en tres líneas de 14" de diámetro que se unen a una línea de 20" de diámetro de Fo.Fo. para hacerlas llegar a una estación de bombeo denominada "Base 4" donde se ubican dos tanques de 1,400 y 450 M³ cada uno, con una antigüedad de 30 años¹².

Dicha estación bombea, a través de una línea de 20" de diámetro, hacia la estación Base 1 en la ciudad (con dos tanques con una capacidad conjunta para 1,850 M³), el cual es el encargado de almacenar, regular y distribuir dichos caudales a los usuarios en la ciudad y a la zona hotelera.

Cuadro II. 3 Infraestructura de conducción del sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Cozumel.

DIÁMETRO (Pulg.)	LONGITUD (Km)	SALIDA	LLEGADA
14	3.71	Zona de Captación	estación Base 4
20	3.91	Cárcamo Base 4	estación Base 1

Fuente: elaboración propia con información de la Coordinación de operación de la CAPA.

la desinfección de los caudales extraídos se realiza a partir de los tanques en Base 4 y Base 1. En Base 4 se cuenta con una caseta de cloración con 6 cilindros de 850 kg de capacidad, con capacidad de clorador es de 150 kg/día. Mientras que en Base 1 se cuenta con 6 cilindros de 907 kg de capacidad, con capacidad de clorador de 45 kg/día.

La distribución se realiza por bombes, de tal forma que desde la "Base 1" se suministra directamente a una red consistente principalmente en tuberías de PEAD, PVC hidráulico y asbesto-cemento de 2", 2.5", 3", 4", 6", 8" y 10" de diámetro.

Cuadro II. 4 Infraestructura de distribución del sistema de agua potable de la ciudad de Cozumel.

DIÁMETRO (Pulg.)	LONGITUD (M)	DIÁMETRO (Pulg.)	LONGITUD (M)	DIÁMETRO (Pulg.)	LONGITUD (M)
2.5	35,157.18	8	21,170.93	16	1,516.67
3	142,511.38	10	28,479.88	20	678.1561
4	17,422.77	12	8,446.95		
6	25,206.78	14	10,988.15		

Fuente: elaboración propia con información de la Coordinación de operación de la CAPA.

¹² Construidos en 1989.



II.2.1 Infraestructura actual

SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y SANEAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

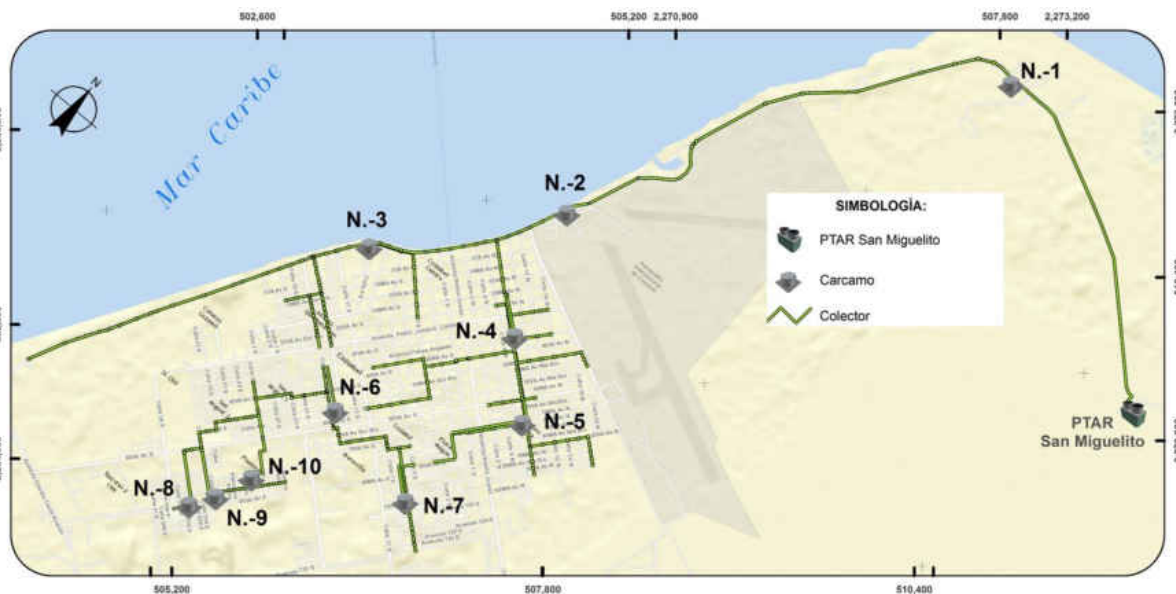


Figura II. 5 Infraestructura de recolección y saneamiento de agua residual en la ciudad de Cozumel.

En Cozumel, para la recolección y disposición de las aguas residuales que ahí se generan, se cuenta con un sistema diseñado y construido para operar como un sistema separado, integrado por dos tipos de alcantarillado, uno de tipo convencional a gravedad y otro por vacío, este último en la zona baja de la ciudad, mejor conocida como “casco antiguo”.

El sistema en la ciudad tiene una cobertura del 70.89% (incluye 19,113 descargas) y opera con 12 cárcamos elevadores de presión los cuales se encuentran interconectados y realizan bombeos hasta hacer llegar el agua residual hasta su destino final, la Planta de tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) “San Miguelito” con una capacidad instalada de 220 l/s, que utiliza el proceso de tratamiento de Lodos Activados¹³ para posteriormente ser utilizadas para la recarga del acuífero.

La interconexión entre los cárcamos opera de tal forma que el sistema se encuentra dividido en 2 zonas de recolección, identificadas por la “Ruta” de los colectores principales y definidas por el área de influencia de dichos cárcamos: el colector “Rafael E. Melgar¹⁴” y el colector “Aeropuerto” (Figura II. 2).

- El primero, “Rafael E. Melgar” que se estima recolecta el 60% de las aportaciones generadas en la ciudad: conecta a los cárcamos 3, 2 y 1 cuya área de influencia comprende las zonas

¹³ este proceso es uno de los más confiables y eficientes para las aguas residuales de origen Municipal.

¹⁴ Ubicado en el recorrido de la Av. Rafael E. Melgar, principal vía de acceso a la zona hotelera sur y norte de la ciudad.

II.2.1 Infraestructura actual

centro y poniente (en donde se ubican los cárcamos 10, 9, 7, 5, 4), siendo el cárcamo 1, ubicado en la zona norte, el último en recibirlos cuadales y que por medio de un emisor las envía a la PTAR "San Miguelito" para su tratamiento y disposición final.

- El segundo, "Aeropuerto" que recoge el 40% de las aportaciones generadas en la ciudad: atiende a las zona Oriente en donde se ubican los cárcamos 8, 6 y 11 (INFOVIR), los cuales envían sus aguas hacia el cárcamo 12 (Aeropuerto), que a través de un emisor las envía hacia la PTAR "San Miguelito" para su tratamiento y disposición final.

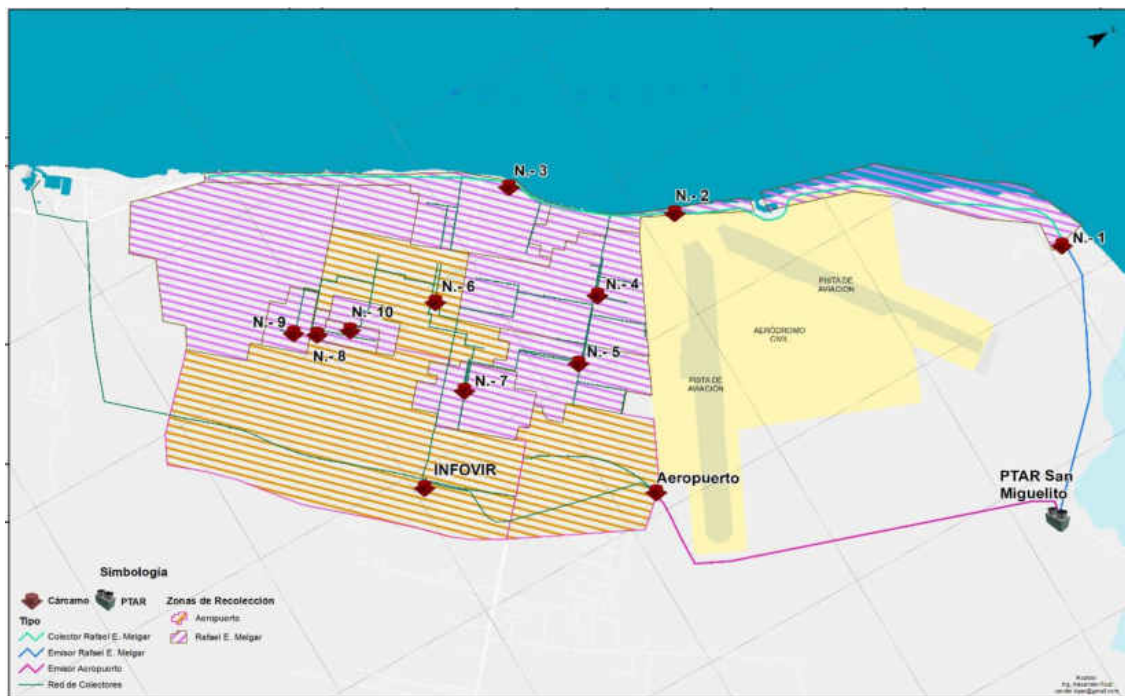


Figura II. 6 Zonas de recolección del sistema de drenaje y saneamiento en la ciudad de Cozumel.

Es de señalarse que la interconexión entre cárcamos, representa un riesgo, ya que si algún cárcamo, emisor o colector presenta fallas en su operación el sistema de drenaje sanitario en la ciudad se colapsaría.

El colector Rafael E. Melgar, de asbesto cemento de 20" de diámetro, con antigüedad superior a los 20 años (que lo ha vuelto susceptible), por la constante circulación de agua residual y a las concentraciones salinas de la zona, presenta deterioro en la pared interna de la tubería que han ocasionado problemas de tipo permanentes en su operación con desfondes constantes que, incrementa los tiempos de retención de las aguas residuales en los cárcamos 3 y 2, y en consecuencia rebosamientos por saturación en los pozos de visita de las zonas centro y poniente de la ciudad, y con ello molestias a la población.

II.2.1 Infraestructura actual

Por lo que, para asegurar que el flujo de las aguas residuales no se vea interrumpido, el organismo operador ha incurrido en gastos para realizar acciones de desazolve y retiro de escombros, así como de monitoreos en colectores y pozos.

Es de señalarse que, a finales del año pasado (2019), en el tramo que interconecta a los cárcamos 2 y 1 del sistema de drenaje sanitario en la zona norte de la ciudad, como resultado del paso de vehículos pesados en la vialidad (Av. Rafael E. Melgar) y a la susceptibilidad de la infraestructura de agua potable y del colector principal, en la línea de conducción¹⁵ que, abastece de agua potable a los usuarios en la zona, se presentó una fractura que en su momento fue atendida con oportunidad; no obstante, derivado del proceso de reparación, el terreno natural donde se ubica dicha infraestructura se vio debilitado, lo que posteriormente ocasionó mayores daños a la misma y con ello el desfonde de aproximadamente 350 Ml del colector de aguas residuales¹⁶.



Figura II. 7 Trabajos de reparación de la Fuga en la línea de conducción de Agua Potable.

Para garantizar la continuidad del flujo de los caudales, el organismo operador, realizó acciones de desazolve y retiro de escombros para que, en dicho tramo, el colector opere como un canal a cielo abierto y en lo que duraron dichos trabajos de desazolve, se realizó el desvío del flujo entre pozos de visita (Bypass¹⁷).

¹⁵ de asbesto cemento de 10" de diámetro, con una antigüedad superior a los 20 años.

¹⁶ desde el hotel Miramar hasta playa las rocas.

¹⁷ Desde el pozo anterior al tramo colapsado hasta el pozo posterior a dicho tramo, utilizando una bomba de 20 hp y una planta de emergencia que permita su operación.



II.2.1 Infraestructura actual



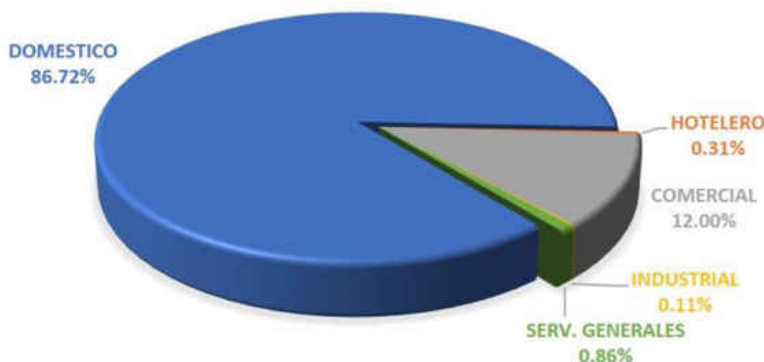
Figura II. 8 Trabajos de localización, desazolve y retiro de material producto del colapso en el colector Rafael E. Melgar.

Sin embargo, con la habilitación del tramo como “canal a cielo abierto”, la capacidad de conducción del mismo se ha visto limitada, ocasionando afectaciones en las zonas centro y poniente de la ciudad (con rebosamientos en los pozos de visita), además de existir un riesgo de que se presenten nuevos colapsos en la zona, por lo que el organismo operador deberá incrementar los recursos destinados al mantenimiento y monitoreo del mismo.

II.3 Análisis de la Demanda Actual

II.3.1 Características de la población objetivo

De acuerdo con el organismo operador, a diciembre del 2019, en la ciudad de Cozumel se contaba con un padrón de 19,238 *usuarios activos*, de los cuales el 86.72% son domésticos, 12% comerciales y el restante 1.28% industriales, hoteleros y de servicios generales.



Gráfica II. 1 Distribución de los usuarios activos por tarifa en la ciudad de Cozumel (diciembre 2019).

Fuente: Elaboración propia con información de la Coordinación comercial de la CAPA.

II.3.1 Características de la población objetivo

Dichos usuarios se distribuyen en las colonias populares de: 10 de abril, Adolfo López Mateos, Ampliación CTM, Ampliación Juan Bautista Vega, Andrés quintana roo, CTM, centro norte, centro sur, Chen Tuk, Paraíso, Cuzamil, Emiliano Zapata, Félix González, Flamingos, Fraccionamiento Altamar, Caribe, Cozumel turístico, El diamante, el Encanto, Flores Magón, Golondrinas, IX-CHEL, magisterio, Mira flores, Independencia, INVIQROO Cuzamil, Juan Bautista Vega, Maravilla, Nueva Generación, Repobladores, Ricardo Flores Magón, San Gervasio, San Miguel, Taxistas y Martillos, unidad habitacional FOVISSSTE, unidad habitacional naval, Zona Hotelera Norte, Zona hotelera Sur y zona Industrial.

Del mismo modo, es de destacarse que, la zona de influencia del colector Rafael E. Melgar (norte, centro y poniente de la ciudad), aún se encuentra en desarrollo (sobre todo hacia la zona norte de la mancha urbana), en ella se ubican distintos Equipamientos (EQ), para usos especiales (UE), áreas verdes (AV), Subcentro urbano (SCU), Uso Mixto compatible con vivienda (UMCV) y habitacionales con densidades que van desde 16 viviendas por hectárea (H2) hasta 55 viviendas por hectárea (H5).

Por lo que se considera que, en dicha zona se continuarán incorporando usuarios hasta agotar la reserva territorial urbana, se estima que durante el horizonte de evaluación (31 años) se tendrá un incremento de al menos 13,177 nuevos usuarios, a una tasa media de crecimiento anual calculada (t.m.c.a.) de 5.59%¹⁸.

De acuerdo con la Conagua cuando, *las demandas de los usuarios, comercial, industrial, y turística no sean significativas y que además no existan proyectos de desarrollo para estos sectores, en el análisis se podrán considerar como parte de la demanda doméstica* (MAPAS, 2015).

Para el cálculo del consumo promedio por usuario se considera una dotación de 203 litros por habitante por día (LHD)¹⁹ y un índice de hacinamiento de 3.59 habitantes por vivienda.

Cuadro II. 5 Clasificación por tipo de usuario y su consumo actual en la ciudad de Cozumel.

TARIFA	USUARIOS	%	HACINAMIENTO	POBLACIÓN
Domésticos	16,683	86.72%	3.59	59,892
No domésticos	2,555	13.28%	1.00	2,555
TOTAL	19,238	100.00%		62,447

Fuente: Elaboración propia con información de la Coordinación comercial de la CAPA.

¹⁸ Calculada a partir de la información de la densidad máxima por hectárea en la zona, considerando que al año 30, en la ciudad se tendrá un total de 32,415 usuarios. $\{[(\text{Usuarios}_{\text{año}30}/\text{Usuarios}_{\text{año}0})/(1/n)]-1\}$

¹⁹ propuesta para predios clase media en clima cálido húmedo.



II.3.1 Características de la población objetivo

En el siguiente cuadro se presenta la distribución de usuarios, su consumo y la aportación de aguas residuales.

Cuadro II. 6 Distribución de los consumos de agua potable y aportaciones por tipo de usuario en la ciudad de Cozumel.

TARIFA	USUARIOS	POBLACIÓN	CONSUMO (AP)	APORTACIÓN (AR)
Domésticos	16,683	59,892	1,765,563.00	1,412,450.40
No domésticos	2,555	2,555	874,283.00	699,426.40

Fuente: Elaboración propia con información de la Coordinación comercial de la CAPA.

II.4 Diagnóstico de la Interacción de la Oferta-Demanda actual.

En Cozumel, para la recolección y disposición de las aguas residuales que ahí se generan, se cuenta con un sistema diseñado y construido para operar como un sistema separado, integrado por dos tipos de alcantarillado, uno de tipo convencional a gravedad y otro por vacío, este último en la zona baja de la ciudad, mejor conocida como “casco antiguo”.

El sistema en la ciudad tiene una cobertura del 70.89% (incluye 19,113 descargas) y opera con 12 cárcamos elevadores de presión los cuales se encuentran interconectados y realizan bombeos hasta hacer llegar el agua residual hasta su destino final, la Planta de tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) “San Miguelito” con una capacidad instalada de 220 l/, que utiliza el proceso de tratamiento de Lodos Activados²⁰ para posteriormente ser utilizadas para la recarga del acuífero.

La interconexión entre los cárcamos opera de tal forma que el sistema se encuentra dividido en 2 zonas de recolección, identificadas por la “Ruta” de los colectores principales y definidas por el área de influencia de dichos cárcamos: el colector “Rafael E. Melgar²¹” y el colector “Aeropuerto”. Además de que, si algún cárcamo, emisor o colector presenta fallas en su operación el sistema de drenaje sanitario en la ciudad presenta un riesgo de colapsar.

De acuerdo con el organismo operador, a diciembre del 2019, en la ciudad de Cozumel se contaba con un padrón de 19,238 usuarios en su mayoría domésticos, de estos, el 99.35% cuenta con servicio de recolección y saneamiento de aguas residuales (19,113 usuarios).

²⁰ este proceso es uno de los más confiables y eficientes para las aguas residuales de origen Municipal.

²¹ Ubicado en el recorrido de la Av. Rafael E. Melgar, principal vía de acceso a la zona hotelera sur y norte de la ciudad.

II.4 Diagnóstico de la Interacción de la Oferta-Demanda actual.

Si se considera un consumo por habitante al día de 203 litros, en la ciudad se generan 73.40 l/s de agua residual de las cuales el 60% son recolectados en el colector principal Rafael E. Melgar que las conduce a la PTAR "San Miguelito" para su tratamiento y disposición final.

Dicho colector (Rafael E. Melgar), de asbesto cemento de 20" de diámetro, presenta una antigüedad superior a los 20 años (que lo ha vuelto susceptible), que por la constante circulación de agua residual y a las concentraciones salinas de la zona, lo ha vuelto susceptible a presentar problemas de deterioro en la pared interna de la tubería, incrementa los tiempos de retención de las aguas residuales en los cárcamos 3 y 2, y en consecuencia rebosamientos por saturación en los pozos de visita de las zonas centro y poniente de la ciudad, y con ello molestias a la población.

Por lo que, para asegurar que el flujo de las aguas residuales no se vea interrumpido, el organismo operador ha incurrido en gastos para realizar acciones de desazolve y retiro de escombros, así como de monitoreos en colectores y pozos.

Es de señalarse que, a finales del año pasado (2019), en el tramo que interconecta a los cárcamos 2 y 1 del sistema de drenaje sanitario en la zona norte de la ciudad, como resultado del paso de vehículos pesados en la vialidad (Av. Rafael E. Melgar) y a la susceptibilidad de la infraestructura de agua potable y del colector principal, en la línea de conducción²² que, abastece de agua potable a los usuarios en la zona, se presentó una fractura que en su momento fue atendida con oportunidad; no obstante, derivado del proceso de reparación, el terreno natural donde se ubica dicha infraestructura se vio debilitado, lo que posteriormente ocasionó mayores daños a la misma y con ello el desfonde de aproximadamente 350 Ml del colector de aguas residuales²³.



Figura II. 9 Trabajos de reparación de la Fuga en la línea de conducción de Agua Potable.

²² de asbesto cemento de 10" de diámetro, con una antigüedad superior a los 20 años.

²³ desde el hotel Miramar hasta playa las rocas.



II.4 Diagnóstico de la Interacción de la Oferta-Demanda actual.

Para garantizar la continuidad del flujo de los caudales, el organismo operador, realizó acciones de desazolve y retiro de escombros para que, en dicho tramo, el colector opere como un canal a cielo abierto y en lo que duraron dichos trabajos de desazolve, se realizó el desvío del flujo entre pozos de visita (Bypass²⁴).



Figura II. 10 Trabajos de localización, desazolve y retiro de material producto del colapso en el colector Rafael E. Melgar.

Sin embargo, con la habilitación del tramo como “canal a cielo abierto”, la capacidad de conducción del mismo se ha visto limitada, ocasionando afectaciones en las zonas centro y poniente de la ciudad (con rebosamientos en los pozos de visita), además de existir un riesgo de que se presenten nuevos colapsos en la zona, por lo que el organismo operador deberá incrementar los recursos destinados al mantenimiento y monitoreo del mismo.

²⁴ Desde el pozo anterior al tramo colapsado hasta el pozo posterior a dicho tramo, utilizando una bomba de 20 hp y una planta de emergencia que permita su operación.

III Situación sin el PPI

III.1 Optimizaciones

Con el fin de no atribuir al proyecto beneficios que no le corresponden se debe buscar optimizar la situación actual. Para ello se requiere analizar medidas administrativas de bajo costo que permitan obtener parte o la totalidad de beneficios identificados para el proyecto.

Como optimización en el presente estudio *se consideró que las acciones llevadas a cabo actualmente por parte del organismo operador constituyen una optimización*, acciones tales como la limpieza y desazolve del colector y pozos de visita, a fin de permitirle trabajar a su máxima capacidad, sin interrupciones en el flujo de los caudales hasta la PTAR.

Cuadro III. 1 Costos por optimización.

Gastos emergentes y de limpieza	Costo
Trabajos de desazolve	344,746
Limpieza	108,349
Herramientas	88,649
Material de limpieza	246,247
Material desinfectante	49,249
Combustible	147,748
Total	984,989

Fuente: Elaboración propia.

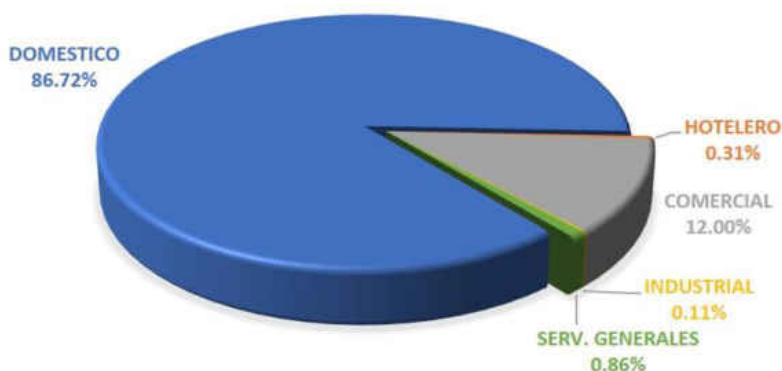
III.2 Análisis de la Oferta sin el PPI

La oferta de la situación sin proyecto corresponde a la situación actual proyectada, por lo que la capacidad instalada para la recolección y saneamiento de las aguas residuales generadas en la ciudad de Cozumel, se corresponde con la presentada en el apartado *II.2 Análisis de la Oferta Actual o Infraestructura Existente*, ya que esta no variará; con la medida de optimización únicamente se busca garantizar que el flujo de los caudales de aguas residuales recolectadas en las zonas centro y poniente de la ciudad, continúe su recorrido hasta la PTAR San Miguelito para su tratamiento y disposición final.



III.3 Análisis de la Demanda sin el PPI

De acuerdo con el organismo operador, a diciembre del 2019, en la ciudad de Cozumel se contaba con un padrón de 19,238 *usuarios activos*, de los cuales el 86.72% son domésticos, 12% comerciales y el restante 1.28% industriales, hoteleros y de servicios generales.



Gráfica III. 1 Distribución de los usuarios por tarifa en la ciudad de Cozumel (diciembre 2019).

Fuente: Elaboración propia con información de la Coordinación comercial de la CAPA.

De estos usuarios, el 99.35% cuenta con servicio de recolección y saneamiento de aguas residuales (19,113 usuarios, en su mayoría domésticos).

En la ciudad, la zona de influencia del colector Rafael E. Melgar se corresponde con las zonas norte, centro y poniente en donde se localiza a un total de 11,398 usuarios (en su mayoría domésticos).

Considerando una tasa media de crecimiento en la ciudad del 5.59%, durante el horizonte de evaluación, se proyectó el consumo de agua potable y las aportaciones de aguas residuales, considerando la incorporación de los nuevos usuarios, una dotación por habitante por día de 203 Litros, que las preferencias de consumo no se modifican, es decir que se mantienen en el tiempo y que la eficiencia de micromedición es del 100%.

Cuadro III. 2 Proyección de la población, su consumo y aportaciones de agua residual en la ciudad de Cozumel, situación sin proyecto (2020-2050).

Periodo	Año	Población atendida	Consumo AP		Aportaciones AR	
			M3/año	L/s	M3/año	L/s
2020	0	62,447	2,639,846	91.75	2,111,877	73.40
2021	1	63,387	2,694,461	93.65	2,155,569	74.92
2022	2	64,343	2,750,427	95.60	2,200,341	76.48
2023	3	65,314	2,807,780	97.59	2,246,224	78.07
2024	4	66,300	2,866,562	99.63	2,293,250	79.71
2025	5	67,303	2,926,813	101.73	2,341,450	81.38
2026	6	68,321	2,988,574	103.87	2,390,859	83.10

III.3 Análisis de la Demanda sin el PPI

2027	7	69,356	3,051,890	106.07	2,441,512	84.86
2028	8	70,409	3,116,806	108.33	2,493,445	86.66
2029	9	71,477	3,183,367	110.64	2,546,694	88.52
2030	10	72,564	3,251,621	113.02	2,601,297	90.41
2031	11	73,668	3,321,618	115.45	2,657,295	92.36
2032	12	74,790	3,393,409	117.94	2,714,727	94.36
2033	13	75,931	3,467,044	120.50	2,773,635	96.40
2034	14	77,090	3,542,580	123.13	2,834,064	98.50
2035	15	78,269	3,620,070	125.82	2,896,056	100.66
2036	16	79,466	3,699,574	128.59	2,959,659	102.87
2037	17	80,684	3,781,149	131.42	3,024,919	105.14
2038	18	81,922	3,864,857	134.33	3,091,886	107.46
2039	19	83,182	3,950,761	137.32	3,160,609	109.85
2040	20	84,461	4,038,927	140.38	3,231,142	112.30
2041	21	85,762	4,129,421	143.53	3,303,537	114.82
2042	22	87,085	4,222,312	146.75	3,377,850	117.40
2043	23	88,430	4,317,672	150.07	3,454,138	120.06
2044	24	89,797	4,415,575	153.47	3,532,460	122.78
2045	25	91,189	4,516,097	156.97	3,612,878	125.57
2046	26	92,602	4,619,316	160.55	3,695,453	128.44
2047	27	94,041	4,725,313	164.24	3,780,251	131.39
2048	28	95,503	4,834,172	168.02	3,867,338	134.42
2049	29	96,991	4,945,979	171.91	3,956,784	137.53
2050	30	98,504	5,060,824	175.90	4,048,659	140.72

Fuente: Elaboración propia.



III.4 Diagnóstico de la Interacción de la Oferta-demanda sin el PPI.

Ya que las acciones de optimización realizadas corresponden a acciones para garantizar la operación del sistema.

En la zona norte, en el tramo comprendido entre los cárcamos 2 y 1, se identifica que, como resultado del desfonde del colector, a pesar de las acciones realizadas por parte del organismo operador, que consistieron en el desvío del flujo entre pozos de visita (Bypass) así como trabajos de desazolve y retiro de escombros para la habilitación del propio colector como un canal a cielo abierto, se considera que la capacidad de desalojo actual del colector se ha visto sobrepasada.

Al proyectar los consumos y las aportaciones de agua residual que se generarán en la zona de influencia de dicho colector, se identifica que la operación se verá afectada, ya que con las aportaciones que actualmente se reciben, y por su capacidad limitada, en las zonas centro y poniente de la ciudad, se presentan rebosamientos, y en la zona norte, al operar con un tramo “a cielo abierto”, además de un riesgo de accidentes, también ocasiona molestias por los malos olores y la afectación a la salud pública en la zona, además de que un riesgo de contaminación al manto freático (que, al tratarse de una isla, es uno de los principales riesgos de contaminación), así como de los recursos costeros.

III.5 Alternativas de solución

Supuestos técnicos y económicos y horizonte de evaluación

Considerando el periodo de construcción (1 año) y la vida útil del proyecto (30 años), se establece un horizonte de evaluación de 31 años, periodo en el que se contemplan los siguientes supuestos:

- Se considera que, en el horizonte de evaluación, la tasa de crecimiento de la población y el número de habitantes por viviendas son las mismas que se observan en la situación actual.
- La ciudad, aún se encuentra en crecimiento, por lo que se considera que, de acuerdo con estimaciones de la Dirección de Planeación de Infraestructura de la CAPA, durante el horizonte de evaluación, se tendrá la incorporación de nuevos usuarios a una tasa media anual de aproximadamente 5.59%.
- El consumo de los usuarios futuros será similar al de los usuarios que actualmente cuentan con el servicio y una aportación del 80% como agua residual.
- Los usuarios no presentarán cambios en sus hábitos de consumo, (se mantendrá constante en el horizonte de análisis).
- La distribución, el consumo promedio y otras variables permanecerán constantes durante el horizonte de análisis.



III.5.1 Descripción del PPI

Con el objetivo de mitigar los riesgos de contaminación de los mantos freáticos y los recursos costeros, por la infiltración de las aguas residuales generadas en la ciudad de Cozumel.

En la zona norte, en el tramo comprendido entre los cárcamos 2 y 1 del sistema de recolección de aguas residuales, se pretende la sustitución de 2,550.26 ML de colector que incluye la instalación de 27 pozos de visita de profundidades de entre 2.0 y 4.75 M (incluyendo sus mangas de empotramiento) y la sustitución de 120 descargas sanitarias.

Para lo anterior, será necesario:

- el suministro e instalación de tubería para alcantarillado de 24" de diámetro de Polietileno de Alta Densidad (PEAD, tipo S O B),
- así como de 27 pozos de visita con profundidades de entre 2.0 M y 4.75 M con sus respectivas mangas de empotramiento de 24" de diámetro;
- y la sustitución de 120 descargas sanitarias de tipo simple (con tubería de PVC de 6" de diámetro y registro sencillo).

Cuadro III. 3 Principales Características por Componente, Colector principal (Alternativa PPI).

Componente	Cantidad	Unidad de Medida	Descripción
Colector	2,550.26	ML	Consistente en Tubería para alcantarillado corrugada de PEAD (tipo S O B) de 24" de diámetro. con empaque de material elastómerico; campana bicapa reforzada coextruida al cuerpo del tubo, junta hermética, unión espiga-campana, corrudadas reforzadas, de doble arco y pared interior de alto contraste color naranja (CNA, NMX-E-241-CNCP-VIGENTE).
Pozos de visita	27.00	PZA	Elaborado con concreto F'C= 250 kg/cm ² y armado con acero. incluye: brocal y tapa de polietileno tráfico pesado con chapa tipo retráctil y sello cónico perimetral; escalón marino de polipropileno reforzado con varilla de acero corrugada, forjado de medias cañas, con profundidades de: 2.0 M (2) 2.25 M (4) 2.5 M (1), 2.75 M (3), 3.0 M (7), 3.25 M (1), 3.5 M (3), 3.75 M (1), 4.0 M (1), 4.25 M (1), 4.5 M (2), 4.75 M (1). Así como mangas de empotramiento de 24" de diámetro.

Fuente: Elaboración propia con información de la Dirección de Planeación de Infraestructura de la CAPA.



III.5.1 Descripción del PPI

Cuadro III. 4 Principales Características por Componente, descargas domiciliarias (Alternativa PPI).

Componente	Cantidad	Unidad de Medida	Descripción
descargas domiciliarias	120.00	PZA	Sencilla de 6" de diámetro, consistente en codo de 45° x 6" de PAD corrugado espiga campana, tubería PEAD corrugada interior naranja de 6", bota de inserción de polipropileno de 45°x90° y un sello mecánico de hule. Incluye registro sanitario prefabricado de 0.60x0.60x0.60 Cm. interiores, tapa con marco y contra de ángulo de 1 1/2" x 1/8" con concreto FÉC.= 150 kg/cm2 y 5 cm. de espesor.

Fuente: Elaboración propia con información de la Dirección de Planeación de Infraestructura de la CAPA.

Cuadro III. 5 Principales Características por Componente, Reposición de pavimentos (Alternativa PPI).

Componente	Cantidad	Unidad de Medida	Descripción
Reposición carpeta asfáltica	16,576.69	M2	Reposición de carpeta asfáltica de hasta 5 cm de espesor elaborada con mezcla de emulsión asfáltica y agregado pétreo.

Fuente: Elaboración propia con información de la Dirección de Planeación de Infraestructura de la CAPA.

Para la instalación de las tuberías, el método constructivo a emplear será del tipo "tradicional", es decir, la apertura de zanjas con anchos y profundidades variables (dependiendo del diámetro); los rellenos serán de tipo "convencionales" con producto de banco, que a su vez implica que se consideren recursos para la repavimentación de 16,576.69 M² en la vialidad.

Tendrá un costo de Inversión inicial sin IVA de \$ 49,831,208.79 (son: cuarenta y nueve millones, ochocientos treinta y un mil, doscientos ocho pesos 79/100 M.N.).

Durante el periodo de vida útil de la nueva tubería, se tendrán costos mantenimiento por un monto a valor presente de \$2,870,371.89 (son: dos millones, ochocientos setenta mil, trescientos setenta y un pesos 89/100 M.N.); que incluyen conceptos tales como costos de personal (cuadrillas para el monitoreo y limpieza de colectores y pozos de visita, personal de apoyo, entre otros), del material necesario para las reparaciones, vehículos, combustibles, entre otros.

CONCEPTO	VALORES	UNIDADES
Periodo de ejecución	9	Meses (en Año 0)
Inversión inicial	49,831,208.79	\$
Vida útil	30	años

Fuente: Elaboración propia.



III.5.1 Descripción del PPI

La inversión se realizará en 9 meses (considerando un año de inversión), cuya operación, al tratarse de infraestructura existente y que se encuentra operando, se considerarán costos durante el periodo de inversión y tendrá una vida útil de 30 años. Se tendrían los siguientes costos por Inversión, reinversión y de operación y mantenimiento.

Cuadro III. 6 Costos de inversión, reinversión y de operación y mantenimiento del proyecto de la Alternativa de proyecto propuesto (sin IVA).

Periodo	Año	Inversión	mantenimiento	Total Costos	Valor Actual
2020	0	49,831,209	984,989	50,816,198	50,816,198.00
2021	1	0	200,000	200,000	181,818.18
2022	2	0	200,000	200,000	165,289.26
2023	3	0	200,000	200,000	150,262.96
2024	4	0	200,000	200,000	136,602.69
2025	5	0	200,000	200,000	124,184.26
2026	6	0	200,000	200,000	112,894.79
2027	7	0	200,000	200,000	102,631.62
2028	8	0	200,000	200,000	93,301.48
2029	9	0	200,000	200,000	84,819.52
2030	10	0	200,000	200,000	77,108.66
2031	11	0	200,000	200,000	70,098.78
2032	12	0	200,000	200,000	63,726.16
2033	13	0	200,000	200,000	57,932.88
2034	14	0	200,000	200,000	52,666.25
2035	15	0	200,000	200,000	47,878.41
2036	16	0	200,000	200,000	43,525.83
2037	17	0	200,000	200,000	39,568.93
2038	18	0	200,000	200,000	35,971.76
2039	19	0	200,000	200,000	32,701.60
2040	20	0	200,000	200,000	29,728.73
2041	21	0	200,000	200,000	27,026.11
2042	22	0	200,000	200,000	24,569.19
2043	23	0	200,000	200,000	22,335.63
2044	24	0	200,000	200,000	20,305.12
2045	25	0	200,000	200,000	18,459.20
2046	26	0	200,000	200,000	16,781.09
2047	27	0	200,000	200,000	15,255.54
2048	28	0	200,000	200,000	13,868.67
2049	29	0	200,000	200,000	12,607.88
2050	30	0	200,000	200,000	11,461.71
TOTAL		49,831,209	6,984,989	56,816,198	52,701,580.89
VALOR ACTUAL		49,831,209.00	2,870,371.89	52,701,580.89	

Fuente: Elaboración propia.



III.5.2 Descripción de la alternativa de adicional de solución

Sistema de curado en sitio a través de luz ultravioleta para rehabilitación de tuberías de drenaje sin abrir zanja.

La característica representativa del proyecto, consiste en el procedimiento para la rehabilitación de la tubería existente del colector, mediante un sistema de “curado en sitio a través de luz ultravioleta”, que una vez realizado permitirá a la tubería “curada” tener un espesor mínimo de 8 mm, de acuerdo a la norma: ISO-11296-4-2011.

Dicho procedimiento de curado, consistirá en el suministro e instalación de una manga fabricada en fibra de vidrio con espesor de 8 mm que será impregnada de resina en planta. Para estos trabajos no se requiere abrir zanja ya que la manga se introduce a la tubería utilizando los pozos de visita existentes (Figura III. 1).



Figura III. 1 Instalación de la manga de fibra de vidrio en la tubería a través de un pozo de visita existente.

Al tratarse de un trabajo de rehabilitación que seguirá el trazo de la infraestructura existente, para que el flujo de caudales no se vea interrumpido, en el pozo de visita anterior al que se utilice para introducir la manga, se instalará una bomba para que dichos caudales sean transportados por medio de una tubería al pozo de visita posterior al utilizado en los trabajos de instalación (es decir, un bypass antes y después del tramo a atender).

Cuadro III. 7 Principales características por componentes (Colector principal), Alternativa 1.

Componente	Cantidad	Unidad de Medida	Principales características
Colector	2,550.26	ML	Consistente en la rehabilitación de tubería de drenaje de (24") de diámetro y 8 mm de espesor con el sistema BKP Berolina Liner, de acuerdo a las normas: ASTM2019E ISO-11296-4-201.

Fuente: Elaboración propia.

III.5.2 Descripción de la alternativa de adicional de solución

Cuadro III. 8 Principales características por componentes (*descargas domiciliarias*), Alternativa 1.

Componente	Cantidad	Unidad de Medida	Principales características
Descarga domiciliaria	120.00	ML	Consiste en la rehabilitación de descarga de 6" de diámetro por 7 M de longitud, que incluye trabajos de apertura con robot fresador, suministro e instalación de LINER (manga) y sello de la conexión lateral.

Fuente: Elaboración propia.

Dichos trabajos se realizarán por tramos de 100 M y para comprobar su hermeticidad, se acompañará de una video inspección antes, durante y después de la tubería existente, así como de sondeos para la localización de instalaciones especiales, pozos de visita.

El sistema operará de tal forma que el agua residual sea recolectada a gravedad en registros principales que las ingresen a pocetos en los que, cuando los niveles suban, un flotador permitirá que se abra una válvula creando el paso del aire que succiona el caudal y mediante una presión negativa envía las aguas residuales a un tanque de almacenamiento en la Planta de vacío.

Tendrá un costo de Inversión inicial sin IVA de \$ 76,446,926.10 (son: setenta y seis millones, cuatrocientos cuarenta y seis mil, novecientos veinte seis pesos 10/100 M.N.).

Además de presentar costos de operación y mantenimiento de la nueva infraestructura por un monto a valor presente de \$3,473,694.42 (son: tres millones, cuatrocientos setenta y tres mil, seiscientos noventa y cuatro pesos 42/100 M.N.); que incluyen conceptos tales como costos de personal (cuadrillas para el monitoreo y limpieza de colectores y pozos de visita, personal de apoyo, entre otros), del material necesario para las reparaciones, vehículos, combustibles, entre otros.

CONCEPTO	VALORES	UNIDADES
Periodo de ejecución	6	Meses (Año 0)
Inversión inicial	76,446,926.10	\$
Vida útil	30	años

Fuente: Elaboración propia.

La inversión se realizará en un periodo de 6 meses, cuya operación, al tratarse de infraestructura existente y que se encuentra operando, se considerarán costos durante el periodo de inversión y tendrá una vida útil de 30 años. Se tendrían los siguientes costos por Inversión, reinversión y de operación y mantenimiento.



III.5.2 Descripción de la alternativa de adicional de solución

Cuadro III. 9 Costos de inversión y de operación y mantenimiento del proyecto de la Alternativa 1 (sin IVA).

Periodo	Año	Inversión	mantenimiento	Total costos	Valor Actual
2020	0	76,446,926	984,989	77,431,915	77,431,915.00
2021	1	0	264,000	264,000	240,000.00
2022	2	0	264,000	264,000	218,181.82
2023	3	0	264,000	264,000	198,347.11
2024	4	0	264,000	264,000	180,315.55
2025	5	0	264,000	264,000	163,923.23
2026	6	0	264,000	264,000	149,021.12
2027	7	0	264,000	264,000	135,473.74
2028	8	0	264,000	264,000	123,157.95
2029	9	0	264,000	264,000	111,961.77
2030	10	0	264,000	264,000	101,783.43
2031	11	0	264,000	264,000	92,530.39
2032	12	0	264,000	264,000	84,118.54
2033	13	0	264,000	264,000	76,471.40
2034	14	0	264,000	264,000	69,519.45
2035	15	0	264,000	264,000	63,199.50
2036	16	0	264,000	264,000	57,454.09
2037	17	0	264,000	264,000	52,230.99
2038	18	0	264,000	264,000	47,482.72
2039	19	0	264,000	264,000	43,166.11
2040	20	0	264,000	264,000	39,241.92
2041	21	0	264,000	264,000	35,674.47
2042	22	0	264,000	264,000	32,431.34
2043	23	0	264,000	264,000	29,483.03
2044	24	0	264,000	264,000	26,802.76
2045	25	0	264,000	264,000	24,366.14
2046	26	0	264,000	264,000	22,151.04
2047	27	0	264,000	264,000	20,137.31
2048	28	0	264,000	264,000	18,306.64
2049	29	0	264,000	264,000	16,642.40
2050	30	0	264,000	264,000	15,129.46
TOTAL		76,446,926	8,904,989	85,351,915	79,920,620.42
VALOR ACTUAL		76,446,926.00	3,473,694.42	79,920,620.42	

Fuente: Elaboración propia.



III.5.3 Selección de la alternativa

COMPARACIÓN CON LA ALTERNATIVA PROPUESTA

En ambos proyectos propuestos se consideran técnicamente viables, ya que con ambas alternativas se pretende garantizar la continuidad del flujo de los caudales de aguas residuales para que éste llegue a su destino final, la PTAR “San Miguelito” para su tratamiento y disposición final.

En el caso de los trabajos de rehabilitación, el hecho de que no requiera de la apertura de zanjas y aproveche el recorrido de la infraestructura existente, implica que durante los trabajos se entorpecerá lo menos posible el tránsito vehicular, así como el peatonal al utilizar solamente un carril, no habrá excavaciones que atenten la integridad de los residentes, así como del personal, una señalización óptima para evitar accidentes, además de ser un trabajo, limpio, seguro y rápido. Sin embargo, en las zonas donde no exista la tubería, es muy difícil garantizar el diámetro de la misma, lo cual repercute directamente en la funcionalidad del colector. Además de que, al tratarse de una “manga” no garantiza la estabilización del terreno y en consecuencia es susceptible a colapsos por el paso de vehículos pesados en la zona y a las inundaciones.

En la propuesta de sustitución, si bien el método a utilizar es el tradicional, la instalación de la nueva tubería se realizará a un costado del existente, sin incurrir en costos extras para garantizar la continuidad del flujo en el colector existente.

Además de que con el material (de PEAD de tipo rígido), se estarían reduciendo las posibilidades de que se den nuevos colapsos en la zona que pudieran afecta la tubería.

Considerando una tasa de descuento social del 10%, a continuación, se muestra el análisis de alternativas, se presenta el valor actual de los costos y el costo anual equivalente:

CONCEPTO	ALTERNATIVA 1	PROYECTO PROPUESTO
Costo Anual Equivalente (CAE)	8,477,919.33	5,590,544.08
Valor Presente del Costo (VPC)	79,920,620.42	52,701,580.89
Tasa Social de descuento (r)	10%	10%
Años de vida útil del activo (m)	30	30
Años del horizonte de evaluación (n)	31	31

Fuente: Elaboración propia.

Por lo anterior, se determina que la mejor alternativa a ejecutar es la que propone la sustitución de la tubería utilizando el método constructivo “tradicional” con zanja.



IV Situación con el PPI

IV.1 Descripción general del Proyecto de inversión

Tipo de PPI			
Proyecto de infraestructura económica	<input checked="" type="checkbox"/>	Programa de adquisiciones	<input type="checkbox"/>
Proyecto de infraestructura social	<input type="checkbox"/>	Programa de mantenimiento	<input type="checkbox"/>
Proyecto de infraestructura gubernamental	<input type="checkbox"/>	Programa de adquisiciones de protección civil	<input type="checkbox"/>
Proyecto de inmuebles	<input type="checkbox"/>	Programa de mantenimiento de protección civil	<input type="checkbox"/>
Otros proyectos de inversión	<input type="checkbox"/>	Programa ambiental	<input type="checkbox"/>
		Otros programas de inversión	<input type="checkbox"/>

Descripción del PPI			
<p>Con el objetivo de garantizar que los caudales de aguas residuales que se generan en el área de influencia del colector Rafael E. Melgar (zona centro y poniente de la ciudad) del sistema de drenaje y saneamiento de la ciudad de Cozumel, sean conducidas hasta la PTAR "San Miguelito" para que reciban un correcto saneamiento.</p> <p>Se pretende la sustitución de 2,550.26 ML de colector Rafael E. Melgar en el tramo comprendido entre los cárcamos 2 y 1 en la zona norte de la ciudad.</p> <p>Lo anterior, mediante el suministro e instalación de tubería para alcantarillado de 24" de diámetro de Polietileno de Alta Densidad (PEAD, tipo S O B), así como de 27 pozos de visita con profundidades de entre 2.0 M y 4.75 M con sus respectivas mangas de empotramiento de 24" de diámetro y la sustitución de 120 descargas sanitarias de tipo simple (con tubería de PVC de 6" de diámetro y registro sencillo).</p>			
<p>Cuadro IV. 1 Principales Características por Componente, <u>Colector principal</u>.</p>			
Componente	Cantidad	Unidad de Medida	Descripción
Colector	2,550.26	ML	Consistente en Tubería para alcantarillado corrugada de PEAD (tipo S O B) de 24" de diámetro. con empaque de material elastómero; campana bicapa reforzada coextruida al cuerpo del tubo, junta hermética, unión espiga-campana, corrudadas reforzadas, de doble arco y pared interior de alto contraste color naranja (CNA, NMX-E-241-CNCP-VIGENTE).

Pozos de visita	27.00	PZA	Elaborado con concreto F'C= 250 kg/cm ² y armado con acero. incluye: brocal y tapa de polietileno tráfico pesado con chapa tipo retráctil y sello cónico perimetral; escalón marino de polipropileno reforzado con varilla de acero corrugada, forjado de medias cañas, con profundidades de: 2.0 M (2) 2.25 M (4) 2.5 M (1), 2.75 M (3), 3.0 M (7), 3.25 M (1), 3.5 M (3), 3.75 M (1), 4.0 M (1), 4.25 M (1), 4.5 M (2), 4.75 M (1). Así como mangas de empotramiento de 24" de diámetro.
-----------------	-------	------------	---

Fuente: Elaboración propia con información de la Dirección de Planeación de Infraestructura de la CAPA.

Cuadro IV. 2 Principales Características por Componente, descargas domiciliarias.

Componente	Cantidad	Unidad de Medida	Descripción
descargas domiciliarias	120.00	PZA	Sencilla de 6" de diámetro, consistente en codo de 45° x 6" de PAD corrugado espiga campana, tubería PEAD corrugada interior naranja de 6", bota de inserción de polipropileno de 45°x90° y un sello mecánico de hule. Incluye registro sanitario prefabricado de 0.60x0.60x0.60 Cm. interiores, tapa con marco y contra de ángulo de 1 1/2" x 1/8" con concreto FÉC.= 150 kg/cm ² y 5 cm. de espesor.

Fuente: Elaboración propia con información de la Dirección de Planeación de Infraestructura de la CAPA.

Cuadro IV. 3 Principales Características por Componente, Reposición de pavimentos.

Componente	Cantidad	Unidad de Medida	Descripción
Reposición carpeta asfáltica	16,576.69	M2	Reposición de carpeta asfáltica de hasta 5 cm de espesor elaborada con mezcla de emulsión asfáltica y agregado pétreo.

Fuente: Elaboración propia con información de la Dirección de Planeación de Infraestructura de la CAPA.

Para la instalación de las tuberías, el método constructivo a emplear será del tipo "tradicional", es decir, la apertura de zanjas con anchos y profundidades variables (dependiendo del diámetro); los rellenos serán de tipo "convencionales" con producto de banco, que a su vez implica que se consideren recursos para la repavimentación de 16,576.69 M² en la vialidad.

Con lo anterior, se podrá garantizar que las aguas residuales recolectadas en el sistema reciban un correcto saneamiento para con ello reducir los riesgos de contaminación del manto freático de la zona y de las costas frente a la ciudad.

Descripción del PPI

El periodo de ejecución será de 9 meses (con ejecución en el año 0), iniciando la operación de la nueva infraestructura a partir del año 1 y tendrá una vida útil de 30 años.

Tendrá un costo de Inversión inicial sin IVA de \$49,831,208.79 (son: cuarenta y nueve millones, ochocientos treinta y un mil, doscientos ocho pesos 79/100 M.N.). Asimismo, para garantizar que el flujo de los caudales no sea interrumpido, durante el periodo de vida útil, se tendrán costos de mantenimiento por un monto a valor presente de \$2,870,371.89 (son: dos millones, ochocientos setenta mil, trescientos setenta y un pesos 89/100 M.N.); que incluye conceptos tales como costos de personal, del material necesario para las reparaciones, desazolves y monitoreo de los pozos de visita y del colector.

La zona de proyecto para la sustitución del colector Rafael E. Melgar (tramo entre el cárcamo 2 y 1), se ubicará en la zona norte de la ciudad en el tramo comprendido entre los cárcamos 2 y 1, con inicio en las coordenadas (20.5367, -86.9371) y fin en las coordenadas (20.5517, -86.9209).

Dicho recibe su nombre de la vialidad en la que se ubica, la cual conecta a las zonas norte y sur de la ciudad y en su recorrido conecta a los cárcamos 3, 2 y 1 del sistema por lo que su área de influencia comprende a las zonas centro y poniente de la ciudad en las que se ubica el 60% de los usuarios del sistema (aproximadamente 59,127 habitantes).

Cuadro IV. 4 Principales componentes del Proyecto.

descripción	unidad de medida	cantidad
Preliminares	ML	2,550.26
Tubería corrugada PEAD alcantarillado de 24" de diámetro (de Polietileno de Alta densidad tipo S O B, corrugada con empaque, campana bicapa reforzada, junta hermética y unión espiga-campana)	ML	2,550.26
Pozo de visita con profundidad de entre 2.0 y 4.75M (Incluye mangas de empotramiento de 24" de diámetro)	PZA	27.00
Descarga domiciliaria (de tipo simple de 6" de PVC para alcantarillado, incluye registro prefabricado de 0.6x0.6x0.6M)	PZA	120.00
Reposición de carpeta asfáltica de hasta 5 cm de espesor, elaborada con mezcla de emulsión asfáltica y agregado pétreo	M2	16,576.69

Fuente: Elaboración propia con información de la Dirección de planeación de infraestructura de la CAPA.



IV.2 Alineación estratégica

IV.2.1 Plan Nacionales de Desarrollo

PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2019-2024

EJE II. Política social

Desarrollo Sostenible

EJE III. Economía

IV.2.2 Plan Estatal de Desarrollo

PLAN ESTATAL DE DESARROLLO QUINTANA ROO 2016-2022.

EJE 5.- CRECIMIENTO ORDENADO CON SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL.

Objetivo general: Orientar, bajo una política de sustentabilidad, el ordenamiento y control territoriales de la entidad, impulsando un sistema de ciudades y comunidades rurales que potencialicen su valor natural, cultural e histórico, además de garantizar el respeto al medio ambiente y la preservación de los recursos naturales en un esquema de equilibrio territorial.

Estrategia general: Impulsar un modelo de crecimiento urbano sustentable que considere la vocación turística, las políticas federales y los criterios internacionales de desarrollo humano, así como la dotación de infraestructura y de los equipamientos necesarios, los servicios públicos de calidad y el adecuado manejo de los recursos naturales.

PROGRAMA 32.- SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE CALIDAD

Objetivo: Garantizar, el acceso a servicios de agua potable y alcantarillado de calidad, de manera segura, adecuada y accesible para los habitantes de las ciudades y localidades para mejorar su calidad de vida.

Estrategia: Incrementar y fomentar en coordinación con los municipios, la inversión pública y privada en materia de servicios de agua potable y alcantarillado, optimizando y transparentando la inversión.

LÍNEA DE ACCIÓN 11.- Realizar obras y acciones de alcantarillado en localidades urbanas.

IV.2.3 Plan Municipal de Desarrollo



IV.3 Localización geográfica

IV.3.1 Ubicación geográfica del PPI

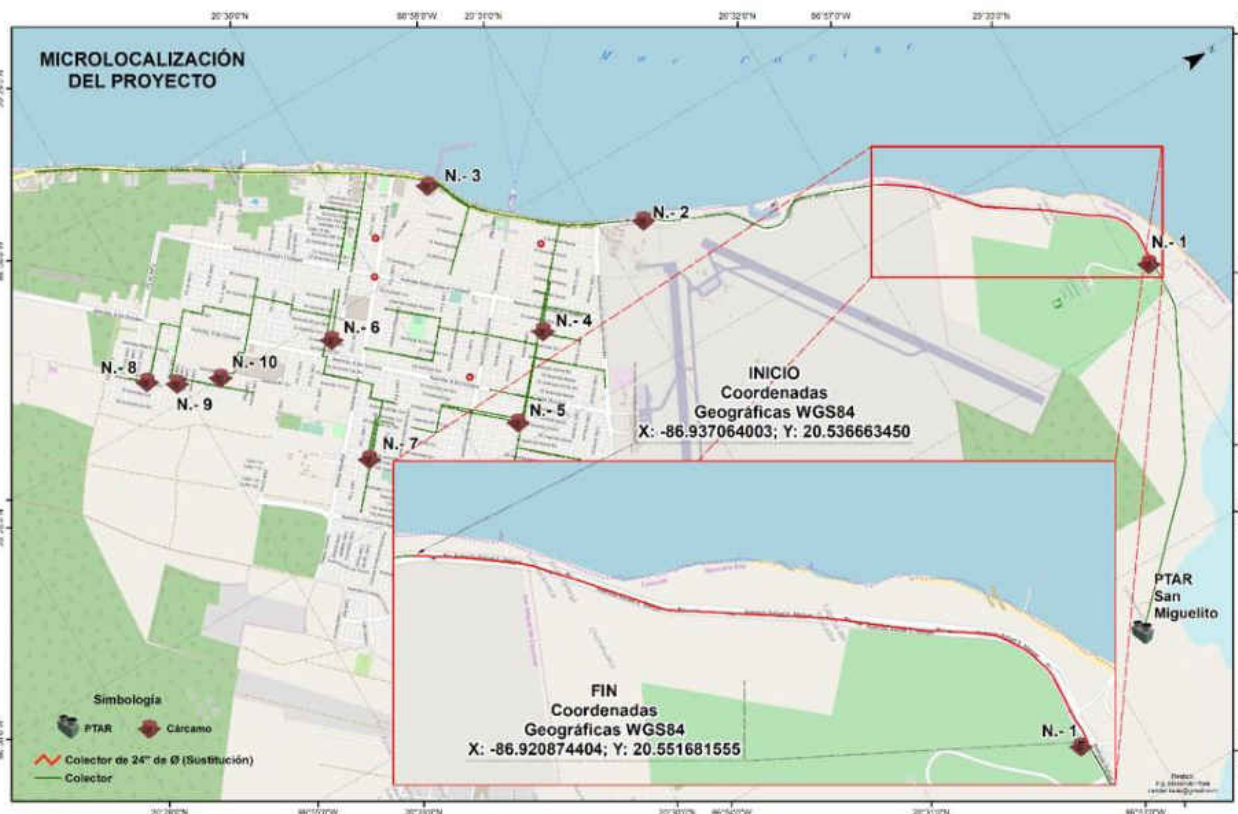


Figura IV. 1 Ubicación del tramo a sustituir del colector Rafael E. Melgar en Cozumel.

Cuadro IV. 5 Coordenadas de ubicación del tramo a sustituir del colector Rafael E. Melgar en Cozumel.

NOMBRE	DIRECCIÓN	COORDENADAS	
		LATITUD	LONGITUD
INICIO	AV. RAFAEL E. MELGAR, COZUMEL, QUINTANA ROO	20.5367	-86.9371
FIN	AV. RAFAEL E. MELGAR, COZUMEL, QUINTANA ROO	20.5517	-86.9209



IV.4 Calendario de actividades

Cuadro IV. 6 Calendario de actividades del proyecto.

ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	IMPORTE (Incluye IVA)	MES													
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Preliminares	ML	2,550.26	580,738.51	X	X												
Tubería corrugada PEAD alcantarillado de 24" de diámetro (de Polietileno de Alta densidad tipo S O B, corrugada con empaque, campana bicapa reforzada, junta hermética y unión espiga-campana)	ML	2,550.26	32,819,411.94	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
Pozo de visita con profundidad de entre 2.0 y 4.75M (Incluye mangas de empotramiento de 24" de diámetro)	PZA	27.00	3,840,675.50		X	X	X	X	X	X	X	X	X				
Descarga domiciliaria (de tipo simple de 6" de PVC para alcantarillado, incluye registro prefabricado de 0.6x0.6x0.6M)	PZA	120.00	5,503,254.46		X	X	X	X	X	X	X	X	X				
Reposición de carpeta asfáltica de hasta 5 cm de espesor, elaborada con mezcla de emulsión asfáltica y agregado pétreo	M2	16,576.69	15,060,121.79		X	X	X	X	X	X	X	X	X				
TOTAL			\$ 57,804,202.20														

Fuente: Elaboración propia con información de la Dirección de planeación de infraestructura de la CAPA.



IV.5 Monto total de inversión

Cuadro IV. 7 Calendario de ejecución físico financiero consolidado (Incluye IVA).

Avance	1	2	3	4	5	6
Físico (%)	5.26%	9.72%	11.34%	12.15%	12.95%	12.95%
Financiero (\$)	2,303,127.18	5,503,175.91	7,324,434.68	7,373,638.78	7,422,842.89	7,422,842.89
Avance	7	8	9	10	11	12
Físico (%)	12.95%	12.95%	9.73%			
Financiero (\$)	7,422,842.89	7,422,842.89	5,608,454.09			
Total físico					100.00%	
Total financiero					\$ 57,804,202.20	

Fuente: Elaboración propia con información de la Dirección de planeación de infraestructura de la CAPA.

Cuadro IV. 8 Inversión total proyecto por principales componentes (no incluye IVA).

COMPONENTES/RUBROS		UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	INVERSIÓN (sin IVA)
1	Preliminares	ML	2,550.26	500,636.65
2	Tubería corrugada PEAD alcantarillado de 24" de diámetro (de Polietileno de Alta densidad tipo S O B, corrugada con empaque, campana bicapa reforzada, junta hermética y unión espiga-campana)	ML	2,550.26	28,292,596.50
3	Pozo de visita con profundidad de entre 2.0 y 4.75M (Incluye mangas de empotramiento de 24" de diámetro)	PZA	27.00	3,310,927.15
4	Descarga domiciliaria (de tipo simple de 6" de PVC para alcantarillado, incluye registro prefabricado de 0.6x0.6x0.6M)	PZA	120.00	4,744,184.88
9	Reposición de carpeta asfáltica de hasta 5 cm de espesor, elaborada con mezcla de emulsión asfáltica y agregado pétreo	M2	16,576.69	12,982,863.61
Subtotal de Componentes/Rubros				\$ 49,831,208.79
Impuesto al Valor Agregado (16.0%)				7,972,993.41
Subtotal de Impuestos				7,972,993.41
Total				\$ 57,804,202.20



IV.6 Fuentes de financiamiento

Cuadro IV. 9 Distribución de la inversión por fuente de financiamiento (incluye IVA).

FUENTE DE RECURSOS	PROCEDENCIA	MONTO	PORCENTAJE	
1	Federales	0	0	
2	Estatales	Programa Estatal de Inversión (PEI)	57,804,202.20	100%
3	Municipales	0	0	
4	Fideicomisos	0	0	
5	Otros	0	0	
Total		\$57,804,202.20	100%	

IV.7 Capacidad instalada

Considerando que las acciones del proyecto consisten en la sustitución de un tramo de un sistema colector existente (Rafael E. Melgar) con tubería del mismo diámetro al existente, se considera que, concluido el proyecto, no se modificará la capacidad del sistema de recolección y saneamiento de aguas residuales en la ciudad de Cozumel.

IV.7.1 Metas de infraestructura

Concluido el proyecto, se habrán sustituido 2,550.26 MI del colector Rafael E. Melgar con tubería para alcantarillado de PEAD (tipo S O B), en el que se incluye la instalación de 27 pozos de visita con profundidades de entre 2.0 M y 4.75 M y 120 descargas sanitarias, en el tramo comprendido entre los cárcamos 2 y 1 en la zona norte de la ciudad.

CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD
Sustitución de colector de aguas residuales de PEAD de 24" de diámetro (corrugada tipo S O B)	ML	2,550.26
Pozo de visita con profundidades de entre 2.0 y 4.75M	PZA	27.00
Descarga domiciliaria	PZA	120.00
Reposición de carpeta asfáltica de hasta 5 cm de espesor	M2	16,576.69



IV.7.2 Metas de operación

Con la ejecución del proyecto, se podrá garantizar la correcta conducción del agua residual generada y recolectada en las zona norte, centro y poniente de la ciudad de Cozumel, para su posterior tratamiento y disposición final en la PTAR “San Miguelito” para así evitar la contaminación del acuífero por posibles infiltraciones de agua residual y que por escurrimientos pudieran llegar a las costas del mar Caribe frente a la ciudad y con esto mejorar el servicio para los 11,398 usuarios (aproximadamente 59,127 habitantes) ubicados en la zona de influencia y que dependen de dicho colector.

IV.8 Vida útil

Vida útil del PPI

Vida útil en años

30 años

IV.9 Aspectos más relevantes de la viabilidad del PPI

Estudios técnicos

Principales resultados	El proyecto ejecutivo de “Sustitución del colector de aguas residuales Rafael E. Melgar con tubería de PVC Sanitario de 24 entre el cárcamo 2 y 1 de la ciudad de Cozumel, Quintana Roo” fue realizado en cumplimiento con la normatividad vigente de la Comisión Nacional del Agua (instancia Normativa Federal, CONAGUA), por lo que se considera técnicamente factible (se cuenta con la validación técnica).
Porcentaje de avance	100%
Fecha de conclusión	enero 2020

Estudios legales

Principales resultados	Respecto a la vía pública está pertenece en un principio a la Nación, la cual tiene la propiedad de tierras, agua y espacios comprendidos dentro de los límites del territorio nacional, según lo establece el Art. 27 de la Constitución Política De Los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM). De igual manera, el Art. 115 de la CPEUM establece la división territorial y de organización política y administrativa, y le otorga a la Federación, los Estados y Municipios la facultad de hacerse cargo de las funciones y servicios públicos, emanando así las diferentes legislaciones al respecto como las leyes de Desarrollo Urbano y sus Reglamentos respectivos, donde detallan cada uno de los Servicios Públicos Municipales, especificando que las vías públicas pueden ser de ámbito municipal, estatal o federal según corresponda.
-------------------------------	--

Estudios legales	
	<p>En este sentido, los municipios son los encargados de las vialidades secundarias (integradas por pasos vehiculares, avenidas, calzadas, calles y cerradas que permiten la comunicación al interior del municipio); los Estados de las vialidades primarias (integradas por carreteras, pasos vehiculares, avenidas, calzadas y calles que comunican a dos o más municipios de la entidad o estados de la federación); y la Federación de aquellas en las que no participan ninguno de los anteriores, a menos que tengan convenio, o lo marque la ley.</p> <p>Se cuenta con la autorización de licencia de construcción para los trabajos del proyecto, por lo cual se considera legalmente factible.</p>
Porcentaje de avance	100%
Fecha de conclusión	enero 2020

Estudios ambientales	
Principales resultados	<p>Para la realización de las acciones del proyecto analizado, es de vital importancia cumplir con las disposiciones establecidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), así, como lo establecido en su Reglamento. Teniendo como finalidad la protección y preservación del medio ambiente y que las actividades a realizar no causen algún tipo de desequilibrio Ecológico en la zona. Para ello es necesario someter el proyecto ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT (como instancia federal) de la manifestación de impacto ambiental (MIA) o el Aviso de no Requerimiento de Autorización en materia de impacto ambiental.</p> <p>De acuerdo a lo antes expuesto es necesario recalcar que las acciones que se pretenden ejecutar, en el caso del sistema de recolección, se refieren a la instalación de infraestructura en vialidades de zonas totalmente urbanizadas e impactadas por las actividades antropogénicas de los habitantes, para el desarrollo propio de la población.</p> <p>Por lo que se considera que las acciones propuestas no provocarán algún tipo de impacto ambiental significativo o relevante.</p> <p>Actualmente se cuenta con el resolutivo de exención de la SEMA, por lo que se considera ambientalmente factible.</p>
Porcentaje de avance	100%
Fecha de conclusión	enero 2020

Estudios de mercado	
Principales resultados	No aplica
Porcentaje de avance	
Fecha de conclusión	



Otros estudios específicos	
Principales resultados	No aplica
Porcentaje de avance	
Fecha de conclusión	

IV.10 Análisis de la Oferta con Proyecto

Ya que las acciones del proyecto consisten en la sustitución de infraestructura ya existente que se encuentra operando, con tubería de un diámetro similar al ya existente, se considera que la capacidad de conducción, bombeo y saneamiento del sistema no se modifica.

SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO Y SANEAMIENTO

Para la recolección de las aguas residuales generadas en la ciudad de Cozumel se contará con un sistema que opere a gravedad para dar servicio a 19,113 usuarios quienes a través de las descargas domiciliarias descarguen sus aguas residuales a una red de colectores que, por gravedad dirija las aguas hacia cárcamos con zonas de recolección bien definidas.

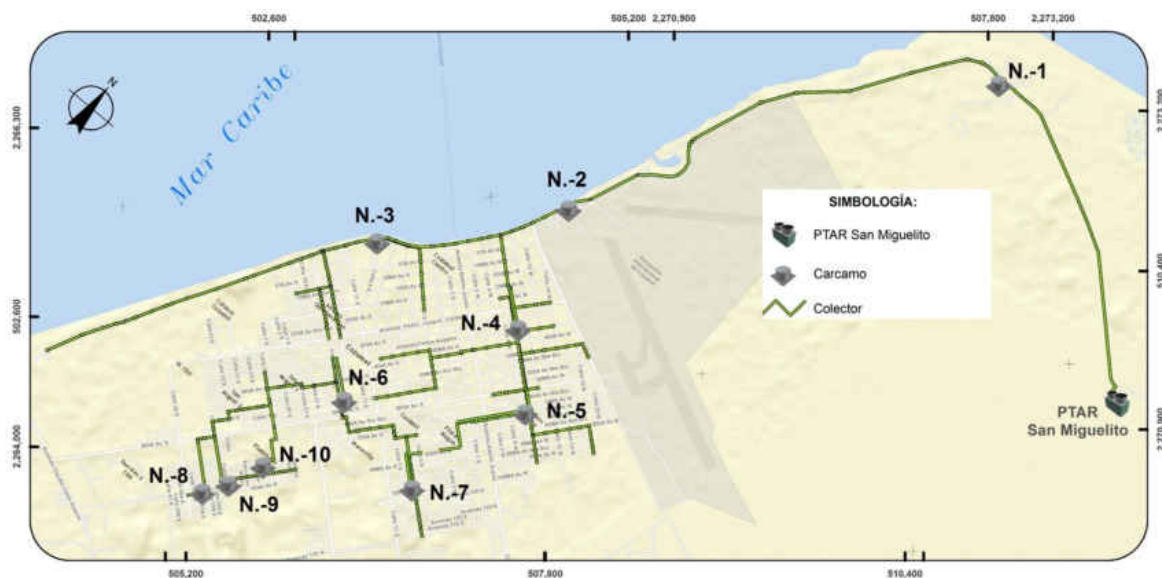


Figura IV. 2 Sistema de drenaje sanitario para la recolección y saneamiento de las aguas residuales en la ciudad de Cozumel, situación con proyecto.

El sistema en la ciudad tiene una cobertura del 70.89% (incluye 19,113 descargas) y opera con 12 cárcamos elevadores de presión los cuales se encuentran interconectados y realizan bombeos hasta hacer llegar el agua residual hasta su destino final, la Planta de tratamiento de Aguas Residuales

IV.10 Análisis de la Oferta con Proyecto

(PTAR) “San Miguelito” con una capacidad instalada de 220 l/, que utiliza el proceso de tratamiento de Lodos Activados²⁵ para posteriormente ser utilizadas para la recarga del acuífero.

La interconexión entre los cárcamos opera de tal forma que el sistema se encuentra dividido en 2 zonas de recolección, identificadas por la “Ruta” de los colectores principales y definidas por el área de influencia de dichos cárcamos: el colector “Rafael E. Melgar²⁶” y el colector “Aeropuerto”.

- El primero, “Rafael E. Melgar” que se estima recolecta el 60% de las aportaciones generadas en la ciudad: conecta a los cárcamos 3, 2 y 1 cuya área de influencia comprende las zonas centro y poniente (en donde se ubican los cárcamos 10, 9, 7, 5, 4), siendo el cárcamo 1, ubicado en la zona norte, el último en recibirlos cuadales y que por medio de un emisor las envía a la PTAR “San Miguelito” para su tratamiento y disposición final.
- El segundo, “Aeropuerto” que recoge el 40% de las aportaciones generadas en la ciudad: atiende a las zona Oriente en donde se ubican los cárcamos 8, 6 y 11 (INFOVIR), los cuales envían sus aguas hacia el cárcamo 12 (Aeropuerto), que a través de un emisor las envía hacia la PTAR “San Miguelito” para su tratamiento y disposición final.

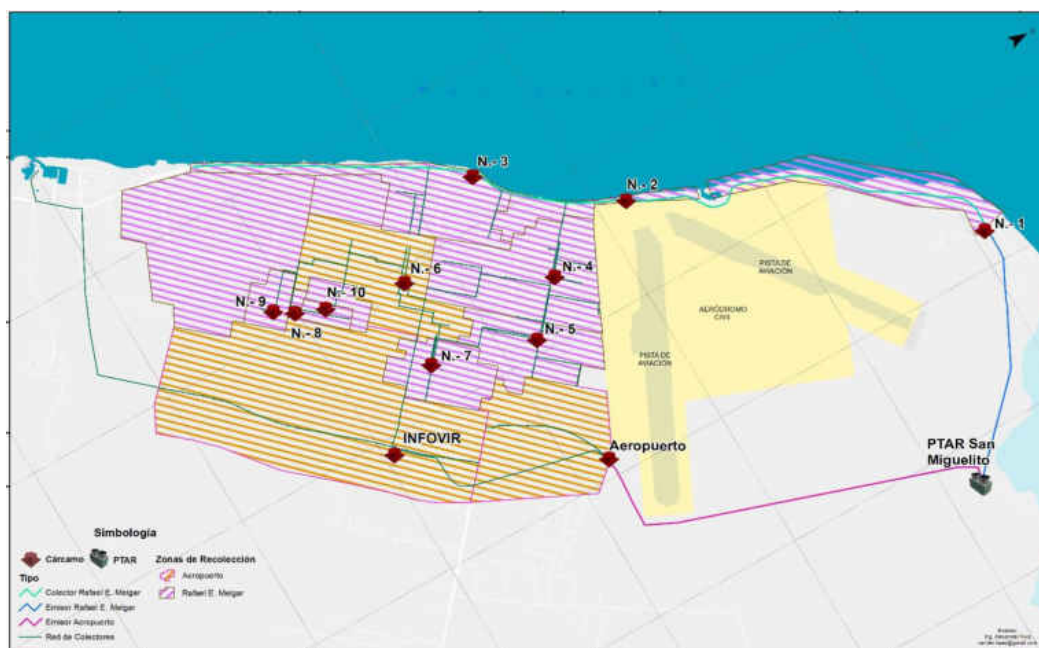


Figura IV. 3 Zonas de recolección del sistema de drenaje y saneamiento en la ciudad de Cozumel, situación con proyecto.

²⁵ este proceso es uno de los más confiables y eficientes para las aguas residuales de origen Municipal.

²⁶ Ubicado en el recorrido de la Av. Rafael E. Melgar, principal vía de acceso a la zona hotelera sur y norte de la ciudad.

IV.11 Análisis de la Demanda con Proyecto

La demanda sería la misma que se presentó en el apartado **Análisis de la Demanda sin el PPI**, donde se presentó la proyección de los usuarios en la zona de influencia del proyecto, mismos que se verán beneficiados con la ejecución del mismo.

IV.12 Interacción Oferta-Demanda con Proyecto

Al tratarse de acciones de sustitución de infraestructura ya existente que se encuentra operando, con la ejecución del proyecto se podrá garantizar la correcta recolección y conducción del agua residual generada en la zona centro y poniente de la ciudad para su posterior tratamiento y disposición final para así evitar posibles afectaciones a la salud pública por los rebosamientos en la red, reducir el riesgo de contaminación del acuífero por posibles infiltraciones de agua residual y que por escurrimientos pudieran llegar a las costas del mar Caribe frente a la ciudad y con esto mejorar el servicio para los 11,398 usuarios (aproximadamente 59,127 habitantes) que en el área de influencia del colector Rafael E. Melgar (zonas norte, centro y poniente de la ciudad).

EFFECTOS DERIVADOS DE SU IMPLEMENTACIÓN

Con su implementación se lograrán:

- i) Ahorro en costos de operación por parte del organismo operador por las acciones de reparación, desazolve y limpieza.
- ii) Beneficios sociales por la disminución de los malos olores y mejoramiento de la imagen urbana en las zonas donde se dan los rebosamientos en los pozos de visita.
- iii) Reducción del riesgo de que las aguas residuales generadas en la zona contaminen el manto freático, que al tratarse de una isla resulta más vulnerable y de las costas frente a la ciudad, principal atractivo turístico de la zona.
- iv) Reducción del riesgo de afectación a la salud pública por la aparición de fauna nociva, enfermedades en la piel y gastrointestinales.
- v) Incremento en la vida útil de la infraestructura y postergación de la inversión, para una ampliación de la capacidad de tratamiento y/o para garantizar que las aportaciones recolectadas lleguen a su punto de tratamiento y disposición final.



V Evaluación del PPI

V.1 Identificación, cuantificación y valoración de costos del PPI

Cuadro V. 1 Costos directos (no incluye IVA).

COSTOS DIRECTOS			
Identificación	Cuantificación	Valoración a Valor Presente	Periodicidad
Inversión inicial	Inversión	49,831,208.79	Año 0
Costos de Operación y Mantenimiento ^{B/}	Mantenimiento preventivo y correctivo	2,870,371.89	0 al 30

Fuente: Elaboración propia.

Nota: B/ se cuenta con infraestructura que está en operación

Cuadro V. 2 Flujo anual de costos del proyecto (no incluye IVA).

PERIODO	AÑO	COSTOS			VALOR ACTUAL DE LOS COSTOS
		Inversión	Mantenimiento	Total	
2020	0	49,831,209	984,989	50,816,198	50,816,198.00
2021	1	0	200,000	200,000	181,818.18
2022	2	0	200,000	200,000	165,289.26
2023	3	0	200,000	200,000	150,262.96
2024	4	0	200,000	200,000	136,602.69
2025	5	0	200,000	200,000	124,184.26
2026	6	0	200,000	200,000	112,894.79
2027	7	0	200,000	200,000	102,631.62
2028	8	0	200,000	200,000	93,301.48
2029	9	0	200,000	200,000	84,819.52
2030	10	0	200,000	200,000	77,108.66
2031	11	0	200,000	200,000	70,098.78
2032	12	0	200,000	200,000	63,726.16
2033	13	0	200,000	200,000	57,932.88
2034	14	0	200,000	200,000	52,666.25
2035	15	0	200,000	200,000	47,878.41
2036	16	0	200,000	200,000	43,525.83
2037	17	0	200,000	200,000	39,568.93
2038	18	0	200,000	200,000	35,971.76
2039	19	0	200,000	200,000	32,701.60
2040	20	0	200,000	200,000	29,728.73

PERIODO	AÑO	COSTOS			VALOR ACTUAL DE LOS COSTOS
		Inversión	Mantenimiento	Total	
2041	21	0	200,000	200,000	27,026.11
2042	22	0	200,000	200,000	24,569.19
2043	23	0	200,000	200,000	22,335.63
2044	24	0	200,000	200,000	20,305.12
2045	25	0	200,000	200,000	18,459.20
2046	26	0	200,000	200,000	16,781.09
2047	27	0	200,000	200,000	15,255.54
2048	28	0	200,000	200,000	13,868.67
2049	29	0	200,000	200,000	12,607.88
2050	30	0	200,000	200,000	11,461.71
TOTAL		49,831,209	6,984,989	56,816,198	52,701,580.89
VALOR ACTUAL		49,831,209.00	2,870,371.89	52,701,580.89	

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro V. 3 Costos indirectos (no incluye IVA).

Costos indirectos			
Identificación	Cuantificación	Valoración	Periodicidad
No aplica.			

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro V. 4 Externalidades negativas (no incluye IVA).

Externalidades negativas			
Identificación	Cuantificación	Valoración	Periodicidad
No aplica.			

Fuente: Elaboración propia.

Metodología
<p>Para el proyecto se identifican costos de inversión y mantenimiento, los cuales se cuantifican y valoran respecto a las cotizaciones presentadas en el estudio de ingeniería del proyecto.</p> <p>Los datos que se utilizaron fueron proporcionados por el Organismo operador, de su sistema comercial (facturación, cobro, usuarios) y operativo.</p> <ul style="list-style-type: none"> • En el caso del mantenimiento del sistema de recolección: incidencia de rebosamientos, de malos olores, azolvamientos, monitoreo, limpieza, costos por acción, entre otros). • En el caso del saneamiento de las aguas residuales recolectadas en los sistemas de drenaje: costos por consumo eléctrico por módulo, volúmenes de influente desde los principales cárcamos y sus zonas de influencia, costos y consumo de los activos para la desinfección del



Metodología

agua tratada, de los insumos para el tratamiento y estabilización de lodos, pruebas de laboratorio, entre otros.

- La ciudad actualmente se abastece de 2 fuentes.
- Se estima una dotación por habitante por día tanto en la ciudad de 203 Litros.
 - En la ciudad los usos del agua son para el aseo de casa, lavado de ropa y aseo personal (se estima que posterior a su consumo el 80% del agua se vierte como agua residual.
- La zona de influencia del colector Rafael E. Melgar comprende las zonas norte, centro y poniente de la ciudad, por lo que se considera que en él se recolecta el 60% de las aguas residuales generadas en la ciudad.

Supuestos y fuentes

- Se trata de un proyecto de sustitución de infraestructura de recolección de aguas residuales, por lo que se considera que la capacidad de conducción, bombeo y saneamiento del sistema no se modifica.
- Se considera una tasa media de crecimiento anual del 5.59%, con la incorporación de nuevos usuarios en el horizonte de evaluación.
- Los usuarios no cambian sus hábitos de consumo por lo que éste se mantiene constante en el tiempo.
- Se considera que, una vez ejecutado el proyecto, el organismo operador podrá reducir costos de mantenimiento de la infraestructura existente.
 - Estos costos se definieron a partir del análisis de los presupuestos que proporciona la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Gobierno del Estado de Quintana Roo (CAPA).
- Al tratarse de una obra de sustitución, se supone que el sistema continuará operando durante la ejecución, por lo que se consideran costos de mantenimiento desde el año 0.
- Se consideró un horizonte de evaluación de 31 años (1 año de inversión y 30 años de vida útil).
- El análisis se realizó en pesos constantes, por lo que no se considera el posible impacto de la inflación en los precios.
- Se asume que los precios de los insumos y servicios que impactarán en la construcción y operación del proyecto no variarán significativamente durante el horizonte de evaluación.



V.2 Identificación, cuantificación y valoración de beneficios del PPI

En este apartado se presenta la identificación de los beneficios, que se tendrían una vez concluidas las acciones.

Supuestos y Fuentes

Durante el horizonte de evaluación, en la ciudad de Cozumel se tendrá un incremento de la demanda de los servicios básicos tales como los de agua potable (con la incorporación de usuarios al sistema), recolección y saneamiento de las aguas residuales que se generen.

Los beneficios identificados determinaron en base a la ocupación poblacional en la zona de proyecto:

En lo que respecta al servicio de recolección de las aguas residuales generadas en la ciudad de Cozumel, con el proyecto se podrá garantizar la correcta recolección y conducción del agua residual generada en las zonas norte, centro y poniente de la ciudad para su posterior tratamiento y disposición final.

Asimismo, se identifican Beneficios por la liberación de recursos para el mantenimiento del colector por parte del organismo operador por las acciones de reparación, desazolve y limpieza.

Con el proyecto también de tendrán Beneficios sociales por la disminución de los malos olores y mejoramiento de la imagen urbana, lo que a su vez también contribuirá a la liberación de recursos por menores costos de tratamiento de enfermedades de la piel y gastrointestinales.

La correcta recolección de las aguas residuales en la ciudad contribuirá a la reducción del riesgo de contaminación del acuífero por posibles infiltraciones de agua residual y que por escurrimientos pudieran llegar a las costas del mar Caribe frente a la ciudad (principal atractivo turístico de la zona).



V.3 Cálculo de los indicadores de rentabilidad

En el caso de que los beneficios se considera que ambas alternativas de solución que generen exactamente los mismos beneficios, con lo que se procederá a calcular el CAE a partir del valor anualizado de los costos relevantes menos el valor presente del valor de rescate del proyecto de inversión, considerando el horizonte de evaluación de cada una de las alternativas. Para términos de la evaluación no se considerará el Impuesto al Valor Agregado, los demás impuestos o retenciones que apliquen. considerando una tasa social del 10%, para lo cual se armó el flujo de efectivo del proyecto.

A continuación, se muestra la comparativa del Costo Anual Equivalente del mismo con el de la Alternativa:

Cuadro V. 5 Indicadores de rentabilidad del Proyecto (no incluye IVA).

Costo Anual Equivalente (CAE)	
CAE1 (del PPI)	5,590,544.08
CAE2 (de la alternativa)	8,477,919.33

Fuente: Elaboración propia.



V.4 Análisis de sensibilidad

Cuadro V. 6 Resumen del análisis de sensibilidad de las principales variables del Proyecto.

Variable	Variación respecto a su valor original	Impacto sobre el Indicador de Rentabilidad
Inversión	+ 54.62%	Con un <u>incremento</u> de la inversión en un porcentaje superior al 54.62% el CAE del proyecto sería igual al de la Alternativa.
Costos	+ 948.28%	Con un <u>incremento</u> de los costos en un porcentaje superior a 948.28% el CAE del proyecto sería igual al de la Alternativa.

Análisis de sensibilidad 2. Variable Inversión

En el siguiente cuadro se presentan los resultados del análisis de sensibilidad realizado para la variable **inversión** disminuyendo y aumentando dicho monto en los porcentajes que se presentan en la primera columna.

Los flujos para el total del horizonte de evaluación para los análisis de sensibilidad realizados pueden encontrarse en los anexos. Se realizó un análisis consistente en disminuir e incrementar dicho monto en los porcentajes que se presentan en la primera columna del siguiente cuadro.

Las cifras presentadas en la **quinta fila** corresponden al escenario en que el incremento de la inversión es tal que el Costo Anual Equivalente (CAE) del proyecto de inversión es igual al de la Alternativa (8.48 MDP). Con una tasa de **54.62%**.

Cuadro V. 7 Análisis de sensibilidad de la variable INVERSIÓN (en MDP).

Inversión			
Tasa de variación	VA Inversión	VA Costos	CAE
0.00%	49.83	2.87	5.59
13.00%	56.31	2.87	6.28
27.00%	63.29	2.87	7.02
41.00%	70.26	2.87	7.76
54.62%	77.05	2.87	8.48
69.00%	84.21	2.87	9.24
83.00%	91.19	2.87	9.98
97.00%	98.17	2.87	10.72

Fuente: Elaboración propia



Análisis de sensibilidad 2. Variable Inversión

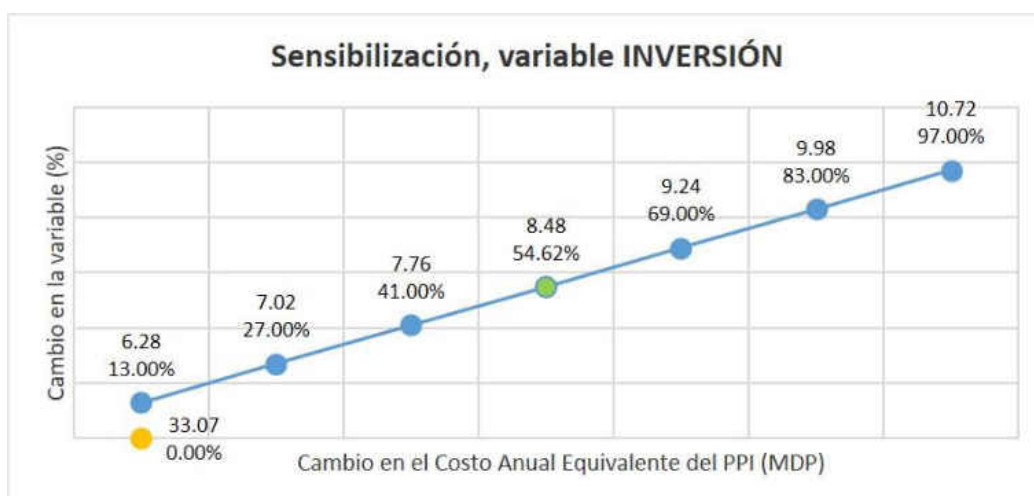


Figura V. 1 Análisis de sensibilidad de la variable Inversión del Proyecto.

Análisis de sensibilidad 3. Variable Costos

En el siguiente cuadro se presentan los resultados del análisis de sensibilidad realizado para la variable **Costos** disminuyendo y aumentando dicho monto en los porcentajes que se presentan en la primera columna.

Los flujos para el total del horizonte de evaluación para los análisis de sensibilidad realizados pueden encontrarse en los anexos. Se realizó un análisis consistente en disminuir e incrementar dicho monto en los porcentajes que se presentan en la primera columna del siguiente cuadro.

Las cifras presentadas en la **quinta fila** corresponden al escenario en que el incremento de los costos es tal que el Costo Anual Equivalente (CAE) del proyecto de inversión es igual al de la Alternativa (8.48 MDP). Con una tasa de **948.28%**.

Cuadro V. 8 Análisis de sensibilidad de la variable COSTOS (en MDP).

Costos			
Tasa de variación	VA Inversión	VA Costos	CAE
0.00%	49.83	2.87	5.59
237.00%	49.83	9.67	6.31
474.00%	49.83	16.48	7.03
711.00%	49.83	23.28	7.76
948.28%	49.83	30.09	8.48
1185.00%	49.83	36.88	9.20
1422.00%	49.83	43.69	9.92
1659.00%	49.83	50.49	10.64

Fuente: Elaboración propia

Análisis de sensibilidad 3. Variable Costos



Figura V. 2 Análisis de sensibilidad de la variable Costos del Proyecto.



V.5 Análisis de riesgos

Las principales fuentes de riesgo pueden agruparse según la etapa en que se presentan, en inversión y operación:

- Durante la inversión, por variaciones en los costos o en el tiempo de ejecución a causa de cambios en los precios unitarios y las cantidades contratadas, obras no consideradas, imprevistos, expropiaciones y consideraciones ambientales.
- Durante la operación, por variaciones en los beneficios a causa de los consumos realmente presentados, cambios en el crecimiento de la población, cambios en la urbanización y la sobrevaloración de los costos; así como por variaciones en los costos de mantenimiento a causa de un cambio en precios de insumos y actividades no consideradas.

Cuadro V. 9 Análisis de riesgos asociados al proyecto, durante la ejecución.

Descripción	Factibilidad de ocurrencia	Análisis de posible impacto	Acciones para su mitigación
Que la convocatoria de licitación se declare desierta	Baja	El inicio de la obra se postergaría un mes y no se cumpliría el calendario de obra inicialmente propuesto.	Revisión de la convocatoria, modificación del calendario de obra para asegurar su finalización este año.
Atrasos en el pago de anticipos	Baja	Se tendría que reprogramar el calendario de la obra de acuerdo a la fecha real de pago del anticipo y no se cumpliría con los plazos de ejecución estimados y en caso extremo, gastos no recuperables incrementando la inversión.	Indicar de manera puntual los requerimientos técnicos y legales del trámite, haciendo hincapié en la importancia de presentarlos en tiempo y forma para su pronta gestión.
Atrasos en el pago de estimaciones	Media	Atraso en la continuidad de los trabajos, ocasionando el incumplimiento de los plazos establecidos y en caso extremo, gastos no recuperables incrementando la inversión.	Gestionar los pagos ante las instancias correspondientes de manera oportuna y atender de forma inmediata las observaciones que se pudieran presentar en los documentos que integran el cuerpo de la estimación.
Atrasos por causas imputables al contratista	Media	Retraso en los plazos de ejecución, con impactos económicos a la empresa contratista por la aplicación de penas o retenciones.	Llevar un correcto control de los avances de obra, indicando de manera puntual a la empresa contratista mediante oficio y notas de bitácora los conceptos en los que se presenten atrasos, así como las recomendaciones pertinentes para la mitigación de dichos atrasos.

Descripción	Factibilidad de ocurrencia	Análisis de posible impacto	Acciones para su mitigación
Cambio del precio internacional de los materiales	Baja	La inversión inicial se incrementaría.	De presentarse, se analizaría el cambio del diseño del proyecto, a fin de ajustarse al presupuesto.
Atraso de los trabajos por lluvias	Media	Se alargaría el periodo de obra, no terminando en la fecha establecida; se darían gastos no recuperables, incrementando la inversión.	Debido al clima de la región, las posibles afectaciones por lluvias ya están consideradas en los tiempos y costos.
Atraso de los trabajos emergencia meteorológica	Media	Se alargaría el periodo de obra, no terminando en la fecha establecida; se darían gastos no recuperables, incrementando la inversión.	Debido al clima de la región, las posibles afectaciones por lluvias ya están consideradas en los tiempos y costos, sin embargo, para el caso de huracanes y/o depresiones tropicales, se deberá prestar especial atención a la previsión y protección de la obra, con el fin de minimizar el impacto, así como de garantizar la seguridad de los ciudadanos que habitan en la zona de ejecución de los trabajos.
Atraso en el suministro de equipamientos que provienen del extranjero, derivado de suspensión de las actividades en las fábricas derivado de la emergencia sanitaria	Alta	Se alargaría el periodo de obra, por retrasos en las fechas programadas de entrega de los equipamientos; se darían gastos no recuperables, incrementando la inversión y con amplias posibilidades de suspensión de los trabajos por periodos prolongados o indefinidos.	Mantener contacto constante con las empresas que proveerán los equipamientos, a manera de evitar en la medida de lo posible los atrasos por falta de operación en fabrica, así como buscar que apenas sea asignado el contrato, se paguen los anticipos inmediatamente, para acelerar la compra de los equipamientos
Atrasos en el trámite de entrega Recepción	Media	Lo que implicaría gastos que impacten a la empresa contratista (pago de personal para vigilancia y mantenimiento tratándose de instalaciones), así como también un atraso con respecto a la fecha de terminación prevista en el contrato.	Gestionar de manera oportuna el proceso de entrega recepción indicando al contratista los requerimientos tanto técnicos como administrativos necesarios, a fin de que el proceso se realice con la mayor celeridad posible, cuidando en todo momento la buena calidad de los trabajos tanto en la parte técnica, administrativa y de operación.

Fuente: elaboración propia, con información de la Dirección de Planeación de Infraestructura de la CAPA.



Cuadro V. 10 Análisis de riesgos asociados al proyecto, durante la operación.

Descripción	Factibilidad de ocurrencia	Análisis de posible impacto	Acciones para su mitigación
Incremento en el precio de los materiales consumibles para las reparaciones.	Alta	Incremento en los montos estimados de mantenimiento de la infraestructura contemplada en el proyecto.	Mantener actualizadas las cotizaciones de materiales más prioritarios o de mayor consumo para el mantenimiento, prever en función de las demandas históricas de refacciones, un stock de kits de reparación que permita amortiguar cualquier incremento en los precios de manera inmediata.
Incremento en el precio de los combustibles.	Alta	Incremento en los montos estimados de mantenimiento de la infraestructura contemplada en el proyecto.	Realizar de manera coordinada las reparaciones por zonas buscando el atender con una misma brigada las diversas situaciones que se pudieran presentar en una misma zona.
Desabasto en las refacciones para los equipos de bombeo en los cárcamos	Media	Problemas en la operación de los cárcamos	mantener con un mantenimiento adecuado los equipos de bombeo, así como sus equipos de control, procurando mantener un equipo en reserva o de resguardo ante cualquier necesidad Apoyo mediante equipo de pipas-vactor para realizar el traslado de las aguas residuales a la PTAR que, si bien no es la solución más viable, al menos permitirá realizar las reparaciones para reactivar la operación
Desabasto en las piezas de reparación para las redes de drenaje y colectores	Media	Problemas de rebosamientos y hasta derrame de aguas residuales	mantener con un mantenimiento adecuado los equipos de bombeo, así como sus equipos de control, procurando mantener un equipo en reserva o de resguardo ante cualquier necesidad
Inundaciones	Media	Problemas de rebosamientos y hasta derrame de aguas residuales	realizar platicas con la ciudadanía con la finalidad de evitar la práctica de abrir las alcantarillas para solucionar problemas de acumulación de agua de lluvia

Fuente: elaboración propia, con información de la Dirección de Planeación de Infraestructura de la CAPA.



VI Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

Considerando los resultados obtenidos del análisis de alternativas, se recomienda la ejecución de las acciones propuestas, ya que presenta una rentabilidad social alta de los costos de inversión y de mantenimiento, calculados a precios sociales (CAE: 5,590,544.08), en comparación a otra alternativa que ofrece el mismo tipo de beneficios.

Con su ejecución, se podrán garantizar la correcta recolección y conducción del agua residual generada en las zonas centro y poniente de la ciudad de Cozumel para su posterior tratamiento y disposición final para así evitar la contaminación del acuífero por posibles infiltraciones de agua residual y que por escurrimientos pudieran llegar a las costas del mar Caribe frente a la ciudad y con esto mejorar el servicio para los 11,398 usuarios que dependen del sistema (aproximadamente 59,127 habitantes).

Recomendaciones



VII Anexos

Número del Anexo	Concepto del Anexo	Descripción
Anexo A	Análisis de la Oferta y la Demanda	Contiene el análisis de la oferta y demanda en la situación actual, sin proyecto y con proyecto.
Anexo B	Estudios Técnicos	Se adjunta la ficha de validación técnica del ente normativo federal (CONAGUA).
Anexo C	Estudios Legales	Se adjunta el oficio de licencia de construcción autorizada por el municipio de Othón P. Blanco
Anexo D	Estudios Ambientales	Se adjunta resolutivo del aviso de no requerimiento de autorización en materia de impacto ambiental emitido por la SEMARNAT.
Anexo E	Estudios de Mercado	No aplica.
Anexo F	Estudios Específicos	No aplica.
Anexo G	Memoria de cálculo con los costos, beneficios e indicadores de rentabilidad del PPI.	Memoria de Cálculo
Anexo H	Análisis de Sensibilidad	Memoria de Cálculo



VIII Bibliografía

Plan Estatal de Desarrollo del estado de Quintana Roo (2016-2022)

http://www.sefiplan.qroo.gob.mx/coplade/subidos/PED_2016_2022_PO2020_01_17.pdf

Plan Municipal del desarrollo del municipio de Cozumel del estado de Quintana Roo (2018-2021)

<http://documentos.cozumel.gob.mx/wp-content/uploads/2019/09/10114114/PMD-2018-2021-sin-acta.pdf>

Censo de Población y Vivienda 2010. Instituto Nacional de Información Estadística y Geográfica

http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta_resultados/iter2010.aspx

Datos Sociodemográficos Censo de Población y Vivienda 2010. Principales resultados por localidad, 2010; Instituto Nacional de Información Estadística y Geográfica

http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta_resultados/iter2010.aspx

Inventario Nacional de Viviendas; INEGI (Mapa Digital de México, INEGI)

<http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?v=bGF0OjE4LjU1Mzg0LGxvbjotODguMjU2ODUsejoxNCxsOmMxMTFzZXJ2aWNpb3M=>

Guía general para la presentación de estudios de evaluación socioeconómica de programas y proyectos de inversión: Análisis Costo-Beneficio, Actualización 2018

<http://www.cepep.gob.mx/>



IX Responsables de la información

Ramo:	23
Entidad:	Quintana Roo
Área Responsable:	Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del estado de Quintana Roo (CAPA)

Datos del Administrador del programa y/o proyecto de inversión:			
Nombre	Cargo	Firma	Teléfono y correo
Ing. Roque Miguel Marzuca Esquivel	Coordinador de Planeación de la Comisión de Agua Potable del estado de Quintana Roo (CAPA)		Tel: 01-983-28-5-30-69 Correo: roquemarzuca@capa.gob.mx

Versión
1.0

Fecha
Enero 2020

